



<b>1. NA-ISOLATIE VAN DAKEN.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Inleiding.....</b>	<b>2</b>
1.1.1 Bepaling van het gewenste isolatiepeil voor een dak .....	2
1.1.2 Bepaling van de optimale na-isolatietechniek voor een dak .....	3
1.1.3 Algemene aspecten van de energetische renovatie van een dak.....	4
A) Thermische isolatie.....	4
B) Luchtdichtheid.....	7
C) Dampdichtheid.....	9
D) Thermisch niet-stationair gedrag en zomercomfort .....	15
E) Akoestische isolatie .....	18
F) Brandveiligheid .....	23
G) Stabiliteit .....	31
H) Duurzaamheid van het daktimmerwerk .....	32
I) Veiligheid.....	33
<b>1.2 Analyse bestaande toestand.....</b>	<b>34</b>
<b>1.3 Overzicht na-isolatietechnieken voor daken .....</b>	<b>39</b>
1.3.1 Na-isolatie van hellende daken .....	39
1.3.1.1. Scenario 1: combinatie isolatie tussen en onder het timmerwerk .....	39
1.3.1.2. Scenario 2: Combinatie isolatie tussen en boven het timmerwerk.....	40
1.3.1.3. Scenario 3: Combinatie isolatie boven, tussen en onder het timmerwerk.....	42
1.3.1.4. Keuze tussen de verschillende scenario's? .....	43
1.3.1.4. Aandachtspunten bij het aanbrengen van isolatie onder het timmerwerk .....	44
1.3.1.5. Aandachtspunten bij het aanbrengen van isolatie tussen het timmerwerk .....	45
1.3.1.6. Aandachtspunten bij het aanbrengen van isolatie boven het timmerwerk .....	48
1.3.2 Na-isolatie van platte daken .....	60
1.3.2.1 Aanbevolen platte-dakopbouwen .....	60
1.3.2.2 Minder geschikte platte-dakopbouwen.....	61
a. Thermische isolatie onder de dakvloer .....	61
b. Thermische isolatie onder en boven de dakvloer.....	62
1.3.2.3 Keuze van de gepaste dakopbouw voor na-isolatie.....	64

# 1. NA-ISOLATIE VAN DAKEN

## 1.1 Inleiding

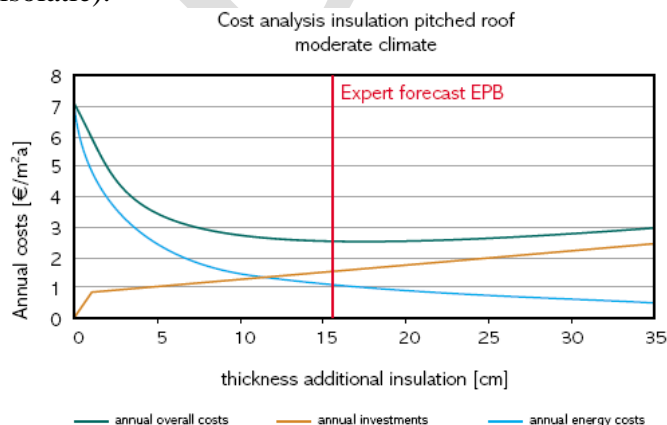
### 1.1.1 Bepaling van het gewenste isolatiepeil voor een dak

In functie van de gewenste isolatiegraad van het volledige gebouw (het globale K-peil) wordt het isolatiepeil van het dak bepaald, doorgaans uitgedrukt als U-waarde. Gezien het globale K-peil afhankelijk is van de U-waarde van de verschillende schildelen zijn er geen exacte limietwaarden voor de U-waarde van het dak om een bepaald K-peil te behalen. Als er wat minder isolatie geplaatst wordt in het dak kan dit gecompenseerd worden door wat meer te plaatsen in de muren bv. Gezien de mogelijkheden tot het isoleren van andere schildelen in de realiteit beperkt zijn - zeker bij renovatie - wordt toch aangeraden om de hieronder vermelde richtwaarden als basis te nemen. De gewenste U-waarde bepaalt de dikte van de isolatielaag. Deze hangt ook af van de lambda-waarde van het isolatiemateriaal en van de afmetingen van de elementen van het timmerwerk en de positie van de isolatie t.o.v. het timmerwerk (zie § 1.1.3.A).

- grenswaarde (K45/E100):	U <sub>dak</sub> = 0,30 W/m <sup>2</sup> K	(ca. 10 à 15 cm isolatie)
- richtwaarde (K30/E60):	U <sub>dak</sub> = 0,20 W/m <sup>2</sup> K	(ca. 15 à 20 cm isolatie)
- streefwaarde (K15/E30):	U <sub>dak</sub> = 0,10 W/m <sup>2</sup> K	(ca. 30 à 45 cm isolatie)

De bovenstaande grenswaarde geeft de limiet weer bepaald door de thermische reglementering in de drie Gewesten vanaf 01.01.2010.

Het is niet evident om een economisch optimum voor de U-waarde van dakisolatie te bepalen. De resultaten van studies hangen in sterke mate af van de veronderstellingen die men maakt, o.a. wat betreft de prijsevolutie van brandstoffen. Een recente studie [ref. 1] stelt dat het economisch optimum van dakisolatie ligt op  $U = \text{ca. } 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ca. 17 cm isolatie).



## **1.1.2 Bepaling van de optimale na-isolatietechniek voor een dak**

Bij de bepaling van de optimale na-isolatietechniek voor een bepaald project moeten volgende aandachtspunten in overweging genomen worden:

- **het type isolatie van de muren die op het dak aansluiten** (binnenisolatie, buitenisolatie of spouwisolatie): de dakisolatie en de muurisolatie worden best op elkaar afgestemd, om een koudebrug ter plaatse van de aansluiting tussen deze componenten op een zo eenvoudig mogelijke manier te vermijden; het is bv. niet evident om een sarkingdak aan te sluiten op muren met binnenisolatie
- de **vorm van het timmerwerk**: deze heeft een grote invloed op de moeilijkheidsgraad en de kostprijs van het luchtscherm; een gordingendak is meestal voordeliger dan een sporensparrendak, omdat het aantal doorboringen van het luchtscherm in principe veel kleiner is; bij een grondige renovatie kan men eventueel de vorm van het timmerwerk wijzigen om het luchtscherm makkelijker aan te kunnen brengen;
- **hoe ver wenst men te gaan bij het vermijden van koudebruggen?** Als men koudebruggen volledig wenst uit te sluiten, is een sarkingdak voordelig, omdat dit type gekenmerkt wordt door een continue isolatielaag; op een bestaand gordingendak kan overwogen worden om de kepers af te nemen en te vervangen door houten I-liggers (waartussen cellulose-isolatie aangebracht wordt) of dakpanelen; zo kan de koudebrugwerking van de kepers verminderd worden; de aansluiting van de dakisolatie op de isolatie van de muren mag echter niet uit het oog verloren worden;
- **welke uitvoeringskwaliteit kan verwacht worden?** Een zogenaamd “compact” plat dak is in principe mogelijk, maar vereist een perfecte luchtdichtheid langs onder, vraag is of dit in een welbepaald project gerealiseerd kan worden; dit hangt af van de ervaring en motivatie van de aannemer, en heeft een impact op de kostprijs van de werken)
- de **omvang van de dakrenovatie**: enkel na-isolatie of zowel isolatie aanbrengen als dakbedekking renoveren? In functie van de bestaande toestand van het gebouw en het gewenste isolatieniveau kan de na-isolatie van het dak meer of minder ingrijpend zijn. We kunnen voor hellende daken drie types onderscheiden:
  - small (enkel plaatsen van isolatie en luchtscherm langs onder, met ersatz-onderdak) grootte-orde kostprijs voor een gemiddelde woning, ca. 5.000 EUR
  - medium (plaatsen van isolatie en luchtscherm langs boven, met behoud van timmerwerk, binnenafwerking en eventuele isolatie, bv. tussen de kepers, bv. 9 cm MW, + vernieuwen dakbedekking en eventueel dakgoten) – grootte-orde kostprijs voor een gemiddelde woning, ca. 20.000 EUR
  - large (strippen dak tot op timmerwerk, houtstructuur aanpassen waar nodig, volledig nieuw plaatsen van dakbedekking en isolatie, evt. ook timmerwerk vervangen (vorm dak veranderen en/of verdieping bijplaatsen) - grootte-orde kostprijs voor een gemiddelde woning, ca. 50.000 EUR

Bij platte daken is de impact van na-isolatie-werken over het algemeen minder groot, gezien meestal langs bovenaf (langs buiten) isolatie bijgeplaatst wordt (zie § 1.3.2.). De keuze van de optimale isolatietechniek voor een bepaald project hangt af van de gewenste isolatiedikte en de bestaande toestand (o.a. hoogte dakranden, draagkracht dak). Een belangrijk aandachtspunt is ook hier de continuïteit tussen de isolatielaag en het luchtscherm in daken en muren. Wanneer bv. een damp scherm (tevens luchtscherm) aangebracht wordt op een beplating aan de bovenzijde van een houten roostering, moet deze aangesloten worden op het luchtscherm in de muur, doorgaans een pleisterlaag die zich aan de binnenkant van de muur bevindt.

Op basis van het gewenste isolatieniveau en het beschikbare budget en na inwinnen van advies bij een vakman over de bestaande toestand van het dak, de mogelijkheden of beperkingen om de bestaande structuur te wijzigen en de verschillende mogelijke isolatietechnieken, kan de opdrachtgever een na-isolatietechniek kiezen.

### **1.1.3 Algemene aspecten van de energetische renovatie van een dak**

#### **A) Thermische isolatie**

##### **a) Overzicht isolatiematerialen voor daken**

In het hoofdstuk “isolatie en luchtdichtheid” vindt u een overzicht van de voornaamste isolatiematerialen gebruikt in gebouwen, en hun materiaalkarakteristieken.

Voor hellende daken wordt doorgaans gebruik gemaakt van:

- minerale wol (rotswol of glaswol)
- cellulose(vlokken of platen)
- kunststofplaten (PUR, PIR, EPS, XPS, RF)
- dekens van organische oorsprong (houtvezels, vlas, hennep, ...)

Wanneer isolatiemateriaal tussen kepers/spannbene geplaatst wordt, verdient het de voorkeur om te werken met soepele materialen (geen stijve platen).

Voor sarkingdaken worden meestal stijve kunststofplaten gebruikt. Andere materialen zijn ook mogelijk, zoals cellenglas of minerale wol (met hogere densiteit en drukvastheid).

Platte daken worden meestal geïsoleerd met platen van minerale wol, kunststof of cellenglas. Andere materialen zijn ook mogelijk. Zie TV 215 [ref. 2].

Voor zoldervloeren is het gamma erg ruim, men kan kiezen voor minerale wol (tussen de vloerbalken of kepers), kunststofplaten (continue laag bovenop de draagstructuur), maar ook voor materialen die men op of tussen de draagstructuur kan gieten (v. vermiculite) of inblazen (bv. cellulose).

We wensen er de aandacht op te vestigen dat bepaalde kunststofschuimen vocht kunnen absorberen. Een vochtscherm aan de buitenzijde wordt daarom steeds aangeraden (bv. bij openschalige dakplaten of bij platte daken die na-geïsoleerd worden volgens het omkeerprincipe).

De keuze van een isolatiemateriaal binnen de range van mogelijkheden voor een bepaalde toepassing hangt vooral af van de warmtegeleidingscoëfficiënt en de kostprijs.

## b) Dikte van de isolatielaag

De dikte van de isolatielaag wordt afgeleid uit de gewenste U-waarde. Ze hangt af van de lambda-waarde van het gekozen isolatiemateriaal en van de afmetingen van de elementen van het timmerwerk en de positie van de isolatie t.o.v. het timmerwerk.

In het hoofdstuk “isolatie en luchtdichtheid” wordt uitgelegd hoe de U-waarde van niet-homogene constructies als daken, berekend wordt. Om snel een benaderende waarde van de benodigde dikte van de isolatielaag te bepalen, kunt u gebruik maken van onderstaande tabel.

*Tabel 1 : Minimale dikte van de isolatielaag in functie van de gewenste U-waarde en het gekozen isolatiemateriaal (gekaracteriseerd door de  $\lambda$ -waarde)<sup>1</sup>*

	isolatie = 0,025 W/(m.K)	isolatie = 0,035 W/(m.K)	isolatie = 0,045 W/(m.K)
U = 0,15 W/(m <sup>2</sup> .K)	215 mm	276 mm	336 mm
U = 0,4 W/(m <sup>2</sup> .K)	74 mm	97 mm	119 mm
U = 0,6 W/(m <sup>2</sup> .K)	46 mm	61 mm	76 mm

Indien hij dit wenst en indien hij hiertoe de mogelijkheid krijgt, kan de aannemer een alternatieve dakopbouw voorstellen die de oorspronkelijke warmteweerstand minstens evenaart. Zo kan hij bijvoorbeeld een isolatiemateriaal voorstellen met een zwakkere warmtegeleidbaarheid ( $\lambda$ ) en/of met een grotere dikte.

<sup>1</sup> De randvoorwaarden zijn de volgende:

- Afstand hout op hout: 400 mm
- Breedte spanten: 38 mm
- Lambda-waarde hout: 0,12 W/(m.K)
- Forfaitaire correctiewaarde: - 0,1 m<sup>2</sup>.K/W

### c) Continuïteit van de isolatielaag

Om een goede thermische kwaliteit te verzekeren, is het van essentieel belang dat de isolatielaag de verwarmde ruimte zo ononderbroken mogelijk omhult. Koudebruggen moeten vermeden worden.

Bij niet-homogeen opgebouwde bouwcomponenten zoals daken wordt de isolatielaag vaak onderbroken door elementen in hout (kepers of spantbenen bv.). In dat geval moet men bij de berekening van de U-waarden rekening houden met de invloed van deze elementen door weging op basis van het percentage oppervlakte van de kepers ten overstaan van de isolatielaag (zie hoofdstuk “isolatie en luchtdichtheid”). De invloed van de (houten) kepers of spantbenen bedraagt doorgaans zo’n 10 à 30% (zoals de hierna volgende tabel aangeeft).

Tabel 2 : U-waarde in functie van de dikte en de lambdawaarde van de isolatielaag en van de plaats van de isolatie ten overstaan van de kapconstructie.<sup>2</sup>

	U-waarden in W/(m <sup>2</sup> .K)								
	isolatie = 0,025 W/(m.K)			isolatie = 0,035 W/(m.K)			isolatie = 0,045 W/(m.K)		
	Isolatie continu	Isolatie tussen kepers	Aandeel koudebrugwerking (in % tov isolatie continu)	Isolatie continu	Isolatie tussen kepers	Aandeel koudebrugwerking (in % tov isolatie continu)	Isolatie continu	Isolatie tussen kepers	Aandeel koudebrugwerking (in % tov isolatie continu)
d =100mm	0,24	0,31	27%	0,33	0,39	17%	0,42	0,47	11%
d =150mm	0,16	0,21	29%	0,23	0,27	19%	0,29	0,32	13%
d =200mm	0,12	0,16	31%	0,17	0,20	20%	0,22	0,25	13%

Wanneer de kapconstructie opgebouwd is uit staal of beton is de koudebrugwerking van de elementen van de draagstructuur veel meer uitgesproken. Enige goede oplossingen zijn in dat geval:

- thermische isolatie integraal op de kapconstructie (isolerende dakelementen, Sarkingdak)
- thermische isolatie integraal onder tegen de kapconstructie (isolerende afwerkingsplaten)

De eerste oplossing verdient de voorkeur omdat de dakstructuur dan niet aan temperatuurschommelingen onderhevig is.

<sup>2</sup> De randvoorwaarden van de berekeningen in de tabel en de voorbeelden zijn de volgende:

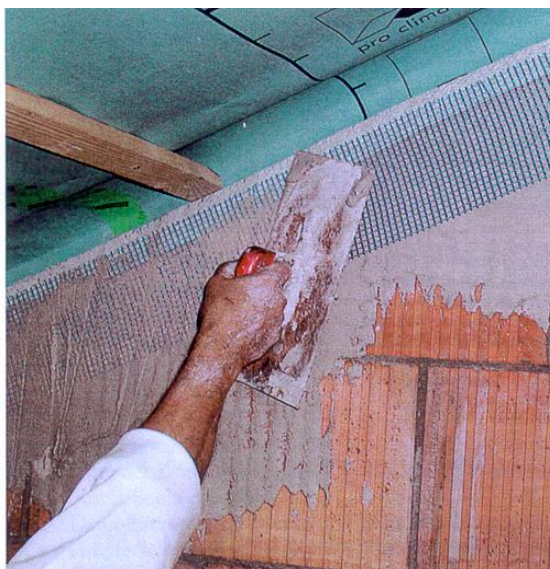
- Afstand hout op hout: 400 mm
- Breedte spantbenen: 38 mm
- Lambda-waarde hout: 0,12 W/(m.K)
- Forfaitaire correctiewaarde voor onvolkomenheden bij de plaatsing van isolatie: - 0,1 m<sup>2</sup>.K/W

Het risico op koudebruggen is het grootst ter plaatse van aansluitingen tussen bouwcomponenten (bv. dak-muur, dak-schoorsteen, ...). In bepaalde gevallen is het niet meer mogelijk om isolatie te plaatsen nadat het onderdak geplaatst is, bv. tussen een binnenmuur of topgevel en het onderdak. Een goede coördinatie en planning van de werken is daarom belangrijk om koudebruggen te vermijden. Tijdens een dakrenovatie moet de aannemer de plaatsen die na de werken niet meer toegankelijk zijn, isoleren.

## **B) Luchtdichtheid**

Zoals uiteengezet in het hoofdstuk “isolatie en luchtdichtheid” is het essentieel dat daken luchtdicht zijn. De luchtdichtheid van daken wordt gerealiseerd door een continu scherm aan de warme zijde van de isolatielaag (de **lucht- en dampremmende laag**). De algemene principes voor de realisatie van deze laag bij lichte constructies zijn van toepassing bij de na-isolatie van daken. We verwijzen hiervoor naar de EPB-infociches van het WTCB over luchtdicht bouwen [ref. ...]. Bij na-isolatie van daken zijn volgende aandachtspunten van belang:

- **de aansluiting van de lucht- en dampremmende laag van het dak op deze van de muren aan de randen van het dak**; dit kan gerealiseerd worden door een kleefverbinding of door een strook die ingewerkt wordt in het pleisterwerk op de muur; bij renovatie kunnen de aangetroffen muren relatief ruw of vochtig zijn, wat een duurzame kleefverbinding verhindert; het is ook mogelijk dat een pleisterlaag ontbreekt (waardoor de muur niet luchtdicht is); in die gevallen mag men de folie niet zomaar op de muur verkleven, maar moet men de muur drogen en voldoende vlak maken t.p.v. de kleefverbinding; indien de muur niet gepleisterd is, moet een pleisterlaag aangebracht worden of moet de luchtschermfolie doorgetrokken worden tot tegen de lucht- en dampremmende laag van de onderliggende muren (bv. de pleisterlaag op de muren in de lokalen onder de dakruimte); indien dit constructief niet mogelijk is (bv. omdat het daktimmerwerk of de balkkoppen van de zoldervloer in de weg zitten) dient het luchtscherm doorgetrokken te worden tot op de zoldervloer en daarop verkleefd te worden; in ieder geval dient op voorhand de aansluiting van het dak op de muren bestudeerd te worden m.b.v. een detailsnede over deze aansluiting, waarop de lucht- en dampremmende laag van het dak en de muur aangeduid zijn, in principe dienen deze één continue lijn te vormen.



Afbeelding 2

- **De aansluiting van de lucht- en dampremmende laag op (bestaande en nieuwe) perforaties doorheen het dak** (schoorstenen, leidingen voor zonnecollectoren, ...)



Afbeelding 3

Een **leidingspouw** is **steeds aangeraden** om leidingen tot bij lichtpunten of stekkerdozen in het dak te brengen zonder de lucht- en dampremmende laag te doorboren.

Aan de koude zijde wordt de isolatie beschermd tegen windspoeling door een **windscherm**. Dit is een laag die de luchtstromingen afremt, maar niet zo luchtdicht is als de lucht- en dampremmende laag. Bij daken wordt deze functie vervuld door het onderdak. Bij de na-isolatie van daken is het mede daarom van groot belang dat er een onderdak aanwezig is of geplaatst wordt. Wanneer de wind doorheen de dakbedekking over de isolatie kan blazen, kan de thermische weerstand van de isolatielaag zeer sterk



verminderen, wat bij de renovatie van woningen naar lage energiebehoefte niet getolereerd kan worden. Het onderdak dient goed aaneensluitend en met voldoende overlap geplaatst te worden (conform de regels zoals uiteengezet in de TV van het WTCB over pannendaken [ref. ...]). **Het afkleven van de voegen is voordelig, maar is niet noodzakelijk. Indien hiervoor geopteerd wordt, moet aandacht besteed worden aan de duurzaamheid van de gebruikte materialen.**

Bij **platte daken** wordt de luchtdichtheid doorgaans reeds in grote mate gerealiseerd door de dakdichting zelf. De aansluiting van dakdichting op de omliggende muren is echter niet luchtdicht. Daarom is het aangewezen om de dampremmende laag aan de warme zijde van de isolatie ook als luchtremmende laag te gebruiken en deze luchtdicht aan te sluiten op de luchtremmende laag in de onderliggende muren (bv. de pleisterlaag). In het geval de draagvloer van het platte dak deze aansluiting onmogelijk maakt, wordt de dampremmende laag aan de randen van het dak best doorgetrokken tegen de dakrand en luchtdicht aangesloten op de dakdichting, zodat de isolatie luchtdicht ingesloten wordt en er geen condensatie van convectieve oorsprong kan optreden in de isolatie of ter hoogte van het daktimmerwerk.

## **C) Dampdichtheid**

### 1. Hoe vochtproblemen door diffusie vermijden? Principes

Door hun positie aan de bovenzijde van een bewoonde ruimte, zijn daken, meer nog dan andere bouwcomponenten, gevoelig voor vochtproblemen door inwendige condensatie. Inwendige condensatie kan niet alleen ontstaan door convectie, zoals uitgelegd in voorgaande paragraaf, maar ook door diffusie. De principes hiervan worden uiteengezet in het hoofdstuk “isolatie & luchtdichtheid”. In deze paragraaf wordt toegelicht wat de specifieke aandachtspunten zijn bij na-isolatie van daken.

Om inwendige condensatie te vermijden moet de **dakconstructie in principe zo opgebouwd worden dat de damptransmissieweerstand van de samenstellende lagen afneemt van binnen naar buiten**. Zo moet bij hellende daken het onderdak meer dampopen zijn dan de folie die dienst doet als luchtremmende laag. Daarom wordt meestal voor deze laag een product gekozen met een damptransmissieweerstand ( $\mu$ -waarde) die hoger is dan die van het onderdak. Deze luchtremmende laag doet dan ook dienst als dampremmende laag, en wordt benoemd als **lucht- en dampremmende laag**.

De **damptransmissieweerstand van een lucht- en dampremmende laag moet voldoende hoog zijn, maar ook niet hoger dan nodig**, zodat in zomercondities diffusie van in het dak ingesloten vocht (bv. bouwvocht van het timmerwerk) naar binnen mogelijk is. Dit kan een bijdrage leveren aan het bereiken van één van de voorwaarden voor een bouwfysisch correct ontworpen dak: er mag geen resulterend vocht overblijven over de periode van een jaar, dit betekent dat vocht dat in het dak ontstaan is door condensatie (in de winter), volledig moet kunnen drogen (in de zomer). Men heeft er

daarom alle belang bij om een zo dampopen mogelijk onderdak te kiezen, zodat een lucht- en dampremmende folie met beperkte damptransmissieweerstand volstaat. De gepaste damptransmissieweerstand kan afgeleid worden uit tabel 11 van de TV 202. Voor woningen met een niet extreem vochtig binnenklimaat (binnenklimaatklasse II of III) volstaat een dampremmende folie van klasse E1, dit betekent dat de (gemiddelde)  $\mu$ d-waarde groter of gelijk moet zijn aan 2 en kleiner dan 5 (tenzij het onderdak niet-capillair en continu is, dan is een E2 nodig). PE-folie met een dikte van 0,1 mm (minimale dikte om een redelijke mechanische weerstand te bekomen) behoort tot klasse E2. In de praktijk wordt vaak gewerkt met PE-folie van 0,2 mm. Andere materialen kunnen ook toegepast worden.

Bij de meeste materialen is de damptransmissieweerstand variabel in functie van het vochtgehalte (meer dampopen). De verschillen zijn meestal onbeduidend, maar voor een aantal kunststoffen zijn ze meer uitgesproken. Deze eigenschap kan nuttig aangewend worden bij toepassing van deze materialen als lucht- en dampremmende folie voor daken, omdat ze de drogingscapaciteit van het dak in de zomer vergroten. De werking van deze **lucht- en dampremmende folies met variabele  $\mu$ d-waarde** mag echter niet overdreven worden, gezien de variatie in  $\mu$ d-waarde relatief beperkt blijft (bv. van 15 in de winter tot 0,2 in de zomer, terwijl de grenzen van de dampschermklassen zoals bepaald in de TV's van het WTCB variëren tussen 2 tot 200) en de  $\mu$ d-waarde in absolute termen niet zoveel afwijkt van de andere producten (doorgaans in het grensgebied tussen klasse E1 en E2). Een goede ventilatie van de binnenruimte en een voldoende dampopen onderdak blijven noodzakelijk om vochtproblemen te vermijden en volstaan ook doorgaans. De impact van zogenaamde vochtgestuurde dampremmen is dus positief, maar mag niet overschat worden.

**Bij de bepaling van de damptransmissieweerstand van de lucht- en dampremmende laag hoeft geen onderscheid gemaakt worden tussen de verschillende lokalen in een gebouw.** Gezien diffusie een langzaam proces is, de lucht in een gebouw door ventilatie voortdurend in beweging is en hoge vochtbelastingen in natte ruimtes zoals badkamers of bergingen meestal erg beperkt zijn in tijd, kan men voor het volledige dak dezelfde lucht- en dampremmende laag toepassen. Ten onrecht wordt soms aangenomen dat badkamers vochtiger zijn dan andere ruimtes. Gemiddeld genomen blijken echter vaak slaapkamers de vochtigste ruimte te zijn in een woning, omdat in die lokalen gedurende een langere periode een vochtbron aanwezig is, terwijl de ventilatie soms niet altijd toereikend is (vooral bij bestaande gebouwen, maar ook bij gebouwen die voldoen aan de EPB-regelgeving is het mogelijk dat men bv. de ventilatieroosters sluit om tijdens de nacht geen lawaai te horen van de buitenomgeving).

Gezien een hellend dak nooit perfect luchtdicht is, hoezeer men dit ook tracht te benaderen, zal de aanwezigheid van een erg dampdichte laag aan de binnenzijde van het dak (dampscherm) inwendige condensatie nooit volledig kunnen voorkomen. **De keuze van een voldoende dampopen onderdak is daarom een efficiëntere maatregel om vochtproblemen door dampdiffusie te vermijden.** Indien het onderdak tijdens de renovatiewerken vervangen of geplaatst wordt, kan, als **alternatief** voor de keuze van de gepaste damptransmissieweerstand van de luchtremmende folie (zoals hoger

uiteengezet) ook de **gepaste damptransmissieweerstand van het onderdak bepaald worden** in functie van het dampdrukverschil over het onderdak (functie van o.a. de binnenklimaatklasse en de hoogte van het gebouw). De luchtremmende laag – die steeds ook in meer of mindere mate dampdicht is - en het onderdak kunnen zo een complementaire functie vervullen voor het vochtgedrag van een hellend dak: het luchtscherm zorgt voor de vermindering van transport van waterdamp uit de binnenlucht naar de dakconstructie; een vochtdoorlatend onderdak zorgt voor een verhoogd transport van vocht uit de dakconstructie naar buiten. Een verbeterde droogcapaciteit van de lagen aan de koude kant van de isolatie (het onderdak) kan een gebrek aan luchtdichtheid gedeeltelijk compenseren, zodat het dak minder gevoelig wordt voor de problematiek van inwendige condensatie door lucht lekkage. In combinatie met een zo verzorgd mogelijke uitvoering van de luchtremmende laag kan het risico op vochtproblemen geminimaliseerd worden.

Onderdaken kunnen ingedeeld worden in klassen in functie van hun (equivalente)  $\mu$ -waarde, zoals aangegeven in onderstaande tabel.

Tabel 3

**ONDERDAKKLASSEN**

S1	$0.4m \leq \mu_{d_{eq}} < 2m$
S2 = S1 / 5	$0.05m \leq \mu_{d_{eq}} < 0.4m$
S3 = S2 / 8 ('breathable membranes')	$\mu_{d_{eq}} < 0.05m$

De gepaste klasse kan bepaald worden op basis van onderstaande tabel.

Tabel 4

Binnenklimaat	Gebouwen in onderdruk (vb. extractie)	Beperkte overdruk	Gebouwen in overdruk
KK1	Geen eisen	S1	S2
KK2		S2	S3
KK3		S2	S3
KK4		S3	warm dakopbouw

Het drukverschil over het dak is functie van de instelling van de eventuele mechanische ventilatie (onderdruk/overdruk) en de afstand tussen het dakvlak en het vloerpeil van de laagst gelegen bouwlaag die ruimtelijk met de ruimte onder het dak in verbinding staat (bv. traphal over drie bouwlagen > hoogteverschil ca. 10 m). In geval van twijfel dient men voorzichtigheidshalve de strengste keuze te maken (bv. S3 i.p.v. S2).

De tabel maakt ook duidelijk dat het **risico op condensatieproblemen ook kan verminderd worden door gebouwen via de klima-installatie in onderdruk te plaatsen**: hierdoor wordt luchtexfiltratie en de ermee gepaard gaande condensatieproblemen uitgesloten, zelfs al is de gebouwschil niet perfect luchtdicht. In sommige landen wordt zowiezo al aangeraden om het ventilatiesysteem van zwembaden

zodanig te ontwerpen dat het gebouw in onderdruk komt te staan ten opzichte van de buitenomgeving.

## 2. Bijzonderheden voor daken met een dampdichte dakbedekking

Bij **daken met een heel dampdichte laag aan de buitenzijde van het dak** (zoals platte of metalen daken) is de keuze van een voldoende performante lucht- en dampremmende van groot belang, omdat bij die types daken het risico groter is dat damp doorheen de constructie diffundeert en condenseert op een dampdichte laag aan de buitenzijde van het dak. Bij daken van dit type mag zeker niet alleen gerekend worden op de variabiliteit van de  $\mu$ d-waarde en de drogingscapaciteit in de zomer, een voldoende hoge  $\mu$ d-waarde is essentieel om vochtproblemen te vermijden. Voor platte daken kunnen we verwijzen naar tabel 14 van de TV 215 [ref. 2].

Ook in bestaande **hellende daken** komen in de praktijk vaak kleine **oppervlaktes voor met een (zeer) dampdichte laag aan de buitenzijde** (ter hoogte van de dakbedekking of het onderdak). Voorbeelden van dergelijke situaties: plat dak van een dakkapel, dakkapel bekleed met zink, stukje dak met flauwe helling en daarom voorzien van een dichtingsmembraan, kielgoten, zijkant van een dakkapel bekleed met roofing (“bricolage” door vroegere bewoners, om infiltratieproblemen “op te lossen”), ....



*Afbeelding 6 – voorbeelden van dampdichte lagen aan de buitenzijde van de isolatielaag bij het na-isoleren van hellende daken: mansardedak met strook in zink, dakkapel met plat dak,*

In de actuele bouwpraktijk worden deze oppervlakten meestal op dezelfde manier geïsoleerd als de rest van het dakvlak en staat men er niet bij stil dat men op die plaatsen eigenlijk geen hellend-dak-opbouw heeft maar een plat-dak-opbouw (dampdicht aan de buitenkant). Men zou die zones dus op een andere manier moeten isoleren, om rekening te houden met de dampdichte laag aan de buitenkant.

Het is bij het na-isoleren steeds een belangrijk aandachtspunt om een passende lucht- en dampremmende laag te voorzien, overeenkomstig de bestaande dakopbouw aan de



Renovatie van woningen naar lage energiebehoefte – LEHR

**DRAFT VERSIE: NIET VOOR VERSPREIDING**

7/01/2010

buitenkant (type dakbedekking en onderdak). Het type lucht- en dampremmende laag dat vereist is, kan verschillen van plaats tot plaats, in functie van de bestaande dakopbouw

**Daar waar een hellend dak plaatselijk een dampdichte laag heeft aan de buitenkant, moet het geïsoleerd worden volgens het principe van het warme platte dak, d.w.z. er moet een ononderbroken damp scherm aangebracht worden op een continue drager.** In het geval van renovatie kan hiervoor de bestaande dakdichting gebruikt worden. De isolatielaag, die zich in dat geval ook aan de buitenzijde van het timmerwerk bevindt (principe van het sarkingdak), dient zonder onderbreking aan te sluiten op de isolatie in de rest van het dakvlak (meestal tussen en/of onder de kepers of spantbenen), op zo'n manier dat er geen koudebruggen ontstaan.

Het is belangrijk om de lucht- en dampremmende laag perfect continu (zonder perforaties) uit te voeren en ook de zijkanten luchtdicht af te sluiten van de rest van het dak (zodat er geen lucht en damp zijdelings kan binnendringen en tot condensatie aanleiding geven op de onderzijde van de dampdichte laag in de vermelde dakoppervlakken

**Indien de afmetingen van de zones in minstens één richting kleiner is dan of gelijk aan +/- 50 cm (zoals bv. doorgaans kielgoten)** kan de waterdamp die doorheen het dakcomplex naar buiten migreert in principe zijdelings van de dampdichte laag ontsnappen, waardoor de kans op condensatie beperkt is. **In dergelijke minder-kritische situaties kan men isoleren zoals de rest van het dakvlak**, op voorwaarde dat het binnenklimaat niet te vochtig is (niet behoort tot binnenklimaatklasse IV) en de lucht- en dampremmende laag aan de warme zijde van de isolatie luchtdicht uitgevoerd wordt. Dit laatste is vaak niet evident in de praktijk, vooral wanneer het daktimmerwerk relatief complex is. We verwijzen hiervoor naar de EPB-infiches over luchtdicht bouwen (cf. website WTCB).

Wanneer er zich over het volledige oppervlak van een bestaand dak een weinig damopen laag bevindt aan de buitenzijde van de (toekomstige) isolatielaag, bv. een vroeger geplaatste, relatief dampdichte onderdakfolie, dan is het aangeraden om deze laag te vervangen door een damopen onderdak, volgens de huidige regels van de kunst (zie ref.4). Als dit niet mogelijk is, bv. omdat er onvoldoende budget is om ook de dakbedekking te vervangen en men enkel wenst te isoleren van binnenuit, dan dient aan de binnenkant van de isolatielaag een lucht- en dampremmende laag aangebracht worden die dampdichter is dan de relatief dampdichte laag aan de buitenzijde van het dak. Met de methode van Glaser kan de minimale damptransmissieweerstand van de nieuwe lucht- en dampremmende laag bepaald worden in functie van de <sup>2</sup>het binnenklimaat in het gebouw.

Wanneer men het dak van gebouwen, behorende tot **binnenklimaat IV** (erg vochtig, bv. zwembaden) renoveert, dient **steeds een bouwfysische studie** uitgevoerd te worden om een probleemloze dakopbouw te bekomen.

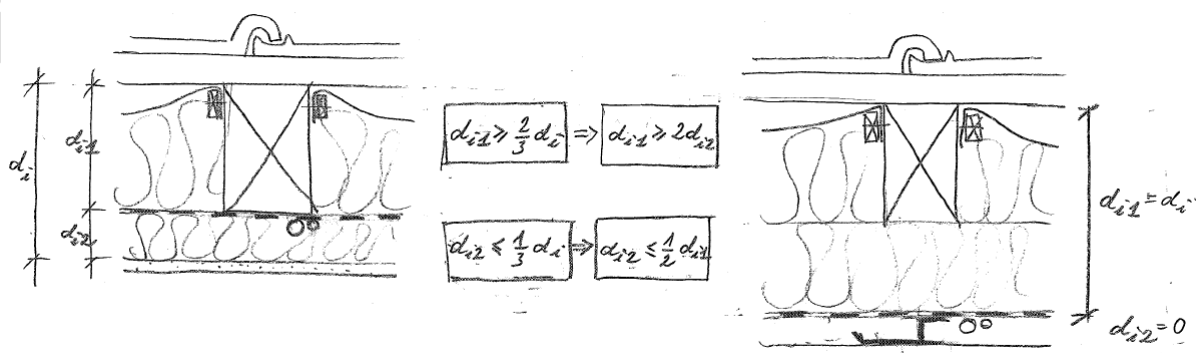
**2. Een extra isolatielaag langs de onderzijde van een dampscherm?**

**Mag de thermische weerstand van een geïsoleerd dak versterkt worden door het aanbrengen van extra isolatielaag langs de binnenkant, onder een bestaand dampscherm?**

**Kan een nieuwe lucht- en dampremmende laag aangebracht worden aan de bovenzijde van een leidingspouw waarin ook isolatie geplaatst wordt?**

Om condensatie te vermijden moet de lucht- en dampremmende laag correct gepositioneerd worden t.o.v. de isolatielaag. Ze moet geplaatst worden aan de “warme” zijde van de isolatielaag, d.i. in principe op het binnenoppervlak van de isolatielaag (m.a.w. aan de kant van de binnenruimte van het gebouw).

Om de thermische isolatie van bestaande geïsoleerde daken te versterken, is het niet uitgesloten om een extra isolatielaag te plaatsen aan de binnenkant van een lucht- en dampremmende laag. Hierdoor bevindt deze laag zich niet meer op de rand van het isolatiepakket zoals hiervoor beschreven, maar wordt omgeven door isolatiemateriaal. Om inwendige condensatie te vermijden mag de lucht- en dampremmende laag zich niet te veel naar de buitenzijde van het isolatiepakket bevinden. Via de methode van Glaser kan het risico op condensatie onderzocht worden en de mogelijke posities van de lucht- en dampremmende laag bepaald worden. Als eenvoudige vuistregel voor de praktijk, kan men stellen dat **de lucht- en dampremmende laag zich in het totale isolatiepakket niet verder naar de “koude” (buiten)zijde mag bevinden dan één derde van de totale dikte van het isolatiepakket**. Aangezien eigenlijk niet de dikte maar de thermische weerstand van belang is, is deze regel is enkel van toepassing wanneer hetzelfde isolatiemateriaal gebruikt wordt aan weerszijden van de lucht- en dampremmende laag, of wanneer isolatiematerialen gebruikt worden met dezelfde warmtegeleidingscoëfficiënt<sup>3</sup> (zie tekening).



Afbeelding 4 - vuistregel voor de plaatsing van de lucht- en dampremmende laag (LDRL) bij meerdere isolatielagen: de lucht- en dampremmende laag mag zich niet verder naar buiten bevinden dan één derde van de dikte van het totale isolatiepakket (voorwaarde: isolatiemateriaal met zelfde lambda-waarde)

<sup>3</sup> Deze vuistregel

*Voorbeeld: een dak met kepers van 60 mm breed en 70 mm diep h.o.h. 500 mm wordt geïsoleerd met 70 mm minerale wol tussen de kepers. Hiermee wordt een U-waarde bereikt van ca. 0,50 W/m<sup>2</sup>K (de exacte waarde is functie van de lambda-waarde van de materialen). Dit volstaat dus niet om te voldoen aan de huidige wettelijke eisen (0,3 W/m<sup>2</sup>K in het Waalse en Brussels Hoofdstedelijk Gewest, 0,4 W/m<sup>2</sup>K in het Vlaamse Gewest). Om de isolatie van deze dak te vesterken, dient men een extra isolatielaag te plaatsen, bv. onder de kepers, tussen een horizontaal latwerk in hout. Met een extra isolatielaag van 35 mm kan men een U-waarde bereiken van ca. 0,35 W/m<sup>2</sup>K, waarmee men kan voldoen aan de huidige reglementering in het Vlaams Gewest, maar niet aan de toekomstige limietwaarde (0,3 W/m<sup>2</sup>K) die nu reeds geldt in de andere Gewesten. Met een bijkomende isolatiedikte van 35 mm is het mogelijk om de lucht- en luchtremmende laag te plaatsen tegen de onderzijde van de kepers, wat het mogelijk maakt om de ruimte ter hoogte van het nieuwe latwerk en de bijkomende isolatielaag te gebruiken als leidingspouw. Als men een bijkomende isolatielaag zou willen plaatsen, dikker dan 35 mm (de helft van de diepte van de kepers), dan is het niet meer mogelijk om de damp- en luchtremmende laag aan te brengen tussen de kepers en het nieuwe latwerk, omdat het dan meer dan een derde van de dikte van het totale isolatiepakket naar buiten zou zitten, waardoor het risico op condensatie op de binnenzijde van de lucht- en dampremmende laag te groot wordt. In dit geval dient de damp- en luchtremmende laag geplaatst worden op de onderzijde van de horizontale latten waartussen de nieuwe isolatielaag steekt, waardoor deze zo dik gemaakt kan worden als men wil. Een eventuele leidingspouw kan men creëren door een extra latwerk te plaatsen, loodrecht op het eerste. Hiertussen kan men desgewenst nog extra isolatie aanbrengen, voor zover de dikte van deze laag niet groter wordt dan een derde van het totale isolatiepakket.*

## **D) Thermisch niet-stationair gedrag en zomercomfort**

Het zomercomfort in ruimtes onder een dak wordt beïnvloed door de opbouw van het dakvlak, meer bepaald door de U-waarde en het temperatuurgeleidingsvermogen a.

De *hoeveelheid* warmte die via transmissie door het dak kan dringen (in J/s.m<sup>2</sup>.K) wordt bepaald door de mate waarin het dak thermisch geïsoleerd is (zoals uitgedrukt door de U-waarde). De warmtestroom zal kleiner zijn (beter zomercomfort) naarmate de warmtegeleidingscoëfficiënt ( $\lambda$ -waarde) van de materialen waaruit het dak opgebouwd is, lager is (beter isolerend materiaal) en de laagdiktes groter zijn (méér isolatie). Een lage U-waarde is dus niet enkel voordelig om de ruimte warm te houden in koude periodes, maar ook om ze koel te houden in zomeromstandigheden. *Een renovatie tot lage energiebehoefte (bv. U-waarde van het dak = 0,1 W/m<sup>2</sup>K) zal een beter zomercomfort opleveren dan een standaard renovatie (bv. U-waarde dak = 0,3 W/m<sup>2</sup>K).*

De *snelheid* waarmee de warmte via transmissie doorheen het dak stroomt, hangt af van de mate waarin het materiaal waaruit het dak opgebouwd is, warmte opneemt. De

warmtestroom zal trager verlopen (beter zomercomfort) wanneer er in het dak veel massa aanwezig is die opgewarmd moet worden (hoge soortelijke massa) en wanneer het veel energie vraagt om die massa op te warmen (hoge soortelijke warmte  $c$ , een materiaaleigenschap). Ook de warmtegeleidingscoëfficiënt ( $\lambda$ -waarde) speelt een rol. Deze invloed van deze drie invloedsfactoren kan samengevat worden in de zogenaamde  $a$ -waarde, het temperatuurgeleidingsvermogen:  $a = \lambda/c \cdot \rho$  [ $\text{m}^2/\text{s}$  of  $\text{cm}^2/\text{h}$ ]. Deze grootheid staat in verband met de tempertuur-amplitude-demping en de faseverschuiving van de temperatuurschommeling over de wand in functie van de tijd. Wanneer de  $a$ -waarde laag is, zal het langer duren vooraleer de warmteschommeling in het buitenklimaat voelbaar is in de binnenruimte.

Een andere nuttige grootheid die invloed heeft op het zomercomfort is de thermische capaciteit of warmte-accumulerend vermogen  $Q = d \cdot c \cdot \rho$  [ $\text{J}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ]. Deze grootheid staat in verband tot de tijd die het duurt vooraleer de luchttemperatuur in de binnenruimte stijgt (aanvankelijk is deze immers relatief beperkt omdat de omringende wanden ook opgewarmd worden, en dit – in functie van de opbouw van deze wanden – relatief veel energie en tijd kan vereisen). Een hoge  $Q$  geeft aan dat de temperatuur in de binnenruimte relatief traag zal stijgen (positief voor het zomercomfort).

Onderstaande tabel geeft het temperatuurgeleidingsvermogen en de thermische capaciteit voor een aantal voorkomende isolatielagen in daken.

Tabel 5

	$\rho$ [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	$c$ [ $\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}$ ]	$\lambda$ [ $\text{W}/\text{mK}$ ]	$a$ [ $\text{cm}^2$ /h]	$Q$ [ $\text{J}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ] (*)
Houtvezel isolatieplaat	160	2099	0.040	4	60451
Cellulosevlokken	45	2150	0.039	15	17415
PUR	30	1404	0.030	26	7582
EPS	30	1404	0.034	29	7582
Rotswol	35	839	0.040	49	5286
glaswol	25	839	0.035	60	3776

(\*) berekend met een veronderstelde laagdikte van 18 cm

*De toepassing van materialen met een lage  $a$ -waarde (bv. houtvezel-isolatieplaten, cellulosevlokken) heeft een gunstig effect op het zomercomfort. De impact van de thermische capaciteit van het dak mag echter niet overschat worden, ze is immers erg klein t.o.v. deze van massieve bouwcomponenten, zoals muren en vloeren.*

De verschillen tussen de verschillende isolatiematerialen mogen dan al relatief groot zijn, de thermische capaciteit blijft relatief beperkt t.o.v. andere materialen. Veronderstellen we bv. een muur van 14 cm in metselwerk, beton en hout:

Tabel 6

	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$c$ [J/kg.K]	$\lambda$ [W/mK]	$a$ [cm <sup>2</sup> /h]	$Q$ [J/m <sup>2</sup> .K] (*)
Hout	550	1880	0.12	4	144760
(volle) baksteen	2100	840	0.80	16	246960
Beton	2500	840	2.60	44	294000

(\*) berekend met een veronderstelde laagdikte van 14 cm

Een muur van 14 cm in baksteen heeft een warmte-capaciteit die 4 x groter is dan een isolatielaag van 18 cm uit een materiaal met optimale a-waarde.

Warmte plant zich niet alleen voort via transmissie (geleiding). Bij daken kan een behoorlijk aandeel warmte doorheen het dak stromen via convectie. Ook voor zomercomfort is de luchtdichtheid van de bouwschil dus zeer belangrijk.

De opbouw en uitvoeringskwaliteit van het dak heeft een belangrijke impact op het zomercomfort, maar veel belangrijker nog is het aandeel beglaasde oppervlakte in de dakvlakken en de aan- of afwezigheid van zonwering. Doorheen beglaasde oppervlakken kan immers een veel grotere hoeveelheid warmte in de dakruimte stromen, terwijl ze niet meer langs die weg kan ontsnappen (serre-effect). Dit is de voornaamste reden van de opwarming van een ruimte. De eerste en voornaamste maatregel voor een goed zomercomfort is daarom de beperking van de beglaasde oppervlakte en het voorzien van een performante zonwering, bij voorkeur variabel (bv. screen), waardoor in de winter en tussenseizoenen zonneënergie binnengelaten kan worden (benutten passieve zonnewinsten, beperking verbruik fossiele brandstoffen) en tijdens warme dagen het binnendringen van de warmte tot een minimum kan beperkt worden.

De warmte die toch binnendringt, doorheen de beglaasde delen of doorheen het dak, moet zoveel mogelijk afgevoerd worden door nachtelijke ventilatie. Hiervoor moeten de nodige voorzieningen getroffen worden (bv. relatief ruime opengaande delen, voorzien van een inbraakwerend rooster).

Samengevat: maatregelen zomercomfort:

1. zonwering transparante delen
2. nachtelijke ventilatie
3. thermische capaciteit

## **E) Akoestische isolatie**

### Criteria

Er bestaan geen specifieke criteria voor de geluidisolatie van daken als zodanig, maar wel voor onderdelen van het omhulsel van het gebouw die geluidgevoelige lokalen afsluiten (bvb. badkamers, bureaus, slaapkamers onder het dak). Hiervoor worden eisen opgelegd in functie van het geluidniveau buiten. Deze kunnen gevonden worden in de norm NBN S 01-400-1:2008.

De waarden voor gevelisolatie moeten met omzichtigheid gebruikt worden. Het akoestisch gedrag van ruimtes onder een hellend dak verschilt immers van dat van ruimtes achter een gevel. Dit komt omdat bij een dakruimte een groter oppervlak van het omhulsel aan lawaai is blootgesteld (hoe groter het invallend geluidvermogen (intensiteit x aantal m<sup>2</sup>) voor een bepaald volume, hoe groter het geluiddrukkniveau binnen).

Bijzondere aandacht dient besteed te worden aan de geluidisolatie van daken in zones met een hoge verkeersbelasting (bv. gewestweg, aanvliegeroute vliegtuigen). Om een voldoende akoestisch comfort te waarborgen in de ruimtes onder het dak zijn in die gevallen bijzondere maatregelen nodig.

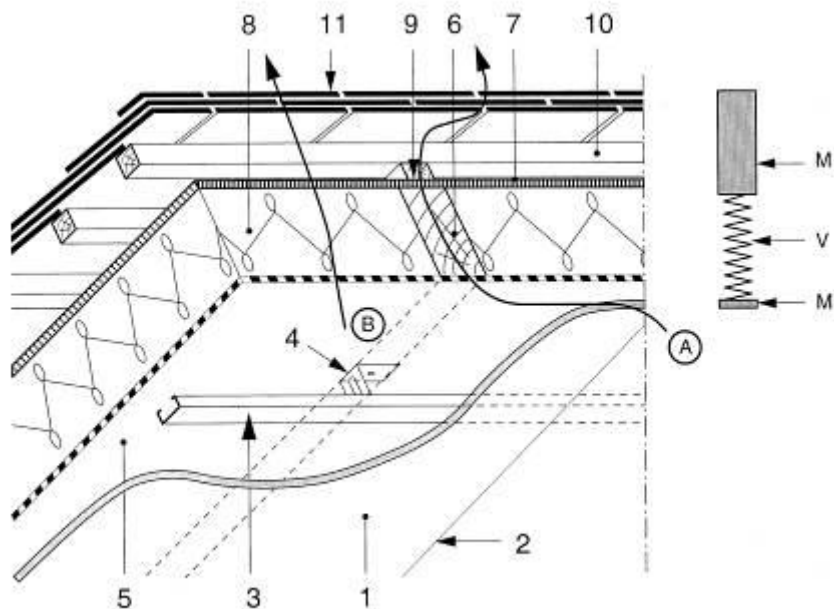
### Principes

Een eerste voorwaarde voor een goede geluidisolatie is de luchtdichtheid van het dak. Als hieraan is voldaan, kan de geluidisolatie van een bouwcomponent bereikt worden door toepassing van de massawet of via het massa-veer-massa-principe. Aangezien de massa per m<sup>2</sup> van een hellend dak beperkt is, moet een goede geluidisolatie gezocht worden in de uitbouw van een samengestelde constructie waarbij men tracht zo goed mogelijk een massa-veer-massa-systeem te benaderen. In de meeste gevallen bestaat de eerste massalaag uit de dakbedekking en de onderdakplaten, de tweede wordt gevormd door de onderafwerking (bv. gipskartonplaten). De veer wordt gevormd door de – bij voorkeur zo weinig star mogelijke – verbinding tussen deze twee lagen (zie onderstaande afbeelding). Een performant massa-veer-massa-systeem wordt gerealiseerd met volgende technieken:

- Grotere afstand tussen de lagen (**breder spouw**)
- Grotere massa** van zowel de binnenafwerking als het onderdak (bv. door ze op te bouwen uit meerdere lagen)
- Ontkoppelen** van de massalagen (door bv. veerregels, luchtspouw, puntbevestigingen i.p.v. lijnvormige contacten ...)
- Grote afstand tussen de kepers of spantbenen**
- Vulling** van de ruimte tussen de stijlen met **geluidsabsorberend materiaal** (bv. minerale wol)
- Akoestisch minder buigstijve materialen** toepassen (bv. gipskarton i.p.v. houten latten)

- Zo weinig mogelijk de massalagen perforeren (bv. inbouwspotjes)

Afbeelding 5 : Toepassing van massa-veer-massa-principe op hellende daken



Afbeelding 6

### Praktische maatregelen bij daken

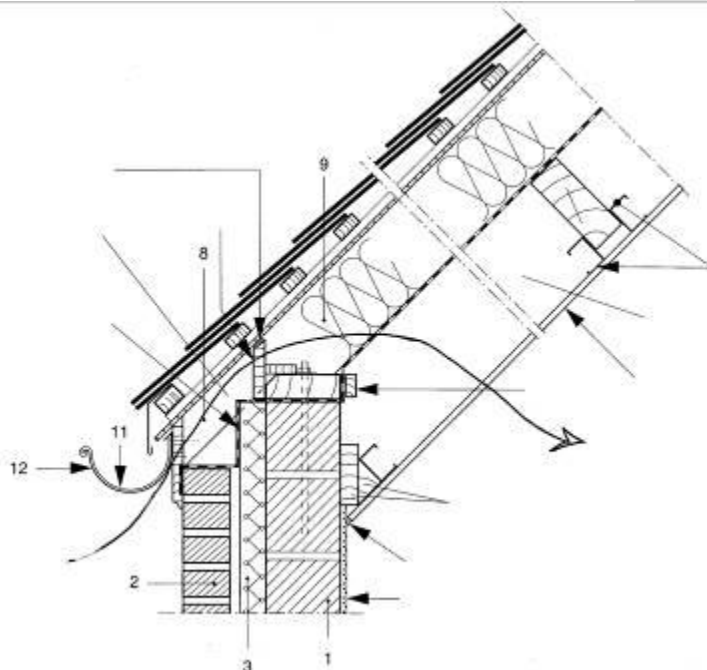
De belangrijkste regels om deze principes toe te passen in de praktijk bij de constructie van daken worden hieronder samengevat.

#### □ Binnenafwerking

- Het plaatsen van een **binnenbekleding** van gipskartonplaat (enkele laag, 12,5 mm) levert een beduidende verbetering op; de **wijze van bevestiging aan het daktimmerwerk is van groot belang** (de *luchtgeluidsisolatiewinst zal des te groter zijn naarmate dat de binnenafwerking minder star bevestigd is aan de dakconstructie, fabrikanten van gipskartonplaten bieden hiervoor diverse oplossingen aan*):
  - de platen kunnen op regelmatige afstand vast op de kepers bevestigd worden (bv. genageld of gevezen)
  - indien de platen via regels (loodrecht op de kepers of dakspanten) worden bevestigd, kan met houten regels een winst van ca. 7 dB bereikt worden, met metalen veerregels nog wat meer
  - indien de platen bevestigd worden op lichte metalen U-regels die van gording tot gording overspannen: ca. 20 dB. Er wordt aangeraden de U-regels zo laag mogelijk op de zijkanten van de gordingen te plaatsen, zodat de binnenafwerking als een continue laag onder de gordingen kan doorlopen.

- indien de platen zo bevestigd worden dat ze over de volledige breedte van het lokaal geen buigstijf contact maken met het daktimmerwerk, kunnen zeer goede resultaten bereikt worden. Dit kan gerealiseerd worden door een kaderwerk van lichte metalen U-regels die van wand tot wand lopen, onder het daktimmerwerk (horizontale regels) en C-regels (loodrecht op de horizontale regels, volgens de dakhelling) of door een gelijkaardig raamwerk op een aantal punten trillingsvrij op te hangen aan het daktimmerwerk. Op die manier kan tot ca. 25 dB winst bereikt worden t.o.v. het basisdak.
- het **verdubbelen van de dikte van de gipskartonplaat** (naar 2 x 12,5 mm) levert een winst op van 3 à 5 dB.
- Isolatie
  - Het plaatsen van een **laag minerale wol tussen onderdak en binnenafwerking** levert een beduidende verbetering op (ca. 7 dB voor de eerste 5 cm, ca. 2 à 3 dB winst per 5 cm bijkomende isolatie).
  - Het gebruik van stijve isolatieplaten heeft een ongunstige invloed op de luchtgeluidsisolatie van het dak.
  - Bij dakplaten van het sandwichtype met stijve warmte-isolatie en een lage oppervlaktemassa kunnen akoestische problemen optreden. Zelfs in weinig lawaaierige omgevingen voldoet de basisconstructie niet om het nodige akoestische comfort te waarborgen. Een extra akoestische afwerking gebaseerd op de hoger vermelde principes is dan ook noodzakelijk.
- Onderdak
  - de toepassing van een zwaar **onderdak (oppervlaktemassa van  $\geq 4 \text{ kg/m}^2$ , bv.  $\geq 4 \text{ mm}$  vezelcementplaat of  $\geq 10 \text{ mm}$  houten bebording, ) levert een winst op** t.o.v. een soepele onderdakfolie. Indien er een soepele isolatielaag aanwezig is van meer dan ca. 15 cm (bv. minerale wol of ingeblazen isolatie op basis van cellulose) speelt de kwaliteit van het onderdak een ondergeschikte rol t.o.v. deze van de isolatielaag.
- aansluitingen op andere elementen (muren, schoorstenen, dakvensters...)
  - Als basiseis voor een goede akoestische isolatie geldt het vermijden van akoestische lekken in de vorm van plaatselijk, zwakker presterende onderdelen. Kritisch zijn vooral aansluitingen van het dak op de muren t.p.v. de muurvoet (zie *Afbeelding 7*) en de kopgevels en de afwerking van de randen van dakperforaties zoals dakvensters, schoorstenen, e.d. De kwaliteit van de uitvoering is hiervoor van zeer groot belang.
  - Belangrijk is de luchtdichtheid in de aansluitingen met het dakvlak zeer goed te verzorgen en in het geval van dakbeglazing een akoestisch gunstige glassoort te kiezen.

*Afbeelding 7 : Oplossing om veel voorkomende geluidlek aan dakvoet op te lossen: verticale houten schotten tussen de kepers of spantbenen*



*Afbeelding 8*

Spelen geen rol van betekenis:

- type dakbedekking (bv. type pannen of leien) (slechts maximaal een viertal dB)
- de densiteit van de minerale wol
- de hoogte van de luchtspouw tussen onderzijde kepers en binnenafwerking levert bij een verhoging van 150 mm tot 250 mm een winst op van 1 tot 3 dB.

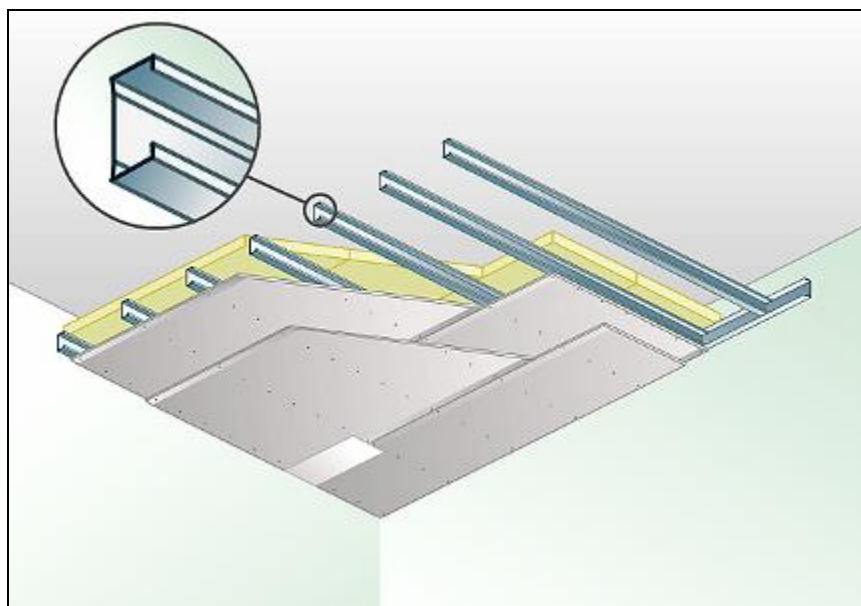
#### Prestaties van courante dakopbouwen

In de tekeningen in onderstaande afbeelding wordt de luchtgeluidisolatie van enkele vaak voorkomende constructies voorgesteld.

In bepaalde gebieden is het van belang om aandacht te besteden aan specifieke maatregelen met het oog op vliegtuiglawaai. Daarvoor is het aangeraden om de hiervoor gepresenteerde principes zo goed mogelijk na te streven en in voorkomend geval een bijzondere akoestische studie te laten uitvoeren.

Strategieën voor de akoestische renovatie van een hellend dak:

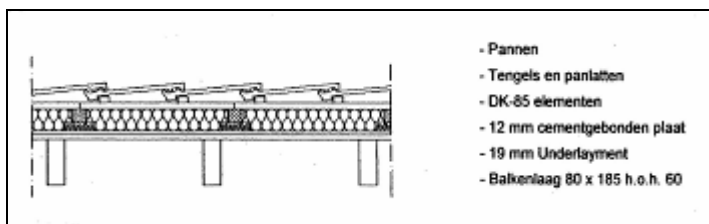
Bij *renovaties langs de onderzijde* kan het bestaande dak als geheel als een massa van een massa-veer-massa systeem beschouwd worden. Aan de onderzijde kan dan een akoestisch ontkoppelde binnenbekleding aangebracht worden. De ruimte tussen dit plafond en het dak wordt opgevuld met minerale wol.



Afbeelding 9

Bij *renovatie langs de bovenzijde van het dak* kan men boven op de bestaande kepers, nieuwe kepers aan te brengen dwars op de bestaande kepers, zodat de beide lagen kepers slechts een puntkoppeling met elkaar gemeen hebben. De holte tussen de kepers wordt opgevuld met minerale wol. Boven op de nieuwe laag kepers wordt een zware, waterbestendige plaat (WBP, vezelcementplaat, ca. 10 kg/m<sup>2</sup>) aangebracht, waarboven tenslotte de klassieke afwerking van tengels, panlatten enz. Hierboven kan ook een sarkingdak aangebracht worden.

Men kan de nieuwe kepers ook in dezelfde richting plaatsen als de bestaande kepers, trillingsvrij bevestigd op een continue bebording door het tussenplaatsen van een strook resiliërend materiaal (bv. vilt). Zie onderstaande afbeeldingen.



Afbeelding 10

Wanneer men een sarkingopbouw toepast (continue isolatielaag) kan deze trillingsontkoppeld van het bestaande dak aangebracht worden door het gebruik van soepel isolatiemateriaal (bv. minerale wol) i.p.v. een stijf isolatiemateriaal (bv. kunststofschuim of cellenglas).

## F) Brandveiligheid

### a) La performance des toitures exposées à un incendie extérieur

La Commission a émis une décision (2001/671/EC complétée par la décision 2005/823/CE) mettant en œuvre la directive 89/106/CEE du conseil en ce qui concerne la classification de la performance des toitures et des couvertures des toitures. La performance au feu des toitures est classée selon la norme de classification NBN EN 13501-5 (2006) *Classement au feu des produits et éléments de construction - Partie 5 : Classement à partir des résultats des essais d'exposition des toitures à un feu extérieur*. Cette norme de classification fait référence à la norme d'essai NBN ENV 1187 *Méthodes d'essai pour l'exposition des toitures à un feu extérieur* (2002) qui propose 4 méthodes d'essais distinctes correspondant à différents scénarios d'incendie :

Tabel 6

Méthode d'essais	Classification selon NBN EN 13501-5 (published 2006) *	
ENV 1187:2002 test 1	BROOF (t1)	Burning brand alone
	FROOF (t1)	No performance determined
ENV 1187:2002 test 2	BROOF (t2)	Burning brand + Wind
	FROOF (t2)	No performance determined
ENV 1187:2002 test 3	BROOF (t3)	Burning brand + Wind + Radiation
	CROOF (t3)	
	DROOF (t3)	
	FROOF (t3)	No performance determined
ENV 1187:2005 test 4	BROOF (t4)	
	CROOF (t4)	
	DROOF (t4)	
	EROOF (t4)	
	FROOF (t4)	No performance determined

\* Etat des lieux au mois de février 2007

essai 1 – avec brandons enflammés ;

essai 2 – avec brandons enflammés et vent ;

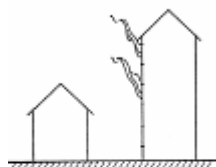
essai 3 – avec brandons enflammés, vent et chaleur rayonnante supplémentaire ;

essai 4 – méthode d'essai en deux étapes avec brandons enflammés, vent et chaleur rayonnante supplémentaire.

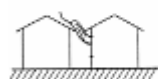
Les différents scénarios visent à évaluer une toiture soumise à un feu provenant de l'extérieur (voir figures ci-dessous)



Flammèches en provenance d'un autre bâtiment ou d'un feu de forêt



Rayonnement en provenance d'un incendie dans un bâtiment voisin



Exposition directe à des flammes ou au rayonnement en provenance d'un incendie dans un bâtiment voisin

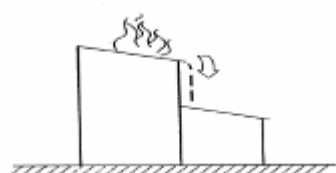


Flammèches et rayonnement en provenance dans bâtiment voisin

Afbeelding 11



Rayonnement avec ou sans contact des flammes en provenance d'une ouverture dans la toiture ou de fenêtres situées en contrebas du toit



II. écoulement de matériaux fondus, enflammés ou non, avec flammèches ou débris enflammés provenant d'un incendie extérieur sur une toiture ou d'une partie plus élevée du bâtiment

Écoulement de matériaux fondus, enflammés ou non, avec flammèches ou débris enflammés provenant d'un incendie extérieur sur une toiture ou d'une partie plus élevée du bâtiment

Afbeelding 12

L'objectif est de prévenir la création de foyers secondaires dus aux retombées de flammèches (en combinaison ou non avec un rayonnement de la chaleur et un vent). Dans l'éventualité où un foyer secondaire s'est créé sur une toiture, il y a lieu d'examiner le risque de perforation de cette dernière et le risque de chute, dans les locaux sous-jacents, de particules enflammées susceptibles de provoquer un nouvel incendie à l'intérieur du bâtiment.



Afbeelding 13 - Illustration de l'essai "test 1" de la NBN ENV 1187

Les critères relatifs à l'essai « test 1 » de la NBN ENV 1187 sont repris dans le tableau ci-dessous.

Tabel 7

Classe	Critères de classification
B <sub>ROOF</sub> (t1)	<p>L'ensemble des conditions suivantes doivent être satisfaites:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— propagation extérieure et intérieure du feu vers le haut &lt; 0,700 m,</li> <li>— propagation extérieure et intérieure du feu vers le bas &lt; 0,600 m,</li> <li>— longueur maximale brûlée extérieure et intérieure &lt; 0,800 m,</li> <li>— aucun matériau enflammé (gouttelettes ou débris) ne doit tomber depuis le côté exposé,</li> <li>— aucune particule enflammée/incandescente ne doit pénétrer la structure de la toiture,</li> <li>— aucune brèche isolée &gt; <math>2,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2</math>,</li> <li>— total de toutes les brèches &lt; <math>4,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2</math>,</li> <li>— la propagation latérale du feu n'atteint pas les bords de la zone de mesure,</li> <li>— pas de combustion interne sans flamme,</li> <li>— le rayon maximal de la propagation du feu sur des toitures «horizontales», externe et interne &lt; 0,200 m</li> </ul>
F <sub>ROOF</sub> (t1)	Aucune performance déterminée

Les critères relatifs aux essais « test 2 », « test 3 » et « test 4 » ne sont pas explicités dans le présent document étant donné qu'actuellement seule la classe B<sub>ROOF</sub> (t1) est demandée en Belgique. Le lecteur intéressé consultera les décisions 2001/671/CE et 2005/823/CE de la Commission européenne.

Les méthodes et les critères d'évaluation des 4 essais proposés dans la norme sont différents et pas directement comparables. En d'autres termes, il n'existe pas de hiérarchie entre les différentes classes et il convient de réaliser l'essai correspondant à la classe souhaitée ou exigée (une toiture classée B<sub>ROOF</sub> (t2) ne satisfait, par exemple, pas automatiquement à la classe B<sub>ROOF</sub> (t1))

Notons également que la Commission des Communautés Européennes a publié dans son Journal Officiel plusieurs décisions (2000/553/CE, 2005/403/CE et 2006/600/CE) concernant les performances des couvertures de toitures exposées à un incendie extérieur. Ces décisions fournissent des tableaux "Deemed to satisfy" de produits de couverture de toiture pouvant être considérés comme satisfaisant à l'ensemble des exigences énoncées ci-dessous sans qu'il soit besoin de procéder à des essais, sous réserve que soit remplie toute disposition nationale relative à la conception et à l'exécution des ouvrages. Certains revêtements de toiture dont le comportement au feu est bien connu et stable ne doivent ainsi pas être soumis aux essais prévus.

## b) La résistance au feu

La Commission a émis une décision (2000/367/CE modifiée par la décision 2003/629/CE) mettant en œuvre la directive 89/106/CEE du conseil en ce qui concerne la classification des caractéristiques de résistance au feu des produits de construction, des ouvrages de construction ou de parties de ceux-ci. La performance de résistance au feu des toitures est classée selon la norme de classification NBN EN 13501-2 (2004) *Classement au feu des produits de construction et des éléments de bâtiment - Partie 2: Classement à partir des données des essais de résistance au feu, services de ventilation exclus.*

La résistance au feu est l'aptitude d'un élément de construction à conserver, pendant une durée déterminée, la capacité portante, l'étanchéité au feu et/ou l'isolation thermique. La résistance au feu des éléments de construction aura pour objectif, durant un temps déterminé de limiter l'extension de l'incendie à d'autres espaces dans le bâtiment et d'assurer la stabilité de la structure. Le système de classification européen fait référence à plusieurs critères principaux (seuls les critères utilisés en Belgique sont repris ci-dessous)

- La *capacité portante R* est l'aptitude de l'élément de construction à supporter l'exposition au feu sous des actions mécaniques définies pendant un temps donné sans perte de stabilité structurale.
- L'*étanchéité au feu E* est l'aptitude d'un élément de construction ayant une fonction de compartimentage à résister à une exposition au feu sur un seul côté sans transmission au côté non exposé du fait du passage de quantités importantes de flammes ou de gaz chauds du feu vers le côté non exposé. Ils peuvent entraîner l'allumage soit de la surface non exposée au feu soit d'un matériau adjacent à cette surface.
- L'*isolation thermique I* est l'aptitude de l'élément de construction à résister à une exposition au feu sur un seul côté sans le transmettre par suite d'un transfert de chaleur important depuis le côté exposé vers le côté non exposé. La transmission doit être limitée de façon à ne pas enflammer la surface non exposée ni aucun matériau dans le voisinage immédiat de celle-ci. L'élément doit assurer également une isolation thermique suffisante pour protéger les personnes situées à proximité.

La résistance au feu s'exprime en minutes, précédées des lettres relatives aux critères principaux et additionnels, le cas échéant.

### **c) Les exigences réglementaires en matière de prévention contre les incendies en vigueur pour les toitures**

#### ***c.1. La performance des toitures exposées à un incendie extérieur***

##### *Exigences concernant les toitures exposées à un incendie extérieur*

L'annexe 5 de l'AR Normes de base (modification en 2009) impose en son article 8.1 que *les produits pour les revêtements de toit présentent les caractéristiques de la classe B<sub>ROOF</sub> (t1)*. En outre, l'article 8.2 stipule que *si les façades vitrées d'un bâtiment dominant des constructions, incluses ou non dans ce bâtiment, des avancées de toiture, des auvents, des ouvrages en encorbellement ou d'autres adjonctions, les matériaux superficiels de la couverture des toitures de ces ouvrages présentent la classe B<sub>ROOF</sub> (t1) sur une distance, à compter du pied de ces façades de 8 m au moins pour les bâtiments élevés et de 6 m au moins pour les bâtiments moyens et bas.*

Cette annexe 5 prévoit des dispositions transitoires en ce qui concerne l'exigence B<sub>ROOF</sub> (t1) pour les revêtements de toiture. Pour les produits de construction qui ne portent pas de marquage CE, les matériaux superficiels de la couverture des toitures qui sont A1 selon la classification belge de réaction au feu (NBN S 21-203) peuvent être utilisés en alternative à la classe B<sub>ROOF</sub> (t1). Cette disposition transitoire est d'application jusqu'au 2013.

L'annexe 6 de l'AR Normes de base relative aux bâtiments industriels (modification AR en avril 2009) impose en son article 6.6 que *le revêtement de toiture du bâtiment industriel appartient à la classe B<sub>ROOF</sub> (t1)*.

##### *Attestation de la performance d'un revêtement de toiture exposé à un feu extérieur*

La performance d'un revêtement de toiture exposé à un feu extérieur est attestée :

- 1° par les informations accompagnant le marquage CE ;
- 2° à défaut de marquage CE :
  - par un rapport de classement <sup>4</sup>
  - par les informations accompagnant un agrément BENOR et/ou ATG <sup>5</sup>

<sup>4</sup> établi par un laboratoire ou un organisme de certification d'un Etat membre de l'Union européenne ou d'un autre pays, partie contractante de l'accord relatif à l'Espace économique européen, présentant les garanties d'indépendance et de compétence telles qu'elles sont fixées dans les normes de la série NBN EN 45000, NBN EN 17000 ou NBN EN ISO/IEC 17025;

<sup>5</sup> ou une appréciation équivalente acceptée dans un autre Etat membre de l'Union européenne ou d'un autre pays, partie contractante de l'accord relatif à l'Espace économique européen, si les revêtements de toiture sont testés selon les essais décrits dans le système de classification repris dans la NBN EN 13501-5.

Certains revêtements de toiture dont le comportement au feu est bien connu et stable ne doivent pas être soumis aux essais prévus au et leur performance vis-à-vis d'un feu extérieur ne doit pas être attestée (cfr. supra §1.2).

## ***c.2. Résistance au feu des toitures***

### *Exigences concernant la résistance au feu des toitures*

L'arrêté royal *Normes de base incendie* impose pour les éléments structuraux de la toiture une capacité portante en cas d'incendie (critère R) minimale

- R 30 pour les bâtiments bas<sup>6</sup>
- R 60 pour les bâtiments moyens<sup>7</sup>
- R 120 pour les bâtiments élevés<sup>8</sup>
- R15 ou R30 pour les bâtiments industriels<sup>9</sup>

Les exigences portent sur la structure de la toiture.

L'arrêté royal *Normes de base incendie* demande en outre une certaine classe de résistance au feu des toitures dans certaines situations particulières :

#### *1. Pour les bâtiments moyens et élevés*

Si les façades vitrées d'un bâtiment moyen ou élevé dominant des constructions faisant ou non partie de ce bâtiment et si ces façades ne satisfont pas aux conditions de l'article 1.2 (point 2) de l'annexe 3 (bâtiment moyen) ou de l'annexe 4 (bâtiment élevé), les toitures de ces constructions satisfont aux conditions suivantes :

Distance horizontale à partir des façades, a	Exigences en matière de résistance au feu
a < 1 m	EI 60
1 m < a < 5 m	E 60

*Tabel 8 - Exigence de résistance au feu des toitures en contrebas de façades vitrées (pour bâtiments moyens)*

<sup>6</sup> Pas d'exigences pour les éléments structuraux de la toiture si elle est séparée du reste du bâtiment par un élément de construction EI 30.

<sup>7</sup> Cette exigence n'est pas d'application si le plancher sous toiture présente REI 60 et si l'accès éventuel à l'espace sous toiture, qui doit être vide, se fait par des portes ou trappes présentant EI<sub>1</sub> 30.

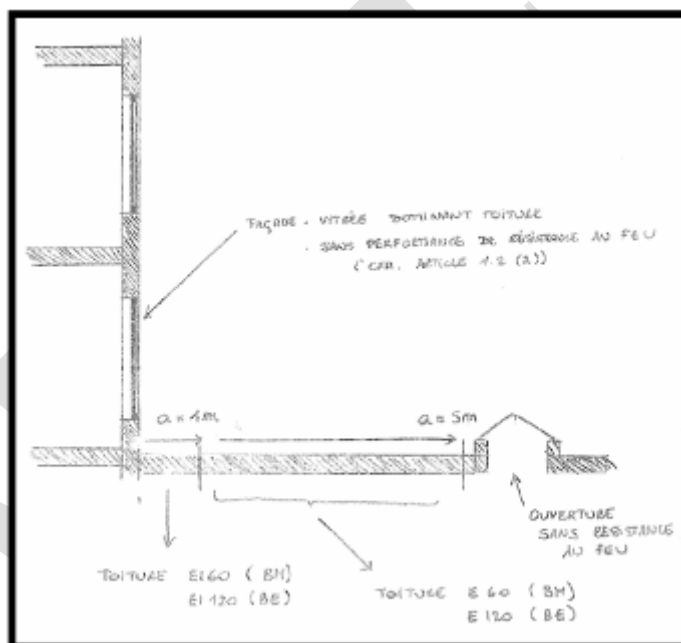
<sup>8</sup> Cette exigence n'est pas d'application si le plancher sous toiture présente REI 120 et si l'accès à l'espace sous toiture, qui doit être vide, se fait par des portes ou trappes présentant EI<sub>1</sub> 60.

<sup>9</sup> Si les éléments de la structure de la toiture sont des éléments structurels de type I (voir définition dans l'Annexe 6 de l'AR *Normes de base incendie*, leur stabilité au feu est portée à R60 (classe A) ou R120 (classes B et C)

Distance horizontale à partir des façades, a	Exigences en matière de résistance au feu
a < 1 m	EI 120
1 m < a < 5 m	E 120

Tabel 9 - Exigence de résistance au feu des toitures en contrebas de façades vitrées (pour bâtiments élevés)

Notons que les lanterneaux, aérateurs, exutoires de fumée ou ouvertures éventuels qui n'ont pas la résistance au feu requise pour la toiture (voir tableaux ci-dessus) devront se situer à une distance horizontale à partir des façades de plus de 5 m ou avoir une superficie totale  $\leq 100 \text{ cm}^2$ .



Afbeelding 14 – Illustration des exigences pour les toitures surplombées par des façades vitrées (bâtiments moyens et élevés)

## 2. Pour les bâtiments industriels

Mentionnons également que selon l'Annexe 6 (relative aux bâtiments industriels), le raccordement de la paroi du compartiment avec la toiture est conçu et réalisé de manière à ce que, en cas d'incendie, le risque d'extension de l'incendie et de la fumée au compartiment voisin soit limité. En toiture, cela peut être réalisé d'une des deux façons suivantes :

- soit la paroi du compartiment dépasse d'au moins 1 m la toiture
- soit la paroi du compartiment est raccordée à la toiture qui présente E 60 ou E120 (en fonction de la résistance au feu exigée pour la paroi) sur une distance

horizontale minimale de 2 m des deux côtés de la paroi de compartimentage. Cette partie de la toiture, à l'exception de la couche d'étanchéité de la toiture, est construite en matériaux non-combustibles.

Attestation de la performance de résistance au feu des toitures

Selon l'arrêté royal *Normes de base incendie* (modification du 13-6-2007), la performance en matière de résistance au feu d'un élément de construction est attestée

1° par les informations accompagnant le marquage CE

2° à défaut de marquage CE pour les caractéristiques en cause, le classement est attesté

- par un rapport de classement<sup>10</sup> Ce rapport est basé
  - soit sur un ou des essais selon la norme européenne pertinente (voir norme de classification NBN EN 13501-2),
  - soit sur une analyse de résultats d'essai conduisant à un domaine d'application déterminé
- soit sur un ou des essais effectués selon la norme NBN 713-020,
- par une note de calcul élaborée selon une méthode de calcul agréée par le Ministre de l'Intérieur selon la procédure et les conditions qu'il détermine
- par les informations accompagnant un agrément BENOR/ATG<sup>11</sup>.

*d) Synthèse des exigences réglementaires de l'arrêté royal Normes de base incendie*

Tabel 10

Exigences applicables aux toitures	Bâtiment bas	Bâtiment moyen	Bâtiment élevé	Bâtiment industriel
<b>Performance vis-à-vis d'un feu extérieur</b>				
	B <sub>ROOF</sub> (t1) *	B <sub>ROOF</sub> (t1) *	B <sub>ROOF</sub> (t1) *	B <sub>ROOF</sub> (t1)
<b>Résistance au feu</b>				
Cas général	R 30	R 60	R 120	R 15 ou R 30 **
Toiture surplombée par une façade vitrée	--	REI 60 (0-1m) RE 60 (1-5m) R 60 (>5m)	REI 120 (0-1m) RE 120 (1-5m) R 120 (>5m)	--

\* ou classe belge de réaction au feu A1 jusqu'au 1-1-2013 pour les produits non soumis au marquage CE

\*\* ou R60 (classe A) ou R120 (classe B et C) si la structure de la toiture est un élément structurel de type I

De eisen m.b.t. brandveiligheid voor daken hebben vooral een impact op de binnenafwerking en de dakbedekking. Het brandgedrag van het isolatiemateriaal zelf speelt een ondergeschikte rol. Om de eis voor laagbouw te halen (R30) volstaat bv. een

<sup>10</sup> Cfr. note 3 de bas de page

<sup>11</sup> Cfr. note 4 de bas de page



Renovatie van woningen naar lage energiebehoefte – LEHR

**DRAFT VERSIE: NIET VOOR VERSPREIDING**

7/01/2010

dubbele plaat in gipskarton van 9,5 mm of een enkele plaat van 9,5 mm met glasvezelwapening. Wanneer men de weerstand tot bezwijken bij brand van de kepers of spanbeneden meetelt (ca. 10 à 15 minuten) dan blijkt een R 30 haalbaar met de courant gebruikte (ongewapende) gipskartonplaten van 12,5 mm (R = 20 minuten).

Het is belangrijk om de regels na te leven m.b.t. de minimale afstand tussen timmerwerk (brandbaar materiaal) en oppervlakken in het dak die op hoge temperatuur kunnen komen, zoals de binnenwand van een schoorsteen (doorgaans volstaat 15 cm tussen de binnenzijde van het schoorsteenkanaal en het element in hout) of een doorvoerleiding van een zonnecollector (dient geïsoleerd te worden met een niet-brandbaar isolatiemateriaal, bv. buisisolatie in minerale wol).

## **G) Stabiliteit**

Het na-isoleren van daken verhoogde het eigengewicht van het dak. Indien enkel isolatie, en een binnenafwerking toegevoegd wordt, is de bijkomende belasting (grootte-orde ca. 0.10 kN/m<sup>2</sup>) relatief gering t.o.v. de bestaande belasting (vooral bepaald door het timmerwerk en de dakbedekking, grootte-orde ca. 0,75 kN/m<sup>2</sup>).

Rekening houdend met de veiligheidsfactoren die bij de berekening in rekening gebracht worden (voor permanente belasting 1,35), leidt het na-isoleren van daken doorgaans niet tot problemen door de vergroting van de mechanische belasting op de onderstructuur.

Aandacht moet besteed worden aan volgende situaties:

- verandering van de plaats en grootte van de belastingen op de onderliggende draagstructuur door wijziging van het type draagstructuur (bv. sporenspondendak met I-liggers i.p.v. gordingendak, of gordingendak i.p.v. sporenspondendak); dit kan leiden tot puntlasten waarop de constructie niet voorzien is
- relatief grootte toename van het eigengewicht (bv. dikke laag houtvezel-isolatieplaten + nieuwe dakbedekking in tegelpannen) in gebieden met geringe grondweerstand (bv. alluviale zone, in de nabijheid van waterlopen); in het bijzonder bij ongelijkmatige wijziging van de belasting (bv. toename van het eigengewicht op één plaats, afname op een andere plaats) wat tot differentiële zettingen zou kunnen leiden
- grote geconcentreerde lasten op het dak of zoldervloer door nieuwe technische installaties (bv. opslagvat zonnecollector)

In geval van twijfel is het aangeraden om een studie te laten uitvoeren door een terzake onderlegd stabiliteitsingenieur.

## H) Duurzaamheid van het daktimmerwerk



*Afbeelding 15 – voorbeeld van een bestaande kapconstructie vóór na-isolatie van het dak*

Hout kan aangetast worden door schimmels (rotten van het hout) en door insecten. Het daktimmerwerk dient dus passend beschermd te worden tegen deze twee potentiële aantastingen.

Bij het niet-correct isoleren van een dak kan op termijn schimmelaantasting ontstaan door het herhaaldelijk optreden van condensatie aan de buitenzijde van het isolatiepakket (bv. door een te dampdicht (ersatz-)onderdak aan de buitenzijde van de isolatielaag of een te damp- of luchtopen damp- en luchtremmende laag aan de binnenzijde), terwijl voorheen het timmerwerk soms relatief droog bleef door een permanente luchtstroom van binnen naar buiten, over de houten elementen. Door een correcte dakopbouw en zorgvuldige uitvoering kan de kans op condensatie tot een minimum herleid worden. In dat geval kan houtrot in principe enkel ontstaan door een te laat opgemerkte, langdurige infiltratie doorheen de dakbedekking (doordat bv. een pan afgewaaid is of een aansluiting tussen het dak en een schoorsteen losgekomen is), wat voorkomen kan worden door een voldoende regelmatige inspectie van de dakbedekking. Aantasting door insecten daarentegen is onafhankelijk van de samenstelling van het dak en kan dus nooit volledig uitgesloten worden. Wanneer daktimmerwerk langs onder afgewerkt wordt (bv. met gipskartonplaat) is de visuele controle op aantasting door insecten niet meer mogelijk. De kans dat een insect – gelet op de doorgaans erg kleine afmetingen - z'n weg vindt naar het daktimmerwerk is - bij een courante uitvoeringskwaliteit van onderdak en binnenafwerking – nooit volledig uit te sluiten. Gelet op de in verhouding tot de oorzaak vrij belangrijke mogelijke gevolgen van een dergelijke aantasting (impact op de stabiliteit van de constructie), is een gepaste duurzaamheid van het daktimmerwerk geen overbodige luxe.

Bij het na-isoleren van daken wordt daarom aangeraden om na te gaan of de houtsoort gebruikt voor het timmerwerk een voldoende natuurlijke duurzaamheid heeft. Hierbij gelden dezelfde regels als voor daktimmerwerk bij nieuwbouw (cf. NBN EN 350, ref. 12). Zo kan spintvrij oregon gebruikt worden zonder preventieve verduurzamingsbehandeling omdat het kernhout behoort tot duurzaamheidsklasse III. Ook spintvrij Europees eiken hoeft niet behandeld te worden, want het kernhout behoort tot duurzaamheidsklasse II-III. Wanneer men het hout niet wenst te behandelen, is het zeer belangrijk om te controleren dat er geen spinthout in het daktimmerwerk voorkomt, daar dit steeds slechts tot duurzaamheidsklasse V behoort, (“niet duurzaam”). In de meeste gevallen bevat timmerhout zowel kern- als spinthout.

Indien het hout een onvoldoende natuurlijke duurzaamheid heeft, of wanneer hierover geen zekerheid is (wanneer bv. niet duidelijk is welke houtsoort gebruikt werd), wordt aanbevolen het daktimmerwerk preventief te verduurzamen op basis van de producten/systemen die ter beschikking staan voor een dergelijke toepassing (cf. STS 04.3, ref. 13).

Doorgaans zal de enige mogelijke verduurzamingstechniek eruit bestaan de toegankelijke delen van het hout te bestrijken met een passend product (cf. regels voor timmerwerk bij nieuwbouw), waarbij de bemerking dient gemaakt te worden dat een dergelijke oppervlakkige behandeling meestal niet voldoende is om houtrot volledig uit te sluiten. De zijde van de kepers of spantbenen aan de koude kant (kant dakbedekking) zal vaak niet meer behandeld kunnen worden. Wanneer later het dak vernieuwd wordt, kan de bovenzijde van deze elementen alsnog behandeld worden, wat aanbevolen wordt.

Indien men bij renovatie of bij het ontmantelen van een vroegere afwerkingslaag merkt dat houten onderdelen aangetast zijn, moeten ze curatief behandeld moeten worden. Als de aantasting van die aard is dat ze hun functie niet meer kunnen vervullen, kan het noodzakelijk zijn ze te vervangen door nieuwe elementen, die voldoende duurzaam zijn (door keuze van hout met een passende duurzaamheidsklasse of door een preventieve verduurzamingsbehandeling).

## **I) Veiligheid**

Bij het werken aan daken dienen de veiligheidsvoorschriften van het NAVB nageleefd te worden. In het bijzonder dienen maatregelen genomen te worden om het risico op vallen te minimaliseren. Bij het afbreken van schoorstenen kunnen gevaarlijke situaties ontstaan (vallen van brokstukken, ...). De risico's dienen steeds in kaart gebracht te worden en de nodige maatregelen genomen, bv. ter bescherming van aanpalende constructies of voertuigen of om te verhinderen dat er brokstukken op personen terecht komen.

Een belangrijk aandachtspunt is voorts de bescherming van de onderliggende constructies tegen infiltraties tijdens de werken. Gelet op de mogelijk grote gevolgen voor de bewoners en de eventuele gevolgen voor de aannemer, is het aangeraden op dat

vlak geen enkel risico te nemen en ten allen tijde een passende tijdelijke regendichtheid te voorzien (dekzeil, tijdelijke overkapping, ...)

## 1.2 Analyse bestaande toestand

---

Alvorens de werkzaamheden te plannen moet de bestaande toestand zorgvuldig geanalyseerd worden. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van onderstaanden checklist.

- Vorm van het dak: hellend/plat
- Onderdelen
  - dakbedekking: type? dampopen/dampdicht?
  - Goten: toestand? Binnengoot aanwezig?
  - Eventueel onderdak: aanwezig? Type? Dampdichtheid? (bv. microgeperforeerd > vermoedelijk relatief dampdicht) Staat? (bv. folie, verpulverd door onvoldoende UV-weerstand)
  - Daktimmerwerk: type (gordingendak/sporensantendak?), sectie elementen (bv. kepers), h.o.h. afstanden tussen de elementen (bv. keperafstand), stabiliteit (elementen correct gedimensioneerd en verbonden voor opname toekomstige belastingen?), Duurzaamheid? Brandveiligheid (afstand t.o.v. schoorsteen)
  - Isolatie: reeds aanwezig of niet? Type? Dikte? Continuïteit? Staat? (isolatie nog bruikbaar of niet (vochtproblemen geweest?))
  - Lucht- en dampremmende laag: reeds aanwezig of niet? Type? Dikte? Continuïteit? Staat? (luchtdichtheid? doorboord, aansluitingen op muren, ...?)
  - Binnenafwerking: aanwezig of niet? Type? Dikte? Staat?
- Algemene toestand van het dak
  - Vochtproblemen? Onderzijde dak droog? Toestand goten? Sporen van oude vochtproblemen?
  - Potentiële koudebruggen (bv. houten balken, muurvoet, schoorsteen, muurankers, muren in zolderruimte of kopse gevel of ...), inschatting risico's bij dakisolatie
- Aansluiting op andere bouwcomponenten
  - muren die op het dak aansluiten: materiaal, positie isolatie en luchtscherm
  - schoorsteen: materiaal, aansluiting op dakbedekking, toestand

Een belangrijk gegeven is de aanwezigheid van een onderdak. Hierna wordt aangegeven hoe men best tewerk gaat wanneer er geen onderdak aanwezig is en wanneer er wel één aanwezig is.

### Dak zonder onderdak



*Afbeelding 16 – voorbeeld van een hellend dak zonder onderdak*

Het onderdak speelt een belangrijke rol in de dakopbouw. Het draagt bij tot de winddichtheid van het dak en verhindert luchtstromingen doorheen en achter de isolatielaag. Het verhindert dat water dat occasioneel doorheen de dakbedekking dringt (bv. bij hevige regenval en wind, bij het wegwaaien van een pan, bij het open komen van de aansluiting van het dak op een schoorsteen, ...) de isolatie en binnenafwerking kan bevochtigen. Het zorgt er ook voor dat de isolatie niet nat kan worden door condensatie op de onderzijde van de dakbedekking of door smeltende stuifsnieuw die door de wind doorheen de pannen geblazen wordt. Het onderdak verhindert tenslotte dat er stof doorheen het dak in de binnenruimte komt.

Het is dus duidelijk dat de plaatsing van een onderdak sterk aangeraden wordt.

Door een dak te isoleren, worden de temperatuurcycli (vorst/dooi) in de dakbedekking versterkt, wat kan leiden tot schade (bv. barsten), voornamelijk bij oude of recup dakpannen. De vorstweerstand van oude pannen kan immers beduidend kleiner zijn dan die van hedendaagse pannen. Om die reden kan een vervanging van de dakbedekking noodzakelijk zijn, wat de plaatsing van een onderdak mogelijk maakt<sup>12</sup>.

Indien het plaatsen van een onderdak in een specifieke situatie niet mogelijk is, wordt aangeraden om een ersatz-onderdak [FR: ersatz de sous-toiture] te plaatsen. Deze bestaat uit een soepele folie die langs binnen aan de onderzijde van het dak bevestigd wordt, op de plaats waar normaal een onderdak zou moeten zitten. Op die manier kan de

<sup>12</sup> De bepaling van de vorstweerstand van oude pannen is in de praktijk niet altijd eenvoudig. Men kan zich een algemeen beeld vormen van de staat van de pannen door met een hard voorwerp (bv. metalen staaf) op de pannen te slaan. Als ze helder klinken, is het keramisch materiaal nog in goede staat, als ze dof klinken is dit wellicht niet meer het geval. Indien type en oorsprong van de pannen gekend is, kan men zich informeren bij de fabrikant van de pannen. Men kan ook een vorstproef laten uitvoeren in labo. Dit biedt de meeste zekerheid maar zal in de praktijk enkel haalbaar zijn, als de kost opweegt tegen de baten, bv. in het geval van een restauratieproject van zekere omvang. Wanneer de vorstweerstand van oude pannen niet met voldoende zekerheid bepaald kan worden, is het aangeraden om de pannen te vervangen.

isolatie en de binnenafwerking beschermd worden tegen de invloeden van het buitenklimaat, voor zover deze – occasioneel en/of in beperkte mate - doorheen de dakbedekking voelbaar zijn (water, stuifsnieuw, wind, stof).

De ersatz-onderdakfolie dient dampopen te zijn. Ze moet zo geplaatst worden dat vocht dat op de bovenzijde van het ersatz-onderdak terecht komt, afgevoerd wordt naar de dakgoot, en het timmerwerk zo weinig mogelijk nat wordt (dit kan immers aanleiding geven tot houtrot). In het geval van gordingendaken kan er een strook onderdakfolie aangebracht worden telkens tussen twee kepers, van nok tot muurplaat. Deze loopt zo mogelijk in één stuk door, over de gordingen heen (tussen gording en dakbedekking). Om houtrot door langdurig herhaalde bevochtiging te voorkomen, is het belangrijk dat het ersatz-onderdak in de goot afwatert en niet op bv. de muurplaat of een houten zoldervloer. Dit kan door het uiteinde van het ersatz-onderdak onderaan het dak, te plaatsen tussen de dakbedekking en de bovenzijde van de gootbekleding, waarbij het ersatz-onderdak de gootbekleding zo mogelijk een tiental centimeter overlapt. Indien dit van binnenuit niet met voldoende zekerheid realiseerbaar is (bv. wanneer de gootbekleding niet zichtbaar is en er onzekerheid is over de precieze positie ervan) kunnen aan de buitenzijde van het dak tijdelijk een paar rijen pannen of leien afgenomen worden. Opgelet: indien de dakbedekking bestaat uit oude kunstleien is er kans dat deze asbestvezels bevatten<sup>13</sup>. In dat geval moeten bij de ontmanteling van deze leien de wettelijk vereiste voorzorgsmaatregelen in acht genomen worden (zie ref. 10). Leien uit asbestcement mogen bovendien niet herplaatst worden. Het Koninklijk Besluit van 23 oktober 2001 bepaalt immers een totaal verbod op het gebruik van asbest. Hierin is ook het herbruik van oude AT-producten vervat. U kunt dus opteren om asbestleien ter plaatse te laten of ze af te nemen en ze na de isolatie-werkzaamheden te vervangen door nieuwe, asbestvrije leien (voor zover er nieuwe leien gevonden kunnen worden van hetzelfde formaat als de oude).

Indien het niet mogelijk is om in één stuk te werken van nok tot muurvoet, worden de banen in overlappingsen geplaatst volgens de regels voor overlapping van onderdaken (zie technische voorlichtingen over het plaatsen van dakbedekkingen, o.a. TV 202 en TV 219).

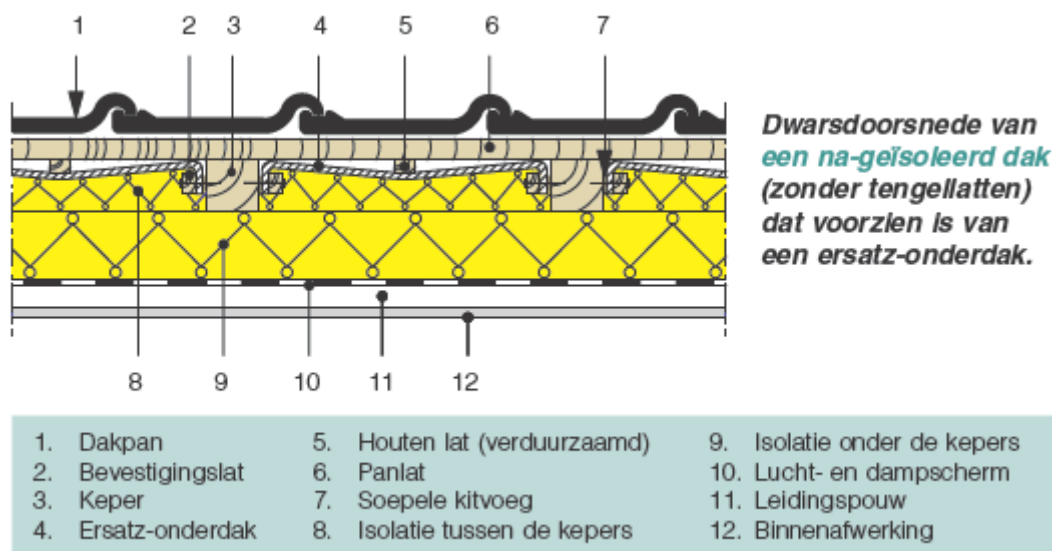
De folie wordt tegen de kepers bevestigd op zo'n manier dat eventueel zijdelings aflopend water de kepers niet kan bevochtigen. Om dit te bereiken moet het water daarvoor idealiter aflopen naar het midden van de ersatz-onderdakbaan. Dit kan gerealiseerd worden door een houten lat met geringe hoogte (bv. 15 mm)<sup>14</sup> te nagelen tegen de panlatten in het midden tussen de kepers, zodanig dat deze lat het ersatz-onderdak op die plaats naar beneden drukt (lager dan aan de randen van het ersatz-onderdak, ter plaatse van de bevestiging tegen de kepers, zie afbeelding). Omdat het

<sup>13</sup> Asbesthoudende leien werden in België toegepast tot 1998. Om te bepalen of leien al dan niet asbest bevatten hoeft u dit niet noodzakelijk in het labo laten onderzoeken. Aan de hand van een beslissingsboom zoals opgenomen in de brochure “Asbest in en om het huis” uitgegeven door de Vlaamse overheid (ref. 11) kunt u reeds een vrij betrouwbare indicatie krijgen, die vaak volstaat om uw aanpak van de renovatie te bepalen.

<sup>14</sup> In de plaats van een houten lat kunnen natuurlijk ook andere elementen toegepast worden (bv. kunststof buizen). Voorwaarde is enkel dat deze elementen voldoende duurzaam en gemakkelijk te bevestigen zijn.

water dat eventueel doorheen de pannen dringt en op het ersatz-onderdak terecht komt door deze opbouw naar die lat gevoerd wordt, is het belangrijk dat deze verduurzaamd is. De isolatie wordt naderhand tegen het ersatz-onderdak aangebracht, zodanig dat geen luchtspouw blijft tussen isolatie en onderdak.

De ersatz-onderdakfolie wordt zijdelings op de kepers bevestigd m.b.v. klemlatten die genageld worden op de kepers. Als alternatief kan de folie op de kepers geniet worden; in dat geval is het van belang dat de nieten zo dicht mogelijk tegen de bovenrand van de kepers geplaatst worden zodat eventueel aflopend water niet naar de kepers kan stromen, maar naar het midden van het ersatz-onderdak, dus weg van de kepers. De waterdichtheid van de voeg tussen folie en hout kan verbeterd worden d.m.v. een kitvoeg. Deze kan ook handig zijn bij de bevestiging van de folie op de kepers (om de folie voorlopig op z'n plaats te houden tijdens het aanbrengen van de klemlatten of nieten).



Afbeelding 17

Een ersatz-onderdak is beter dan geen onderdak. Toch moet de aandacht van de opdrachtgever gevestigd worden op het voorlopige karakter van het ersatz-onderdak en de beperkingen ervan. Een ersatz-onderdak geeft niet dezelfde veiligheid t.o.v. infiltraties als een onderdak. Wanneer later de dakbedekking vernieuwd wordt, moet dus zeker een volwaardig onderdak geplaatst worden (langs buiten, bovenop het ersatz-onderdak of een eventuele extra isolatielaag bovenop het daktimmerwerk).



Afbeelding 18 – na-isoleren zonder (ersatz-) onderdak: af te raden

Wanneer een deel van het dak een zolderruimte en een ander deel van het dak onderliggende kamers overdekt, stelt zich een specifieke situatie, waarbij het eventuele nieuwe onderdak niet van de nok tot de dakvoet kan doorgetrokken worden (zonder ontmanteling van de binnenafwerking). In dit geval wordt aangeraden om het volledige dak langs buiten na te isoleren. Eventueel kan in de zolderruimte extra isolatie aangebracht worden langs binnen.

#### Dak met onderdak

Wanneer er tussen de dakbedekking en het timmerwerk een folie aanwezig is, is het in veel gevallen niet meer te achterhalen om welk product het gaat en wat de damptransmissieweerstand is. Als deze folie relatief dampdicht zou zijn (bv. microgperforeerd of bitumenpapier) zou het isoleren van de binnenkant van het dak er toe leiden dat de dakconstructie opgesloten zit tussen twee dampremmende lagen. De kans op vochtproblemen, en daarmee het rotten van de constructie, is groot. In dat geval is het best om het dak langs buiten te isoleren, waarbij men aan de binnenzijde nog een extra laag mag toevoegen met een warmteweerstand niet groter dan de helft van deze aan de buitenzijde. Indien buitenisolatie niet mogelijk is, is het noodzakelijk om aan de binnenzijde van de isolatielaag een voldoende performante dampremmende laag aan te brengen (damptransmissieweerstand hoger dan hetgeen in het meest negatieve geval verwacht kan worden van damptransmissieweerstand van het bestaande onderdak).

Een ander risico met bestaande onderdaken is het zogenaamde “tenteffect”, dit is de mogelijkheid op waterdoorslag bij contact tussen de folie en een vast materiaal, bv. de isolatie. Bepaalde oudere onderdaken kunnen dit fenomeen vertonen. Indien dit risico bestaat, is het aangeraden om een spouw te laten tussen isolatie en onderdak. De breedte

van deze spouw is zo minimaal mogelijk, ze wordt niet geventileerd, om de impact van eventuele luchtstromen in deze spouw op de isolatie te minimaliseren.

## **1.3 Overzicht na-isolatietechnieken voor daken**

---

### **1.3.1 Na-isolatie van hellende daken**

Hellende daken kunnen in principe van een isolatielaag voorzien worden boven, tussen of onder het timmerwerk. Dit zijn de drie theoretische basisposities. Om de beoogde U-waarde te behalen zal meestal een combinatie van deze basisposities nodig zijn. De voornaamste scenario's voor renovatie van woningen naar lage energiebehoefte worden hierna toegelicht.

#### 1.3.1.1. Scenario 1: combinatie isolatie tussen en onder het timmerwerk

*Wanneer interessant?*

Deze oplossing is relatief goedkoop, omdat het niet nodig is de dakbedekking af te nemen om de isolatie te plaatsen. De isolatie kan langs binnen aangebracht worden. Deze oplossing is echter niet toepasbaar wanneer de bestaande binnenafwerking behouden moet blijven (omdat bv. de ruimten onder het dak bewoond worden of het interieur een bepaalde waarde heeft, bv. cultuurhistorisch). Ze heeft het nadeel dat de ruimte onder het dak verkleint. Bij een sporensantendak heeft men reeds relatief veel ruimte tussen de spantbenen (doorgaans ca. 18 cm). Het perfect aanbrengen van een lucht- en dampremmende laag langs de onderzijde van het dak is moeilijker dan langs de bovenzijde van het dak (zoals bij het sarkingdak); de aansluitingen op de lucht- en dampremmende laag in de muren is echter makkelijker.

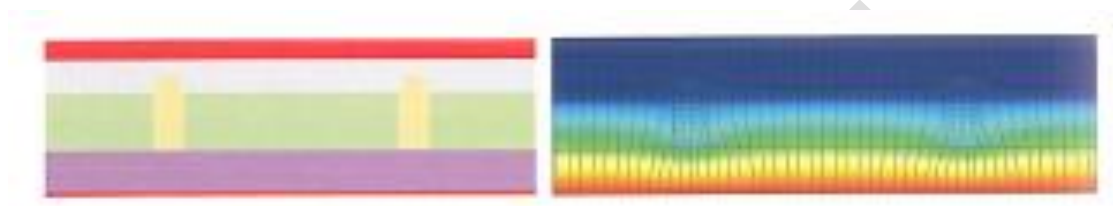
*Hoe?*

Wanneer de hoogte van de kepers of sporensantbenen groot genoeg zijn (10 à 20 cm) is doorgaans een extra isolatielaag aan de onderzijde met een dikte van ca. 10 cm genoeg om de beoogde U-waarde te bereiken.

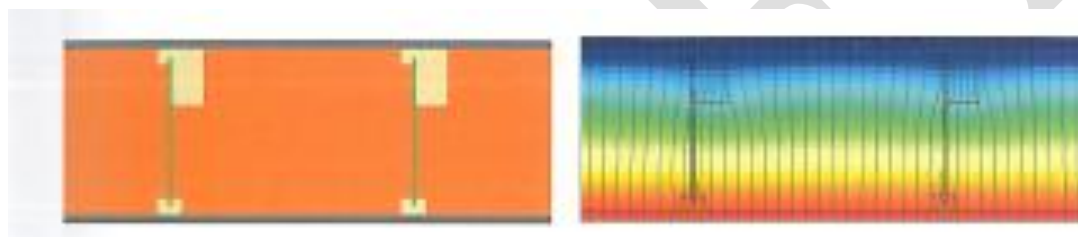
Als alternatief kan het timmerwerk langs de onderzijde verhoogd worden d.m.v. planken of platen (bv. OSB), waardoor de holle ruimte tussen deze elementen toeneemt en de vulling van deze ruimte met een isolatiemateriaal dat ingeblazen wordt, een gewenste thermische weerstand voor het dak oplevert. De eventuele beplating langs de onderzijde (bv. OSB) kan gebruikt worden als lucht- en dampremmende laag (voegen tussen de platen onderling en tussen de platen en de aansluitende muren, moeten verkleefd

worden). Indien een folie gebruikt wordt als lucht- en dampremmende laag, is het aangeraden om een latwerk te plaatsen tegen de onderzijde van deze folie, om de folie te steunen bij het inblazen van de isolatie (en bij een eventuele pressurisatietest). De ruimte tussen deze latten kan aangewend worden als leidingspouw.

Gezien bij deze oplossing de ruimte onder het dak sterk verkleind wordt, wordt deze minder vaak toegepast.



Afbeelding 19 - Voorbeeld van een dakopbouw met isolatie tussen en onder de kepers



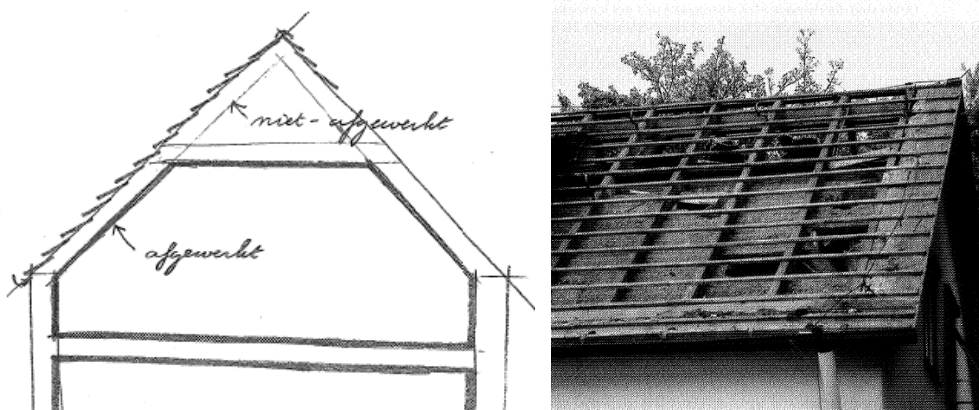
Afbeelding 20 - Voorbeeld van een dakopbouw met isolatie tussen en onder de kepers: variante met ingeblazen isolatie

### 1.3.1.2. Scenario 2: Combinatie isolatie tussen en boven het timmerwerk

*Wanneer interessant?*

Een combinatie van isolatie tussen en op het timmerwerk is aangewezen.

- wanneer de dakbedekking vernieuwd moet worden, of
- wanneer dit nog niet echt nodig is maar interessant is voor de waarde van het gebouw op langere termijn, of
- wanneer er een aan de onderzijde van het dak een binnenafwerking aanwezig is die men bij voorkeur niet wenst te verwijderen (bv. omdat ruimten onder het dak bewoond zijn); dit kan ook over een deel van het dak zijn (cf. tekening en foto hieronder); een ersatz-onderdak is in dit geval niet mogelijk, waardoor isolatie langs boven de enig mogelijke oplossing is wanneer een onderdak ontbreekt.



*Afbeelding 21 - Voorbeeld van een dakopbouw waar alleen isolatie tussen en aan de buitenzijde van het timmerwerk mogelijk is (indien de binnenafwerking aan de onderzijde van het dak niet verwijderd mag worden).*

### Hoe?

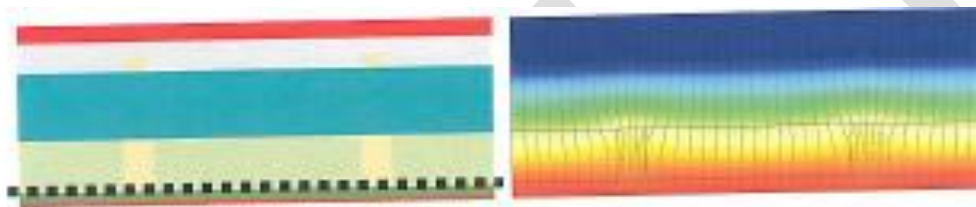
Voor de isolatielaag tussen de kepers of spantbenen is soepele isolatie aangewezen. (bv. minerale wol). Deze sluit beter aan tegen het timmerwerk (minder kans op voegen of holtes tussen isolatiemateriaal en hout) en komt de akoestische isolatie van het dak ten goede.

Voor de keuze van het isolatiemateriaal voor de sarkinglaag (isolatie aan de bovenzijde van het timmerwerk) is de druksterkte van de isolatie van belang. Doorgaans wordt gekozen voor stijve isolatiematerialen (bv. PUR, EPS, RF, cellenglas). Gezien een aantal van deze materialen (PUR, RF) relatief lage lambda-waardes hebben, biedt dit het bijkomend voordeel dat de laagdikte beperkt kan worden. Minerale wol kan ook toegepast worden, voor zover de druksterkte voldoende hoog is. Wanneer de ruimte tussen het timmerwerk opgevuld wordt met isolatie en een sarkinglaag van ca. 20 cm toegevoegd wordt, is het doorgaans mogelijk om U-waardes in de grootte-orde van 0,10 à 0,15 W/m<sup>2</sup>K te behalen. Tegenwoordig is isolatie voor sarkingdaken beschikbaar in diktes tot ca. 20 cm.

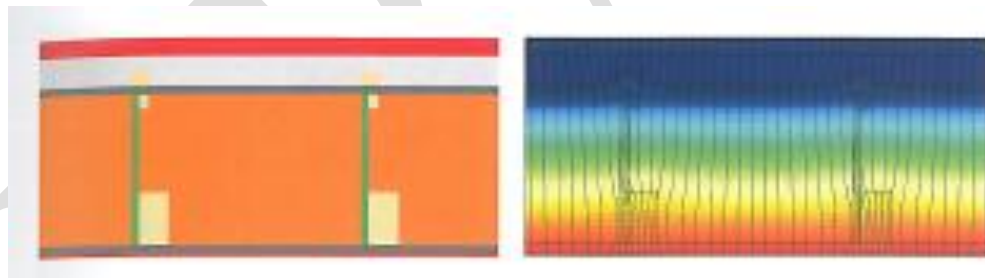
Aan de onderzijde dient een luchtremmende laag aanwezig te zijn. Indien de bestaande afwerking behouden blijft, moet de luchtdichting gecheckt en zo nodig verbeterd worden (bv. door afkleven van luchtlekken van bovenaf). Gezien de damptransmissieweerstand van de isolatielagen die aan de buitenzijde van het dak toegevoegd worden mogelijk groter is dan deze van de binnenafwerking, is het aangeraden om via een Glaserberekening te onderzoeken of een dampremmende laag aan de onderzijde van de isolatie noodzakelijk is en wat de damptransmissieweerstand van deze laag moet zijn. In de meeste gevallen (bv. wanneer de sarkinglaag opgebouwd is uit een dampdichte materiaal) is een dampremmende laag (bv. PE-folie) nodig, die langs boven op en tussen de kepers/spantbenen wordt geplaatst. Indien de thermische weerstand van de sarkinglaag gelijk is aan minstens het dubbele van deze van de laag tussen het timmerwerk, kan de lucht- en dampremmende laag aangebracht worden tussen de sarkinglaag en de isolatielaag tussen het timmerwerk (dus aan de onderzijde van de

sarkinglaag) wat de plaatsing ervan een stuk gemakkelijker maakt, zeker wanneer op die plaats een bebording aanwezig is of geplaatst wordt.

Als alternatief voor de hiervoor geschetste opbouw, kan ook geopteerd worden om de hoogte van de holle ruimte tussen het timmerwerk te vergroten door het plaatsen van balken of platen tegen de zijkant van de bestaande kepers (zie afbeelding hierna) en deze in te blazen met isolatie (bv. op basis van cellulose). Men kan ook opteren voor de vervanging van kepers of spantbenen door bv. I-liggers. Deze kunnen volgens de helling van het dak geplaatst worden, maar ook horizontaal, van zijmuur tot zijmuur. Indien de hoogte van de houten elementen vrij groot wordt (bv. door keuze voor houten I-liggers) wordt het traagheidsmoment van deze elementen immers groot genoeg om deze overspanning in één keer te maken, en is het niet nodig om een tweevoudige draagstructuur te plaatsen (gordingen + kepers). Een laag van 40 cm met een lambda-waarde van ca. 0,040 W/mK levert een U-waarde op van grootte-orde 0,10 W/m<sup>2</sup>K.



Afbeelding 22 - Voorbeeld van een dakopbouw met isolatie tussen en bovenop de kepers



Afbeelding 23 - Voorbeeld van een dakopbouw met isolatie tussen en bovenop de kepers: variante met ingeblazen isolatie

### 1.3.1.3. Scenario 3: Combinatie isolatie boven, tussen en onder het timmerwerk

*Wanneer interessant?*

Deze oplossing is relatief duur, omdat het een drielaagige opbouw betreft. Het kan een interessante oplossing zijn in bepaalde gevallen waarbij men een extreem goede thermische weerstand wil bekomen en twee lagen (de hierboven geschetste scenario's 1 of 2) ontoereikend zijn, bv. omdat men teveel ruimte verliest lang de

binnenkant, bij scenario 1, of omdat men het dak langs buiten te veel zou verhogen, bij scenario 2, en dit niet toegelaten is door de dienst Ruimtelijke Ordening bv.).

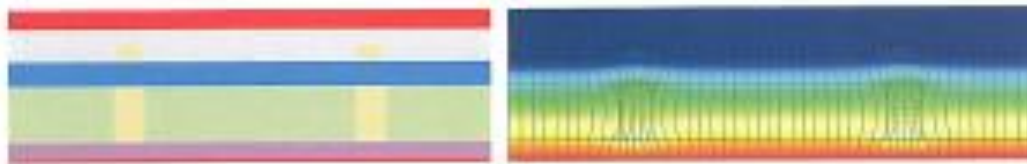
Wanneer gekozen wordt voor een prefab isolatieplaat, voorzien van een afwerkingslaag (bv. gipskartonplaat) kan de kostprijs van deze oplossing toch redelijk zijn, omdat verdere afwerking achterwege gelaten kan worden.

*Hoe?*

De onderste laag isolatie dient in principe (op zich) dampdicht te zijn, of aan de onderzijde voorzien van een lucht- en dampremmende laag (bv. aluminium cachering). Zowel soepele als stijve isolatiematerialen kunnen toegepast worden voor deze laag. Aan de buitenzijde wordt bij voorkeur een dampopen isolatiemateriaal toegepast (bv. minerale wol). In elk geval dient de opbouw van binnen naar buiten dampopener te worden. Wanneer dus een dampdicht isolatiemateriaal aan de buitenzijde toegepast wordt (bv. PUR) moet een laag met passende (voldoende grote, cf. Glaser) damptransmissieweerstand geplaatst te worden aan de binnenzijde.

Een luchttremmende laag is sowieso altijd nodig. Deze wordt in deze oplossing best aangebracht aan de onderzijde van het timmerwerk, en luchtdicht aangesloten op aansluitende bouwdelen (bv. kopse muren, of dakvlakvensters).

Wanneer gekozen wordt voor een prefab isolatieplaat, voorzien van een afwerkingslaag, is het aangeraden om in de planningsfase alle randaansluitingen te bestuderen, en de nodige hulpstukken te voorzien om de aansluitingen correct en proper af te werken.



Afbeelding 24 - Voorbeeld van een dakopbouw met isolatie boven, tussen en onder de kepers

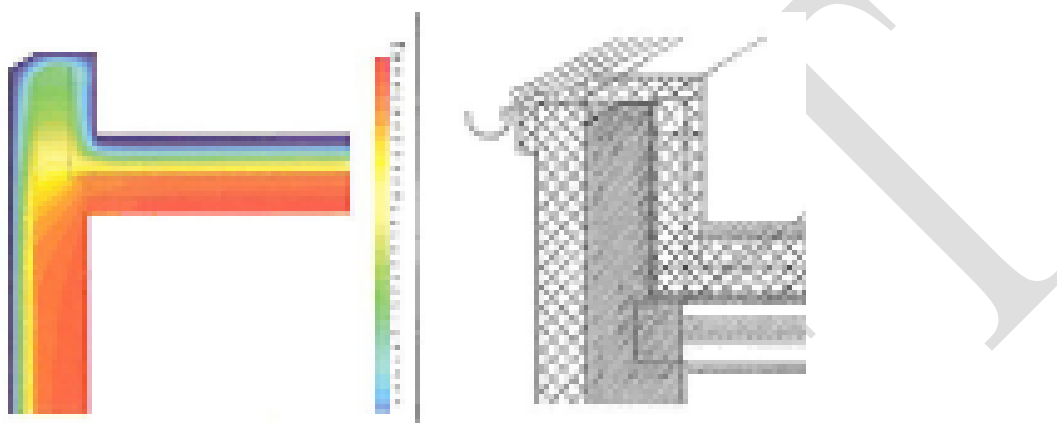
#### 1.3.1.4. Keuze tussen de verschillende scenario's?

Voor elk van de drie mogelijke isolatiescenario's werd hierboven beschreven wanneer ze interessant zijn om toegepast te worden. De ontwerper of aannemer kan op basis hiervan per project aftoetsen welke criteria belangrijk zijn en wat de specifieke randvoorwaarden zijn, en kan zo een keuze te maken.

Het is aangeraden om bij de keuze van het scenario na-isolatie voor het dak rekening houden met de positie van de isolatielaag in de muren die op het dak aansluiten:

- de isolatielaag dient immers continu door te lopen; de aansluiting van de respectievelijke isolatielagen in dak en muren moet vloeiend gebeuren; als de muren bv. aan de buitenzijde geïsoleerd zijn, is een aansluiting op een buitenisolatie in het dak (sarking) makkelijker dan op een isolatie aan de binnenzijde van het dak

- de lucht- en dampremmende laag moet continu doorlopen; deze bevindt zich quasi steeds aan de binnenzijde van de draagconstructie, behalve bij een zuiver sarkingdak, daar ligt ze aan de bovenzijde van het timmerwerk, wat de aansluiting op het luchtscherm in muren (bv. pleisterlaag aan de binnenzijde van muren in metselwerk), niet eenvoudig maakt. Dergelijke details moeten in de planningsfase bestudeerd worden; de keuze van het scenario dakisolatie heeft een invloed op de haalbaarheid van economisch verantwoorde oplossingen voor deze details.



*Afbeelding 25 - voorbeeld van de aansluiting van een hellend dak op een muur: isolatielaag en luchtscherm moeten continu doorlopen*

In alle gevallen is het aangeraden om te controleren of de bestaande constructie van het dak en de draagstructuur eronder, de extra belasting door het na-isoleren kan dragen. Bij twijfel kan een stabiliteitsstudie uitsluitsel geven.

#### 1.3.1.4. Aandachtspunten bij het aanbrengen van isolatie onder het timmerwerk

In dit geval worden stijve isolatieplaten (bijvoorbeeld isolatie + gipskartonplaat) onder de kepers en gordingen geplaatst. De naden worden lucht- en dampdicht gemaakt (door inspuiten van kit en/of met plakband); daarbij moet doorboring worden vermeden.

Het voordeel van isolatie onder de kepers is vooral dat de isolatieplaten eenvoudig te plaatsen zijn en dat het gemakkelijk is om aldus een ononderbroken en doorlopend isolatievlak te creëren. Nadeel is echter dat de isolatielaag onderbroken kan worden door wanden of delen van het daktimmerwerk (bv. een trekker of hanebalk) en dat die aansluitingen moeilijk luchtdicht te krijgen zijn.

Zowel soepele als stijve isolatiematerialen kunnen toegepast worden in deze positie. Er bestaan ook samengestelde panelen bestaande uit een isolatieplaat reeds voorzien van een binnenafwerking van bv. gipskarton. Wanneer een heel lage U-waarde geëist wordt, is dit soort plaatsing minder aangewezen, aangezien er dan tamelijk veel binnenruimte

verloren gaat. In een dergelijk geval kan men deze oplossing wel combineren met het plaatsen van isolatie in de ruimte tussen de kepers.

Het plaatsen van isolatie onder de kepers kan een verhoogd risico tot condensatie in de ruimte tussen de isolatie en het onderdak tot gevolg hebben (door convectie), indien de luchtdichtheid niet goed verzorgd wordt en de mogelijkheid bestaat dat buitenlucht of lucht uit de spouw van de spouwmuren doordringt in het dakcomplex.

### 1.3.1.5. Aandachtspunten bij het aanbrengen van isolatie tussen het timmerwerk

#### 1. Materialen

In het geval van daken met kepers of spantbenen, wordt de isolatie gewoonlijk tussen de kepers, gordingen of spantbenen geplaatst. Om de isolatie in de gewenste dikte te kunnen plaatsen, moet een voldoende ruimte in het dakcomplex worden voorzien. Doorgaans wordt gekozen voor soepele isolatiematerialen (in platen, dekens, of ingeblazen, bv. cellulose-isolatie), omdat met deze materialen een naadloze aansluiting op het timmerwerk makkelijker gerealiseerd kan worden.

#### A. MINERALE WOLPLATEN

Dit systeem is geschikt voor alle soorten draagstructuur, omdat ze een isolatie op maat mogelijk maakt. De halfstijve minerale wolplaten worden goed aansluitend geplaatst met een overbreedte van 10 tot 20 mm ten overstaan van de te isoleren ruimte. Dank zij de vervormbaarheid van de minerale wol, kan de isolatie tussen de kepers of spantbenen worden gedrukt, en de aansluitingen tussen de isolatieplaten en tussen de dakelementen zijn goed dicht.

Indien de ruimte geschapen door de kepers of spantbenen onvoldoende is om de isolatie in de gewenste dikte te plaatsen, wordt aanbevolen een tweede isolatielaag te plaatsen door onder de kepers en dwars daarop latten te plaatsen. De aldus bekomen ruimte wordt met het isolatiemateriaal gevuld.

Bij wijze van lucht- en damp scherm wordt aanbevolen een voldoende stevige PE-folie te kiezen (minimumdikte 0.1 mm) met een verbeterde brandreactie of gipskartonplaten met op de rugzijde een alufolie. De naden tussen de platen moeten dicht zijn. Het aantal naden kan worden beperkt door folie van meer dan 2 meter breed te nemen. Een dergelijk scherm moet zorgvuldig worden uitgevoerd (dat wil zeggen luchtdicht). De folie wordt onder de isolatie tegen de structuur geniet. Tussen twee banen voorziet men een overlapping van ten minste 50 mm die lucht- en dampdicht wordt gemaakt met tape, een dubbelzijdige plakband of een lat.

De aansluitingen met de elementen van het skelet en de muren worden afgewerkt met een dubbelzijdige plakband en/of een tengellat.



Indien de luchtdichtheid van de binnenafwerking verzekerd is, en indien de afwerking voldoende dampdicht is voor de gewenste binnenklimaatklasse, is een bijkomend luchtscherm niet verplicht.

## B. FLENSDEKENS

Flensdekens bestaan uit minerale wol bekleed met kunststof, metaalfolie of speciaal papier, aan de omtrek voorzien van flenzen. Men kiest dekens die 10 tot 20 mm breder zijn dan de tussenafstand van de kepers en met een dikte die bij voorkeur gelijk is aan de hoogte van de kepers of spantbenen.

Dit systeem is voorbehouden voor daken met een eenvoudige vorm, met weinig doorbrekingen en een constante afstand tussen de kepers of spantbenen.

De dekens moeten gespannen en aansluitend worden geplaatst. De flenzen worden overlappend tegen de onderzijde van de draagstructuur van het dak geniet. De overlapping wordt lucht- en dampdicht gemaakt met plakband of een tengellat. De aansluitingen met de gordingen, verticale wanden, enz., moeten eveneens luchtdicht worden uitgevoerd. Indien de continuïteit van de luchtdichtheid niet verzekerd is, moet men een afzonderlijk lucht/dampscherm voorzien.

De correcte plaatsing van soepele flensdekens blijkt vaak moeilijker dan verwacht en vereist veel vakmanschap. Vandaar wordt de plaatsing van een bijkomend luchtscherm aanbevolen.

## C. STIJVE ISOLATIEPLATEN VAN KUNSTSCHUIM EN CELLEGLAS

De luchtdichte stijve isolatieplaten (EPS, XPS, PUR, PIR, CG) worden zodanig tussen de kepers en spantbenen geschoven dat aan de binnenzijde eventueel een ruimte openblijft voor de leidingen.

Men moet de luchtdichtheid van de naden verzekeren enerzijds, tussen de platen en anderzijds tussen de platen en de elementen van het skelet of de muren (bijvoorbeeld door inspuiten van PUR-schuim of met plakband). Het verdient echter de voorkeur om die platen tegen de onderzijde van de kepers aan te brengen. De isolatieplaten mogen echter niet worden doorboord tijdens het plaatsen van de leidingen en moeten worden beschermd tegen de warmte die vrijkomt door de eventuele inbouwspots en moeten hiertegen bestand zijn.

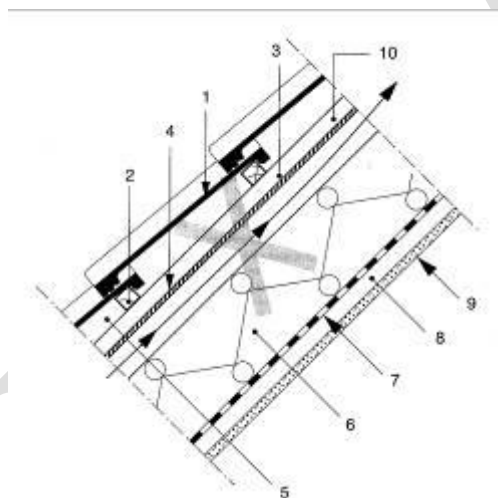
De eigenlijke isolatie moet een voldoende dampdiffusieweerstand hebben. Indien de lucht- en dampdichtheid van de naden niet kan worden verzekerd, moet men een lucht- en dampscherm of een binnenafwerking die deze functies kan vervullen, voorzien.

## 2. Samenstelling van het dak

De isolatie moet steeds in contact met het onderdak geplaatst worden (zonder een te grote kracht op het onderdak uit te oefenen)<sup>15</sup>.

Afgezien van convectie kan ook onderkoeling schade door condensatie veroorzaken. Onderkoeling is een daling van de oppervlaktetemperatuur van een element onder de luchttemperatuur, ten gevolge van de infraroodstraling van de buitenzijden van de materialen naar het hemelgewelf. De straling, die warmte aan het materiaal onttrekt, verlaagt de temperatuur aan het oppervlak die, bij helder weer, 10°C lager kan zijn dan die van de lucht en lager dan het dauwpunt van de buitenlucht. Dat leidt tot oppervlaktecondensatie. Bij daken kan onderkoeling vocht veroorzaken aan de binnenzijde van de dakbedekking. De aldus gevormde waterdruppels kunnen op het onderdak of de isolatie (bij gebrek aan een onderdak) druipen en aldus de duurzaamheid aantasten of de U-waarde verminderen. **Om dat te vermijden, wordt aangeraden de luchtspouw tussen de dakbedekking en het onderdak niet actief te ventileren** (bijvoorbeeld door middel van speciaal daartoe voorziene dakelementen).

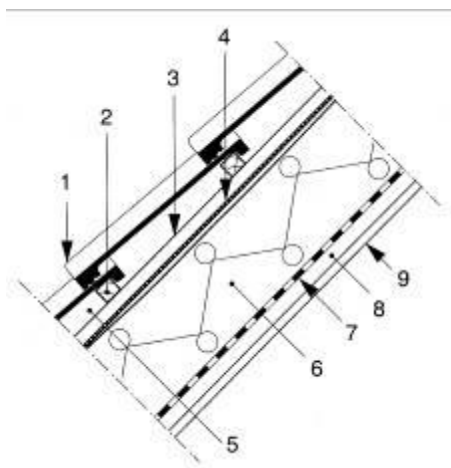
*Afbeelding 26 : Ventilatie tussen onderdak en isolatie: te vermijden!  
Actief ventileren spouw tussen dakbedekking en onderdak: niet nodig!*



- 1: pan
  - 2: panlat
  - 3: tengellat
  - 4: onderdak
  - 5: luchtspouw tussen dakbedekking en onderdak
  - 6: isolatie
  - 7: lucht- en damp scherm
  - 8: leidingenspouw
  - 9: binnenafwerking
  - 10: luchtspouw tussen isolatie en onderdak (af te raden)
- [NVDR: uiteinde pijl van nr. 10 verlagen tot in spouw]

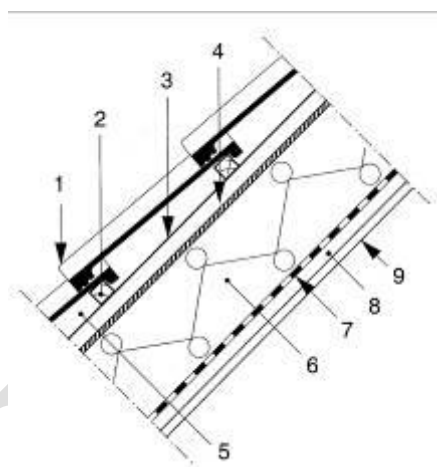
<sup>15</sup> Bepaalde onderdakfolies worden gekenmerkt door een zogenaamd « tenteffect ». Dit betekent dat er vochtdoorslag optreedt wanneer er contact is tussen bv. de isolatie en het onderdak (analoog als bij een tentzeil, dat daarom steeds een dubbele constructie vereist). Dergelijke producten zijn niet geschikt voor deze toepassing, gezien ze niet kunnen geplaatst worden zonder spouw tussen onderdak en isolatie.

Afbeelding 27 : Dakopbouw met goede uitvoering bij niet-capillair onderdak



- 1: pan
- 2: panlat
- 3: tengellat
- 4: onderdak (niet-capillair)
- 5: luchtspouw tussen dakbedekking en onderdak
- 6: isolatie
- 7: lucht- en damp scherm
- 8: leidingenspouw
- 9: binnenafwerking

Afbeelding 28 : Dakopbouw met goede uitvoering bij capillair onderdak



- 1: pan
- 2: panlat
- 3: tengellat
- 4: onderdak (capillair)
- 5: luchtspouw tussen dakbedekking en onderdak
- 6: isolatie
- 7: lucht- en damp scherm
- 8: leidingenspouw
- 9: binnenafwerking

### 1.3.1.6. Aandachtspunten bij het aanbrengen van isolatie boven het timmerwerk

#### **A. Zelfdragende dakpanelen**

##### **1. Beschrijving**

De zelfdragende elementen combineren door hun industrieel fabricageprocédé de onderzijde, de (eventuele) kepers, de isolatiekern en de tengellatten.

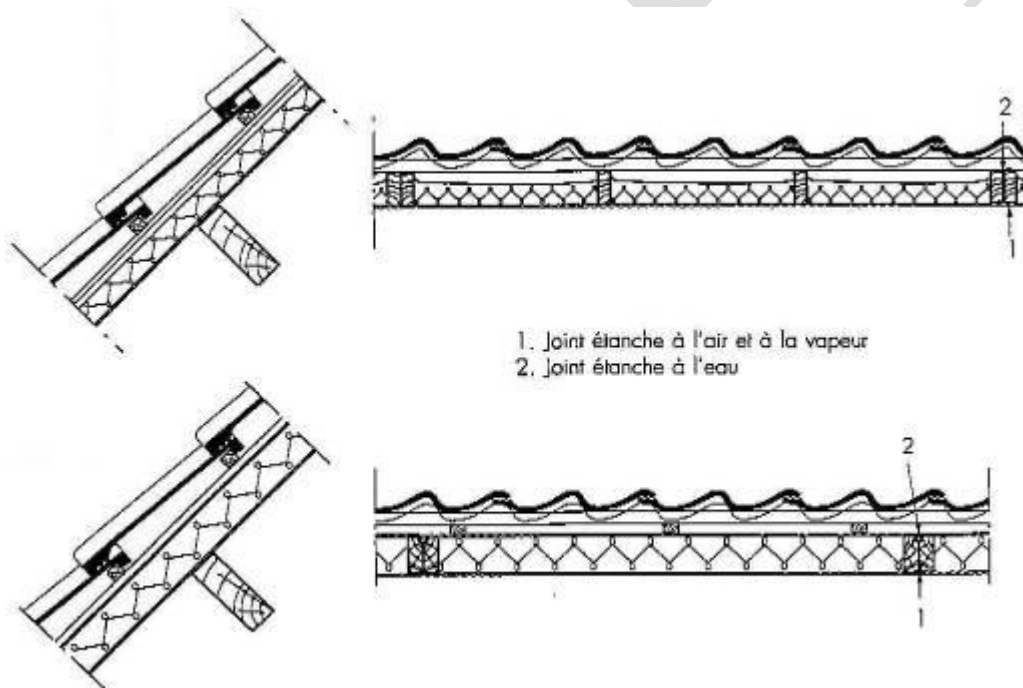
Doorgaans wordt dit systeem aangebracht op gordingen en heeft bijgevolg geen kepers nodig. Dat werkt arbeids- en materiaalbesparend (spantbenen) dank zij een snelle montage.

Er kan een grote verscheidenheid van thermische isolatiematerialen worden gebruikt zoals polyurethaan (PUR), minerale wol (MW) en polystyreen (EPS, XPS).

Voor het plafond zijn verscheidene binnenafwerkingen beschikbaar : vezelplaten, fineerplaten, gipsplaten, vezelplaten met witte daklaag, OSB, schroten, enz.

Een van de voordelen van zelfdragende platen is dat de binnenafwerking rechtstreeks na de plaatsing van de platen kan worden aangebracht. Een bijkomende laag is vaak overbodig. De zelfdragende platen lenen zich echter minder goed voor zeer complexe dakconstructies (bijvoorbeeld afgeronde daken, ...).

Afbeelding 29 - Zelfdragende dakplaten: open plaen( boven), gesloten platen (onder)



## 2. Types dakpanelen

### i. Openschalige dakelementen (open panelen)

Openschalige dakelementen bestaan uit een basisplaat die door middel van opgelijmde of opgespijkerde houten (naaldhout, breedte ca. 25 mm) planken in compartimenten verdeeld is.

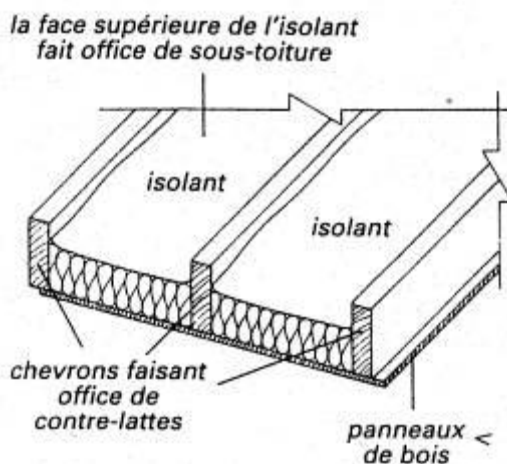
Die compartimenten worden gevuld met een isolatiemateriaal (doorgaans spuit-PUR). De bovenrand van de latten steekt ten minste 20 mm buiten het oppervlak van de isolatie uit en dient als tengellat.

Sommige typen open elementen worden (volledig) met minerale wol gevuld en zijn voorzien van een soepel onderdak. Ze zijn meer waterdampdoorlatend dan platen die met PUR worden gevuld.

In de zolder blijven de spijkers al dan niet zichtbaar, afhankelijk van de plaatsoort en van de eventuele afwerking van de binnenzijde.

De breedte is doorgaans begrepen tussen 800 en 1220 mm. De dikte bedraagt 60 tot 200 mm. De maximumlengte is 8 m. Het gewicht is 12 tot 25 kg/m<sup>2</sup>. De kepers maken vrij grote overspanningen mogelijk (van 2,40 tot 4,50 m voor een helling van 45°).

Afbeelding 30 - Zelfdragende dakplaten, open elementen;



### ii. Sandwichpanelen (gesloten panelen)

Sandwichpanelen bestaan uit een isolatie tussen twee platen. De bovenste plaat dient als dicht onderdak en de onderste plaat als dekplaat. De tengellatten worden doorgaans in de fabriek aangebracht.

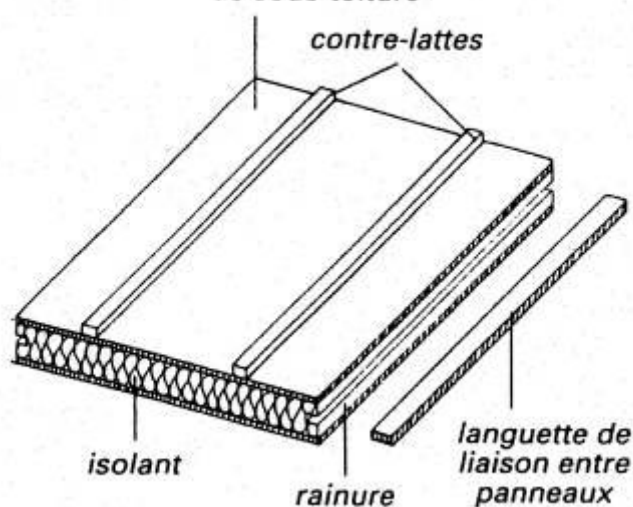
Sandwichpanelen bestaan in twee uitvoeringen:

- elementen bestaande uit twee platen en een kern van polystyreen of polyurethaan met of zonder langskepers.
- elementen bestaande uit twee platen met 3, 4 of 5 kepers en een kern van minerale wol.

De breedte is doorgaans begrepen tussen 600 en 1220 mm. De dikte gaat van 50 tot 200 mm (grotere dikten zijn op aanvraag van de klant verkrijgbaar). De maximumlengte bedraagt 8 m. Het gewicht bedraagt 12 tot 25 kg/m<sup>2</sup>. De kepers maken vrij grote overspanningen mogelijk (van 2,40 tot 4,50 m voor een helling van 45°). Het gewicht ligt tussen 7 en 25 kg/m<sup>2</sup> met een maximumlengte van 10m. Voor panelen zonder kepers is de overspanning tussen 1,10 en 2,40 m (helling 45°). Voor panelen met kepers bekomt men een overspanning tussen 2 m en 6 m.

Afbeelding 31 - Zelfdragende dakplaten, gesloten elementen

*la face supérieure fait office de sous-toiture*



### 3. Plaatsing

#### i. Opslag op de werf

De elementen moeten vlak en tegen het weer beschermd opgeslagen worden. Tussen de stapel en de grond moet een ruimte voor luchtcirculatie worden voorzien. De stapels worden slechts op het ogenblik van de plaatsing uitgepakt.

#### ii. Montage

Over het algemeen worden de elementen in de langsrichting van nok tot goot geplaatst. Men moet rekening houden met de verschillende krachten bij de dimensionering van de gordingen en deze stevig in de muren verankeren.

De bevestiging van de elementen gebeurt aan het snijpunt van iedere keper met iedere gording. Op een houten skelet gebruikt men hetzij L-haken aan de kant van de kepers, hetzij gedraaide pinnen in de kepers (voorgeboorde gaten).

Op een metaalskelet gebeurt de bevestiging met zelftappende schroeven (in voorgeboorde gaten in de kepers).

Om de luchtdichtheid te verzekeren en de thermische homogeniteit te bewaren, moeten de langsnaden worden volgespoten met PUR-schuim. De ruimte tussen de platen en nokken, hoekkepers, killen, uitsnijdingen, randplanken, rijranden tegen de muur, enz., moeten met PUR worden volgespoten.

Voor de openschalige dakelementen worden de kopse aansluitingen op de gordingen tot halve hoogte gevuld met PUR-schuim en verder afgedicht met een bitumineuze pleister om infiltratie bij toevallige lekken van het bitumen te vermijden. Het korte stuk wordt steeds boven geplaatst.

Voor de sandwichpanelen worden de dwarsverbindingen afgedekt met aluminium plakband.

Bovendien kunnen de sandwichpanelen horizontaal op de kepers van het skelet worden geplaatst. In dat geval moeten alle naden (langs- en dwarsnaden) met alutape worden afgedekt. In dit geval worden de tengellatten op de werf geplaatst. Schuine kanten in de kepers (bv. ter hoogte van de nok) worden in de fabriek aangebracht.

## B. Sarking

### 1. Inleiding

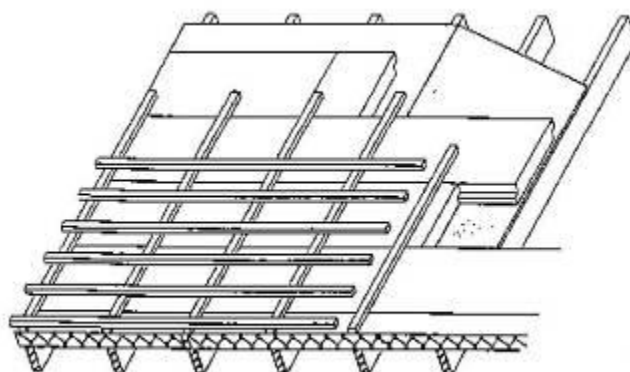
#### a. Definitie

Het systeem SARKING<sup>16</sup> is een procédé voor de thermische isolatie van hellende daken dat wordt gekenmerkt door de plaatsing van stijve isolatieplaten of soepele isolatierollen boven op de drager van de dakbedekking (kepers of spantbenen of nog beton of stalen caissons). Het is bestemd als drager van de pannen en leien, alsook voor de uitvoering van metalen dakbedekkingen met bladen en banen. Er kan een grote verscheidenheid van thermische isolatiematerialen worden gebruikt, zoals platen van geëxpandeerd polystyreen (EPS), geëxtrudeerd polystyreen (XPS), polyurethaan (PUR), cellenglas (CG) of minerale wol (MW).

Dit procédé bestaat uit de plaatsing op het skelet van de volgende elementen (zie **Error! Reference source not found.**) :

- Een eventuele vloer (binnenafwerking, brandbeveiliging, schermdrager, isolatiedrager, ...),
- Een eventueel scherm (lucht- en dampdichtheid),
- Een thermische isolatie,
- Een eventueel onderdak,
- Tengellatten,
- Latten als drager voor de pannen of leien,
- Een dakbedekking van kleine of grote elementen.

Afbeelding 32



<sup>16</sup>

Het Engelse woord « sarking » is afkomstig van « sark » wat hemd betekent. Volgens P. Baker, versorser aan het Schotse centrum van het Building Research Establishment van Glasgow, betekent “sarking” een houten dakbeschoot (gaande tot ± 20 mm dikte) dat traditioneel wordt gebruikt op Schotse gebouwen met hellende daken. Hiervoor gebruikt men houten platen, horizontaal of diagonaal geplaatst of bladmaterialen, bijvoorbeeld multiplex. Ze worden op de kepers aangebracht. Een membraan (bijvoorbeeld bitumenvilt) wordt op de “sarking” geplaatst; de panlatten worden doorheen het membraan op de “sarking” gespijkerd en de pannen of leien worden op de latten gespijkerd. De houten “sarking” vormt aldus een structureel stevige laag, die met een windverband met het dak verbonden is.

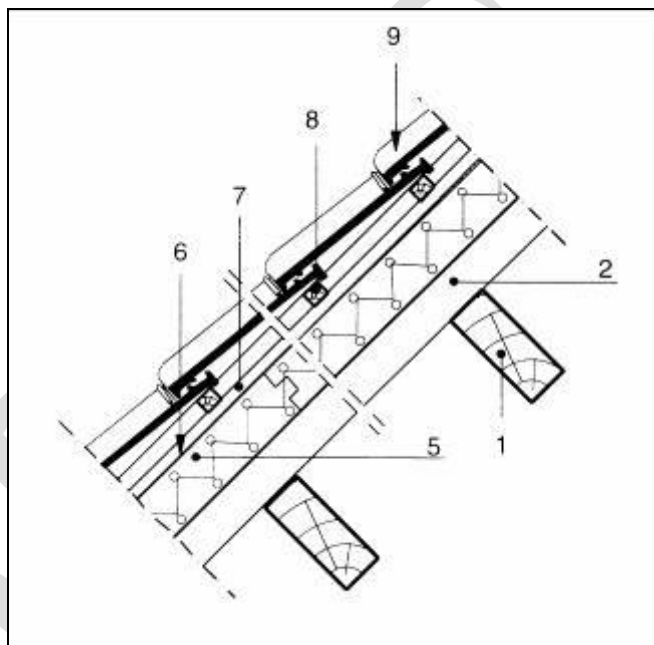
Wanneer een vloer ontbreekt, wordt de binnenafwerking onder de kepers uitgevoerd.

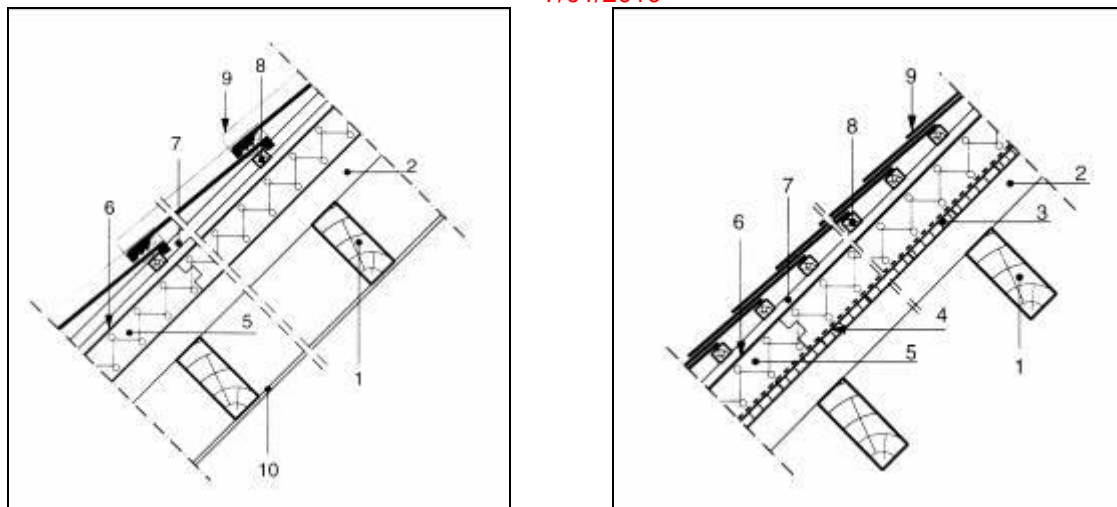
Bij renovatiewerken kan met dit systeem het dak worden geïsoleerd, wat het voordeel biedt dat de binnenafwerking niet moet worden gewijzigd.

Bovendien – zowel bij nieuw- als vernieuwbouw – verzekert het een isolatie zonder koudebruggen en beschermt het skelet tegen temperatuurschommelingen (dag-nacht, winter-zomer).

Gelet op de dakopbouw, moet de isolatie de dakbedekking en haar drager dragen. Het draagt eveneens bij tot de lucht- en dampdichtheid en kan de rol van onderdak spelen.

Afbeelding 33 - Sarking voor onbewoonbare zolder : lopend deel zonder binnenafwerking.





Afbeelding 34 - Sarking voor bewoonbare zolder. Gebruikelijke binnenafwerking  
 Afbeelding 35 - Sarking voor bewoonbare zolder. Binnenafwerking van het “chalettype”.

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. Gording   | 6. Eventueel onderdak |
| 2. Keper of spantbeen                              | 7. Tengellat          |
| 3. Vloer   | 8. Lat of plaat       |
| 4. Eventueel scherm (dampscherm en luchtdichtheid) | 9. Dakbedekking       |
| 5. Thermisch isolatiemateriaal                     | 10. Binnenafwerking   |

### **b. Toegepaste isolatiematerialen**

De thermische isolatiematerialen zijn minimaal van de klasse A1 wat « Brandreactie » betreft. Hun hoofdkenmerken voor het procédé worden in de onderstaande tabel gegeven.

Tabel 11

TYPE	XPS	EPS 30 Met ingebouwd onderdak	UR	CG	MW Met of zonder ingebouwd onderdak
<b>Lengte x breedte (mm)</b>	1250 of 2500 x 600	2000 tot 8000 x 535	2500 x 1200	1200 x 600	1120 x 600 (panelen) of 2500 x 1000 (rlx)
<b>Dikte (mm)</b>	50,60,70,80,90, 100,110,120	100,110,120, 130,140	50, 60	50,60,70,80, 90,100,110, 120,130	120,140,160, 180
<b>Randprofiel</b>	Tand en groef	Tand en groef	Sponning	Rechte rand	Rechte rand

## 2. Plaatsing

### a. Isolatiemateriaal

De isolatie wordt evenwijdig met een horizontale lijn geplaatst. De platen gelegen aan de gootlijn rusten tegen een op de kepers bevestigd houten stuk. De verticale naden van de platen kunnen zich tussen twee kepers of gordingen bevinden.

Ongeacht of de plaatsing aan de nok- of gootlijn begint, wordt aanbevolen om de eerste maal de platen op de kepers te bevestigen om ze goed op hun plaats te houden (windweerstand, trilweerstand, enz.).

Bij sterke wind is de plaatsing van de platen moeilijk, zometijds onmogelijk, vooral wanneer ze omvangrijk zijn. Bovendien, en hoewel de platen het gewicht van een persoon kunnen dragen, mogen ze in geen geval als veilige vloer worden beschouwd. Het is duidelijk dat men de continuïteit van de thermische isolatie en de luchtdichtheid aan de naden en aansluitingen moet verzekeren. Op het einde moeten de kepers of spantbenen opnieuw van merktekens worden voorzien.

*Afbeelding 36 - Plaatsing en eerste bevestiging van de isolatieplaten*



## **b. Damp- en luchtdichtheid**

In gebouwen van de binnenklimaatklasse I, II en III, wordt de wind- en dampdichtheid verzekerd door de isolatieplaat zelf met dichte naden en aansluitingen. De dichtheid van de naden en aansluitingen kan worden bekomen door de zorgvuldige plaatsing van soepele schuimbanen in de naden of met een elastische kit die verenigbaar is met de aansluiting van de platen of nog met op de naden aangebrachte tape. **Voor het realiseren van een voldoende luchtdichtheid moet steeds een apart luchtscherm aangebracht te worden, dat aan de randen van het dak aangesloten moet worden op de luchtremmende laag van de naastliggende bouwcomponenten (bv. muren).**

Voor gebouwen van de binnenklimaatklasse IV moet een perfect doorlopend dampscherm worden aangebracht. Dat laatste kan bijvoorbeeld bestaan uit een polymeerbitumenmembraan met polyesterwapening met dichte naden dat op een vloer wordt gespijkerd op de plaats van de overlapping of door lijmen, waarbij een dichte overlapping van de langs- en dwarsnaden wordt voorzien.

Aangezien er op de kepers of spantbenen opnieuw merktekens moeten worden aangebracht, wordt aanbevolen de banen horizontaal te plaatsen.

Wanneer cellenglas wordt gebruikt, moet dit scherm niet zichtbaar blijven, gezien de speciale bevestigingswijze van deze isolatie op de vloer en dit ongeacht de binnenklimaatklasse.

Hetzelfde geldt voor het gebruik van PUR-platen, vermits die voorzien zijn van een alufolie van 50 µm, die als dampscherm dienst doet.

## **c. Onderdak**

De isolatieplaten kunnen een aanvullende waterdichtheid ten overstaan van het dak verzekeren ; in dat geval moeten alle naden tussen de platen en aansluitingen aan de muren, doorbrekingen, goten, enz. waterdicht worden afgewerkt. Bovendien moet een vol op de onderste plaatrij gelijkijnde slab ten overstaan van de goot of bevestigd in de dikte van die platen zorgen voor de afvoer van eventueel insijpelend water naar de goot. In dat geval wordt de functie van “onderdak” door de isolatieplaten overgenomen.

Een andere oplossing is de plaatsing op of in de isolatieplaten, tijdens hun fabricage, van een onderdak onder de vorm van waterdichte maar zeer dampdoorlatende stijve membranen of platen. Het onderdak wordt op de isolatie geplaatst met overlappende langs- en dwarsnaden in het geval van soepele membranen. Indien stijve platen worden gebruikt, moet de overlapping van de langsnaden en de verticale aansluiting op de kepers van de dwarsnaden worden verzekerd. Het onderdak moet hoedanook aan de onderzijde van de dakschilden worden verlengd tot aan de goot of over de gevel om eventueel insijpelend water te kunnen

afvoeren. De kepers of spantbenen moeten opnieuw van merktekens worden voorzien tijdens deze uitvoeringsfase.

#### **d. Tengellatten en bevestigingsmiddelen**

Dat zijn latten die op de dakdrager (kepers, spantbenen, betonvloer) worden bevestigd doorheen het eventuele onderdak, de isolatie, het eventuele dampscherm en de eventuele vloer. Ze verzekeren de bevestiging van de isolatie op de drager en laten de plaatsing van de panlatten of latten toe.

Aangezien in de Sarkingtechniek de tengellatten onderworpen worden aan grotere krachten dan in de traditionele procédés, wordt een minimumdikte aanbevolen van 22 mm en een breedte van 36 mm (nominale maten); in het geval van een isolatidikte gelijk aan of meer dan 120 mm, worden die minimummaten 40 en 80 mm.

Voor de bevestiging van de tengellatten gebruikt men al dan niet gedraaide spijkers of hout- of betonschroeven. Voor de isolatie van speciale gebouwen (veeteelt, werkplaatsen met productie van corrosieve dampen, ...) zijn die van verzinkt of roestvrij staal. Hun lengte wordt als volgt bepaald:

dikte van de tengellat + dikte van de isolatie + dikte van de vloer + 60 mm minimum penetratie in de drager. Hun diameter bedraagt ten minste 3,5 mm.

Voor de bevestiging van de tengellatten die loodrecht op iedere keper of spantbeen staan, gelden de volgende principes :

- De bevestiging in de kepers of spantbenen moet ten minste 60 mm diep zijn,
- Een bevestiging van 100 mm aan ieder uiteinde van de tengellat, ongeacht haar lengte,
- Aan de onderzijde van het dakschild worden de tengellatten op houten stukken die als spie dienen bevestigd,
- Soms moeten in de tengellatten gaten worden voorgeboord afhankelijk van de diameter van de spijker en de breedte van de tengellat,
- De bevestigingselementen worden gespijkerd of geschroefd onder een hoek van 90° of 67° ten overstaan van de dakhelling,
- In het lopende gedeelte is de maximumafstand tussen de bevestigingen afhankelijk van de dakhelling (zie onderstaande tabel).

Tabel 12

HELLING □ VAN HET DAKGEBINT	MAXIMUMAFSTAND TUSSEN BEVESTIGINGEN VOOR EEN ASAFSTAND VAN 600 mm VAN DE KEPERS OF KAPSPANTBENEN (mm)
<input type="checkbox"/> kleiner dan 35 °	400
<input type="checkbox"/> van 35 ° tot 60 °	330
<input type="checkbox"/> groter dan 60 °	200

Afbeelding 37 - Definitieve bevestiging van de isolatieplaten met tengellatten



In het geval van de isolatie van een metalen warm dak met cellenglas (CG), zijn de tengellatten niet vereist omdat de metalen banen op de isolatie worden bevestigd met een systeem van metalen plaatjes die in de isolatie worden gedreven en speciale verankerings-elementen.

### **e. Binnenafwerking**

De aard en karakteristieken van de binnenafwerking zijn afhankelijk van de bestemming van het gebouw en beantwoorden onder meer aan bepaalde esthetische en veiligheidscriteria bij brand. In het meest courante geval bestaat de binnenafwerking uit gipskartonplaten of houten schroten. In het geval van de binnenafwerking van het chalettype, bestaat die afwerking uit de vloer. Deze afwerking moet hoedanook beantwoorden aan bepaalde eisen van het

Koninklijk Besluit van 19 december 1997. De plaatsing van de binnenafwerking is doorgaans een onderdeel van het binnenschrijnwerk of van het stukadoorwerk.

### 1.3.2 Na-isolatie van platte daken

De Vlaamse, Waalse en Brusselse thermische regelgeving leggen voor platte daken – zowel bij nieuwbouw als bij renovatiewerken – een maximale warmtedoorgangscoefficiënt  $U$  van  $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  op, wat resulteert in de toevoeging van belangrijke isolatiediktes. Hierbij dient men bovendien rekening te houden met het feit dat de hoogte van 15 cm die voorgeschreven wordt voor de opstanden van de afdichting (te meten vanaf het afgewerkte dakvlak) niet in het gedrang mag komen (zie TV 191 van het WTCB).

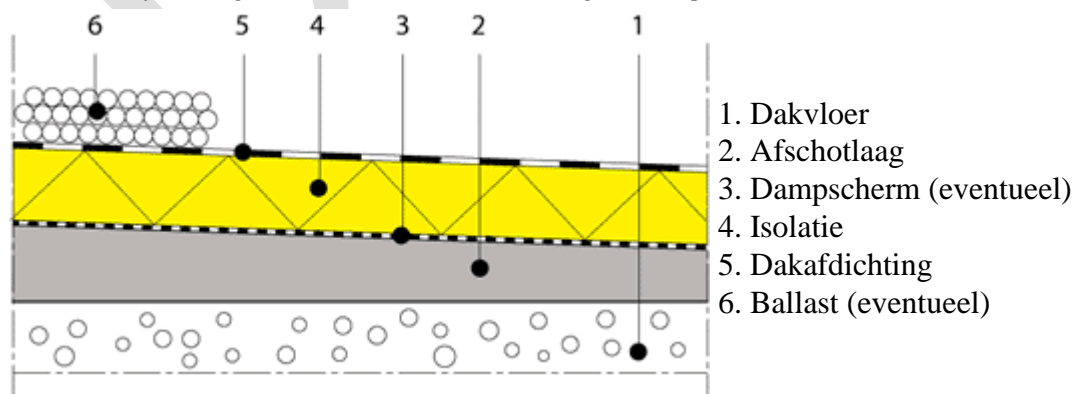
#### 1.3.2.1 Aanbevolen platte-dakopbouwen

Om de kans op vochtproblemen tengevolge van inwendige condensatie (zie Infofiche 27 van het WTCB) tot een minimum te beperken, zou men bij het ontwerp van het platte dak de voorkeur moeten geven aan de volgende twee opbouwen :

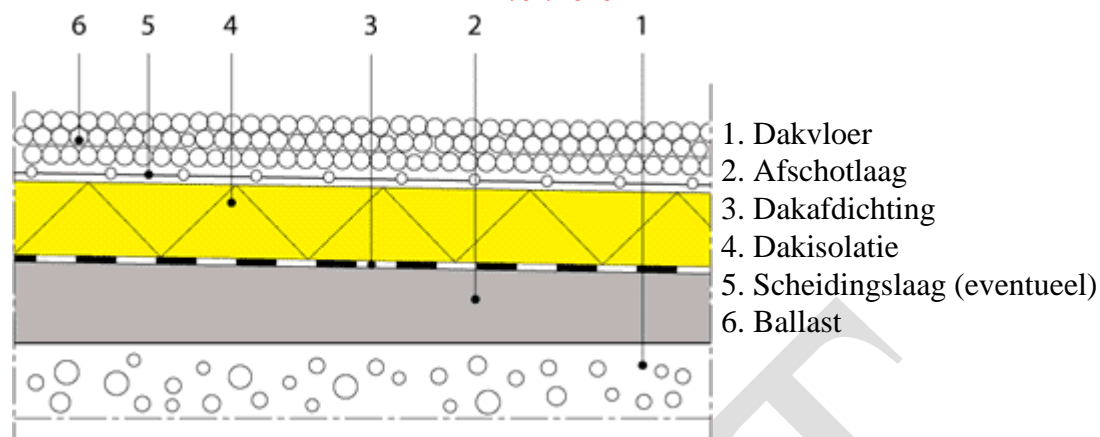
- een warm dak, waarbij de thermische isolatie zich tussen de afdichting en de dakvloer of zijn eventuele dampscherm bevindt (afbeelding 1)
- een omkeerdak, waarbij de thermische isolatie op de afdichting (die tevens dienst doet als dampscherm) rust (afbeelding 2).

Deze twee opbouwtypes hebben als voordeel dat het dampscherm op een continue drager aangebracht wordt.

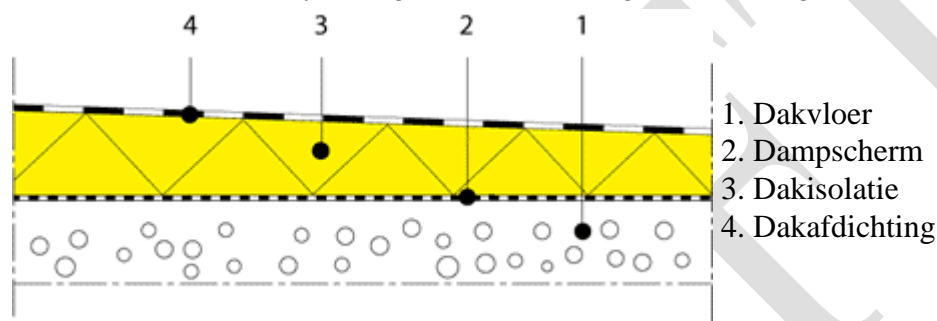
Afbeelding 38 - Schematische voorstelling van de opbouw van een warm dak.



Afbeelding 39 - Schematische voorstelling van de opbouw van een omkeerdak.



Afbeelding 40 - Isolatie met ingebouwde helling.



### 1.3.2.2 Minder geschikte platte-dakopbouwen

#### a. Thermische isolatie onder de dakvloer

Het voorzien van de volledige thermische isolatie onder de dakvloer is af te raden, aangezien men in dit geval niet langer beschikt over een continue drager waarop het dampscherm kan aangebracht worden. De lucht- en dampdichte afwerking van de naden tussen de banen van het dampscherm en de aansluiting met de aangrenzende wanden gaan dan ook gepaard met diverse uitvoeringstechnische moeilijkheden.

Daarnaast kan men bij een dergelijke opbouw geconfronteerd worden met een aantal bijkomende nadelen :

- grotere dimensionale schommelingen van thermische oorsprong in de draagvloer
- minder goede benutting van de thermische inertie van de draagvloer
- groter gevaar voor koudebrugwerking langs de dakranden en de dakdoorbrekingen

- groter risico op omgekeerde condensatie (zie [Infofiche 28](#) van het WTCB) tijdens warmere periodes.

## **b. Thermische isolatie onder en boven de dakvloer**

Zoals blijkt uit voorgaande tekst kan de lucht- en dampdichtheid van het damp scherm en zijn aansluitingen vaak onvoldoende gewaarborgd worden bij de plaatsing van de isolatie onder de dakvloer. Om deze dichtheid te verzekeren, moet men het damp scherm bijgevolg boven de dakvloer (in het hier beschouwde geval betekent dit tussen beide isolatielagen) aanbrengen.

Men dient er bij een dergelijke opbouw rekening mee te houden dat de isolatie onder de dakvloer een temperatuursdaling teweegbrengt ter hoogte van het damp scherm. Indien de prestaties van de thermische isolatielaag onder de dakvloer beter zijn dan deze van de laag erboven, zal de damp schermtemperatuur immers gevoelig dalen.

Om te vermijden dat er condensatie zou ontstaan ter hoogte van het damp scherm, is het dan ook aangewezen de thermische isolatie onder de dakvloer tot een minimum te beperken.

De thermische weerstand (R-waarde) van de isolatie boven de draagvloer – die berekend wordt door de dikte van het isolatiemateriaal te delen door zijn warmtegeleidbaarheid ( $\lambda$ -waarde) – zal met andere woorden hoger moeten zijn dan deze van de isolatielaag onder de draagvloer.

Het condensatierisico kan voor elk specifiek geval nagegaan worden met behulp van een computersimulatie (bv. via een berekening volgens de Glaser-methode).

Bij wijze van voorbeeld hebben wij een dergelijke simulatie verricht voor een gebouw uit de binnenklimaatklasse III, met de volgende dakopbouw (van onder naar boven) :

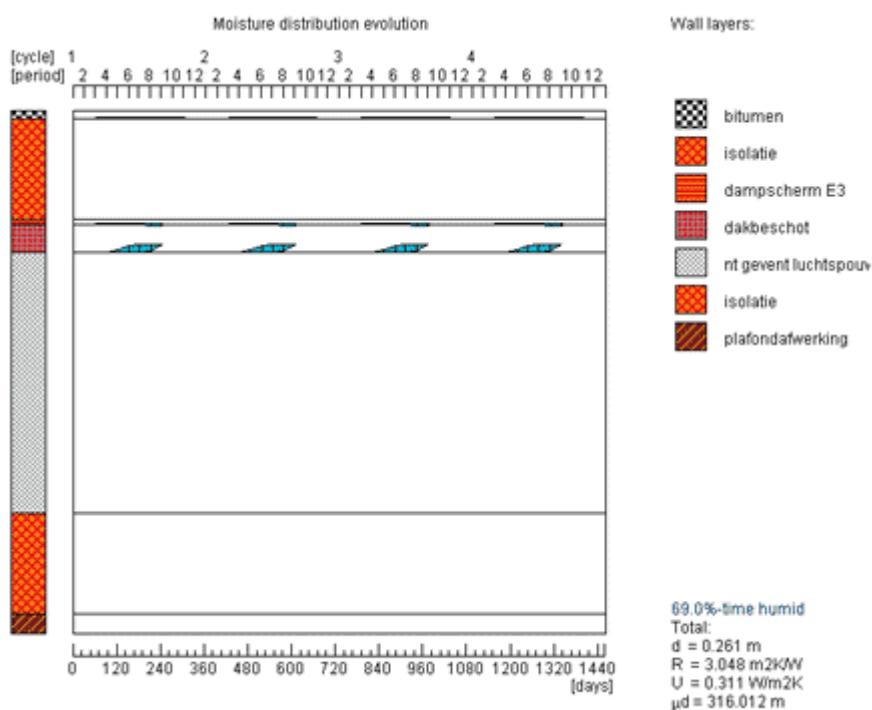
- een plafondafwerking
- een 5 cm dikke laag thermische isolatie ( $\lambda$ -waarde : 0,037 W/mK), geplaatst tussen houten kepers
- een 13 cm dikke niet-geventileerde horizontale spouw
- een houten beplanking
- een damp scherm van klasse E3
- een 5 cm dikke laag thermische isolatie ( $\lambda$ -waarde : 0,037 W/mK)
- een dakafdichting.

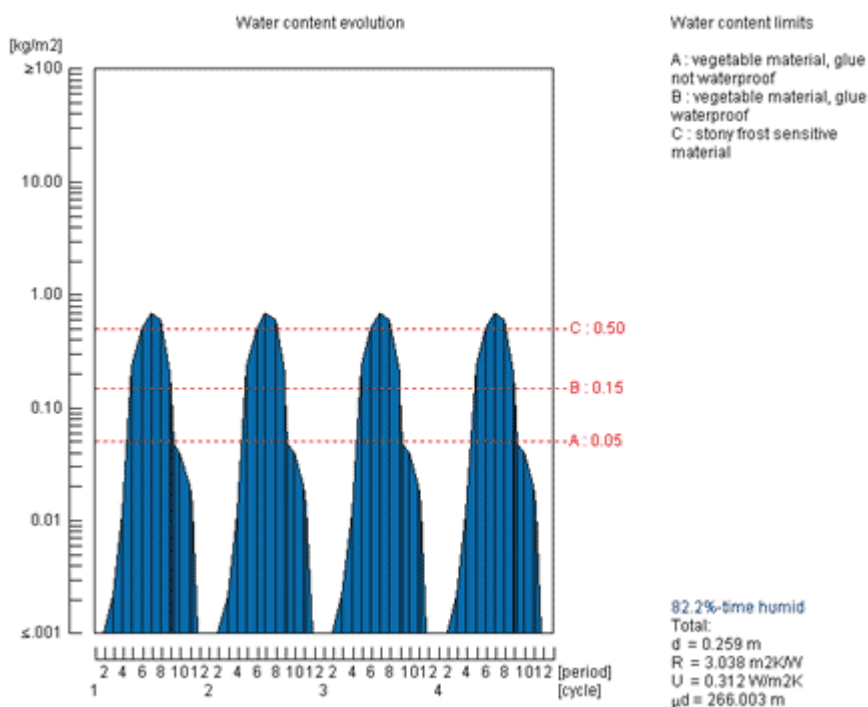
Bij deze dakopbouw (waarin zowel boven als onder de dakvloer een 5 cm dikke isolatielaag voorzien is) stelt men vast dat er zowel condensatie optreedt ter hoogte van het damp scherm als tegen de houten beplanking. Terwijl de maximale hoeveelheid condensaat aan de

onderzijde van de beplanking beperkt blijft ( $14 \text{ g/m}^2$  per jaar), kan deze ter hoogte van het dampscherm – en ondanks het feit dat op beide plaatsen jaarlijks een zekere droging van het condensaat optreedt – soms buitensporige waarden bereiken ( $659 \text{ g/m}^2$  per jaar).

(\*) Hoewel er momenteel reeds meer gesofisticeerde simulatieprogramma's op de markt zijn, laat de Glaser-methode toe om op een eenvoudige en snelle manier een vrij veilig beeld van de situatie te verkrijgen.

Afbeelding 41 - Bepaling van het condensatierisico aan de hand van de Glaser-methode.





Om de maximale hoeveelheid condensaat in het dak te beperken tot 200 g/m<sup>2</sup> per jaar en elk risico op jaarlijkse residuele condensatie te vermijden (criteria opgenomen in [TV 215](#) van het WTCB) dient men in de beschouwde dakopbouw een equivalente isolatie van 7 cm dik boven de dakvloer te plaatsen (zie ook bijlage 3 van [TV 215](#) voor de rekenmethode en de beoordelingscriteria voor inwendige condensatie). Indien de beschikbare hoogte beperkt is, zou de keuze van een isolatiemateriaal met een zwakkere warmtegeleidbaarheid een interessant alternatief kunnen vormen. Bij een equivalente thermische weerstand ( $R = d/\lambda$ ) zou de keuze van een isolatiemateriaal met een warmtegeleidbaarheid  $\lambda$  van 0,025 W/mK (zie [Infofiche 23](#) van het WTCB ) de vereiste dikte kunnen beperken tot 5 cm.

### 1.3.2.3 Keuze van de gepaste dakopbouw voor na-isolatie

Om de goede thermische prestaties van de gebouwschil te waarborgen, zou de voorkeur bij het ontwerp moeten uitgaan naar een warm dak of een omkeerdak. In daken met een dergelijke opvatting kan men aan de hand van de tabellen uit [TV 215](#) immers een performant dampscherm onder de thermische isolatie voorzien, dat aangebracht wordt op een ononderbroken ondergrond. De kans op vochtproblemen tengevolge van inwendige condensatie is bij dergelijke dakopbouwen verwaarloosbaar voor zover de isolatiedikte toereikend is.

Terwijl het louter thermisch isoleren van de dakopbouw onder de dakvloer afgeraden wordt, kan men er bij renovatiewerken of uit akoestische overwegingen voor opteren om zowel boven als onder de dakvloer een laag thermische isolatie aan te brengen. Om het ontstaan



Renovatie van woningen naar lage energiebehoefte – LEHR

**DRAFT VERSIE: NIET VOOR VERSPREIDING**

7/01/2010

van inwendige condensatie ter hoogte van het dampscherm tussen deze twee isolatielagen te vermijden, dient men erop toe te zien dat de thermische weerstand ( $R$ ) van de isolatielaag boven de dakvloer groter is dan deze van de laag eronder.

Het risico op inwendige condensatie is in principe verwaarloosbaar indien de thermische weerstand van de isolatielaag boven de dakvloer minstens 1,5 keer groter is dan deze van de laag eronder. Vermits de thermische weerstand ( $R$ -waarde) wordt berekend door de dikte van het isolatiemateriaal te delen door zijn warmtegeleidbaarheid ( $\lambda$ -waarde), is het dan ook aanbevolen om voor de bovenste isolatielaag zijn toevlucht te nemen tot een materiaal met een grotere dikte of een lagere  $\lambda$ -waarde.

Indien het onmogelijk is de hiervoor vermelde factor van 1,5 te respecteren, zou men het condensatierisico dat door de toevoeging van deze bijkomende isolatielaag kan teweeggebracht worden, moeten controleren aan de hand van een computersimulatie (bv. een Glaser-berekening).