

wind- en luchtdicht, dampopen en koudebrugvrij isoleren

Confederatie Bouw
6 november 2008

— Waarom isoleren? —

1. financieel
2. strategisch
3. ecologisch
4. comfort

2. strategisch

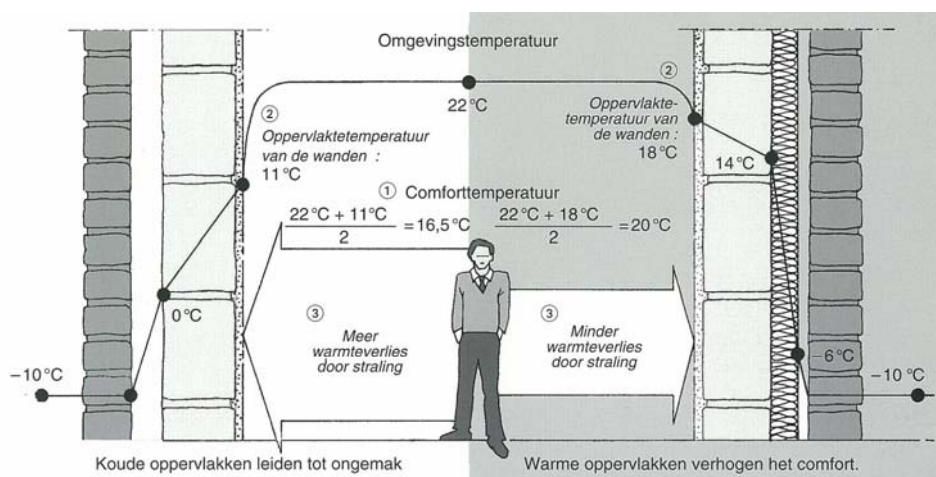
1. op korte termijn → minder afhankelijk van energieleveranciers
2. op lange termijn → langere beschikbaarheid van waardevolle grondstoffen

3. ecologisch

1. energiebesparing bij winning, omzetting en transport van energie
2. energiebesparing bij verwarmingsverbruik

4. comfort

1. minder koudestraling
2. minder snelle afkoeling
3. minder oververhitting
4. minder luchtcirculatie
5. minder kans op droge lucht

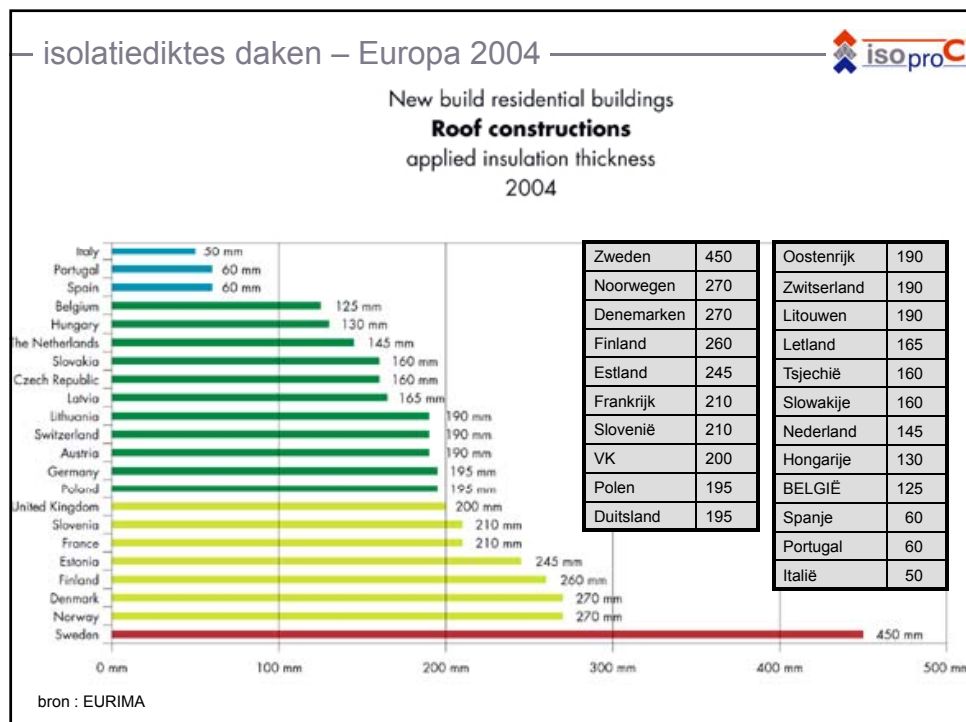


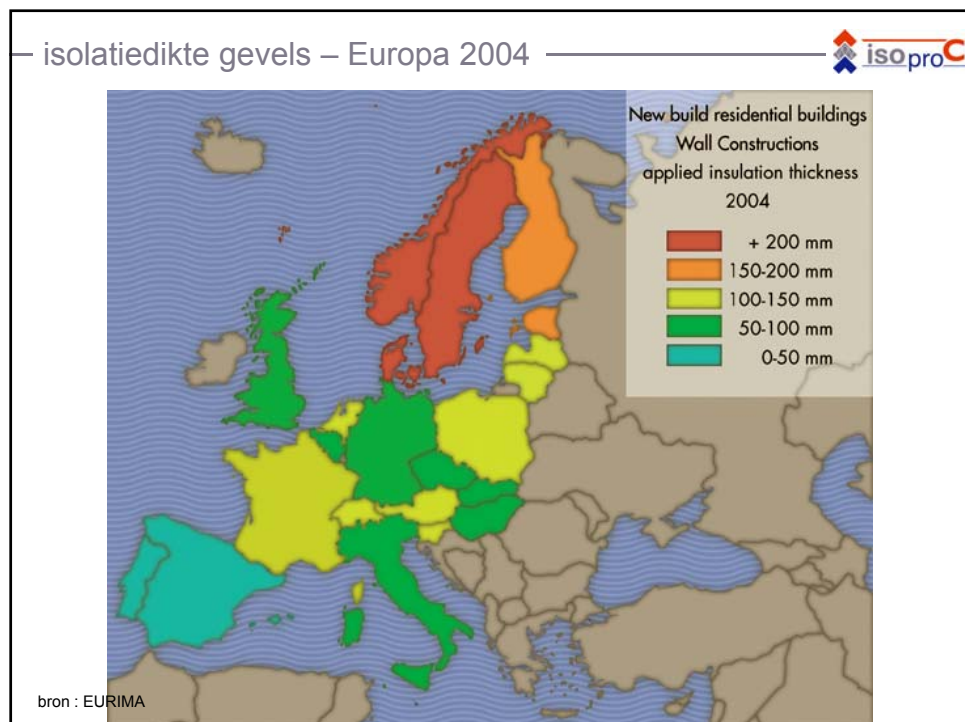
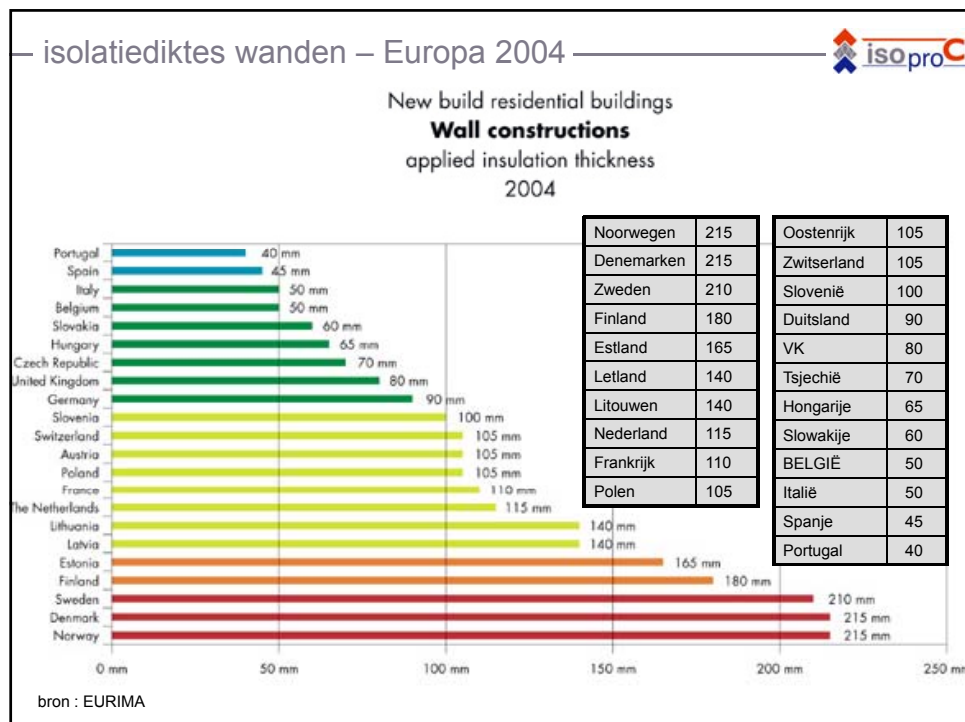
enkele begrippen : λ , R, U, K, E			
λ	lambda-waarde; warmtegeleidingscoëfficiënt van een materiaal	[W/(m.K)]	
	Geeft aan in welke mate het materiaal warmte geleidt. Hoe kleiner λ , hoe beter het materiaal isoleert.		
R	warmteweerstand van een laag	[(m².K)/W]	
	Geeft aan in welke mate een materiaallaag met dikte d warmte geleidt: $R = d/\lambda$		
R_T	totale warmteweerstand van een wand	[(m².K)/W]	
	$R_T = R_e + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + \dots + d_m/\lambda_m + R_{a1} + R_{a2} + \dots + R_{an} + R_i$		
U	warmtedoorgangscoefficiënt van een wand	[W/(m².K)]	
	(U-waarde, voorheen k-waarde) Hoeveelheid warmte die in stationaire toestand doorheen een wand gaat, per seconde, per m² en per graad temperatuurverschil. Hoe kleiner U, hoe beter de wand isoleert. $U = 1/R_T$		
K	K-peil van een gebouw	[-]	
	Peil van de globale warmte-isolatie van een gebouw.		
E	E-peil van een gebouw	[-]	
	Peil van primair energieverbruik van een gebouw.		

Enkele λ -waardes			
	W/m.K		
▪ Isolatie	$\lambda = 0,04$	0,10 m	
▪ Cellenbeton	$\lambda = 0,12$	0,30 m	
▪ Massief hout (grenen)	$\lambda = 0,14$	0,35 m	
▪ Thermische snelbouw	$\lambda = 0,24$	0,60 m	
▪ Glas	$\lambda = 0,82$	2,05 m	
▪ Beton	$\lambda = 1,70$	4,25 m	
▪ Staal	$\lambda = 45$		
▪ Zink	$\lambda = 113$		
▪ Aluminium	$\lambda = 203$		
▪ Koper	$\lambda = 384$		

in België hebben we nog een hele weg te gaan


1. De opgelegde/aanbevolen/toegepaste isolatiediktes zijn ondermaats.





— in België hebben we nog een hele weg te gaan —

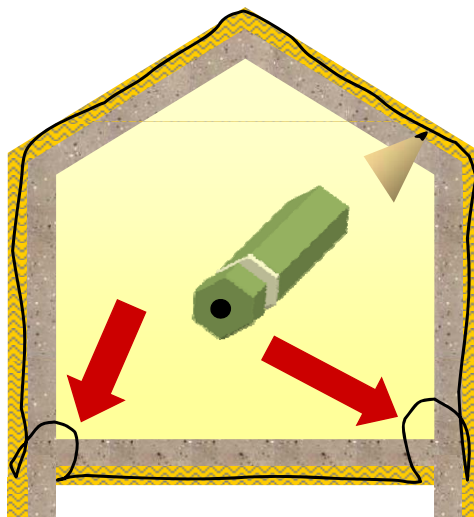


1. De opgelegde/aanbevolen/toegepaste isolatiediktes zijn ondermaats.
2. **Er is nauwelijks aandacht voor koudebruggen.**

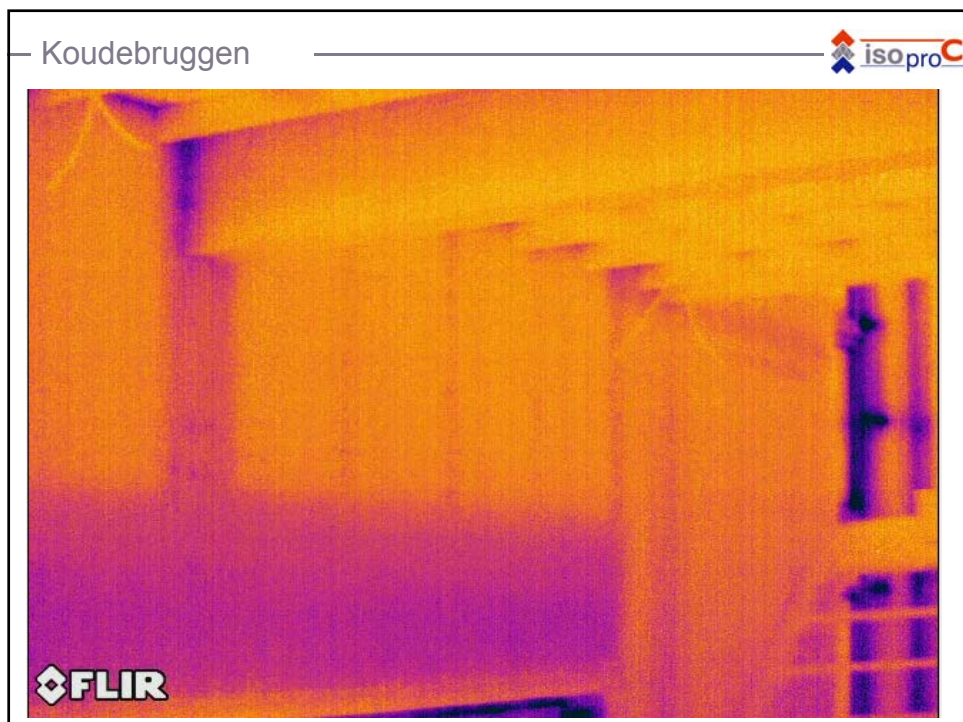
— koudebrugvrij isoleren —

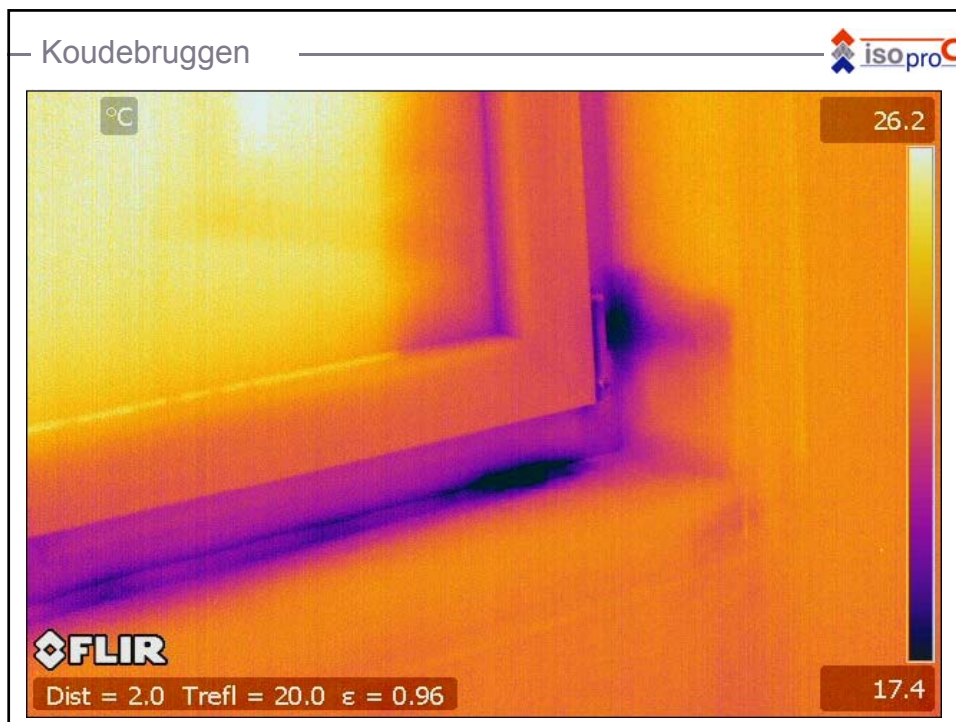


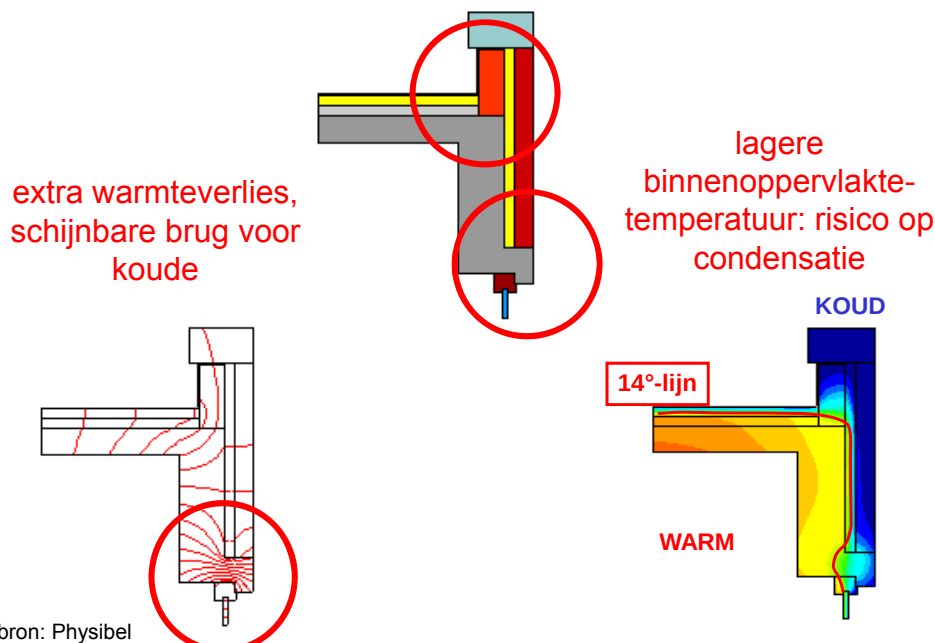
Een koudebrug is een onderbreking in de isolatieschil.



bron:  Dialoog







Ontwerpfout



Foute plaatsing



Gebrek aan precisie



Koudebruggen

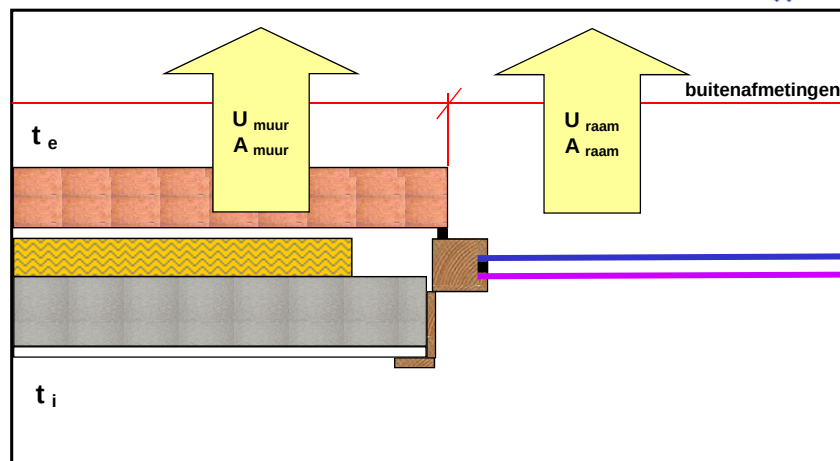


— Uitvoeringsfout —



— Gebrek aan zorg en detail —



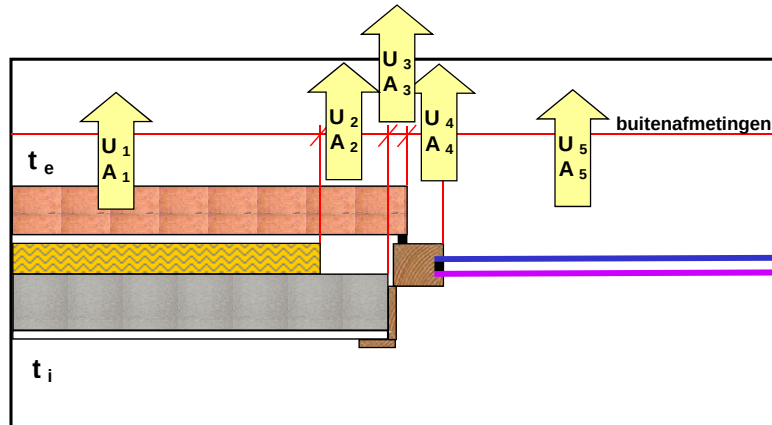


vereenvoudigd ééndimensioneel warmteverlies =

$$(U_{\text{muur}} \times A_{\text{muur}} + U_{\text{raam}} \times A_{\text{raam}}) \times (t_i - t_e)$$

bron: lakob, B. Vandermarcke

warmteverlies door koudebruggen



meer correct ééndimensioneel warmteverlies =

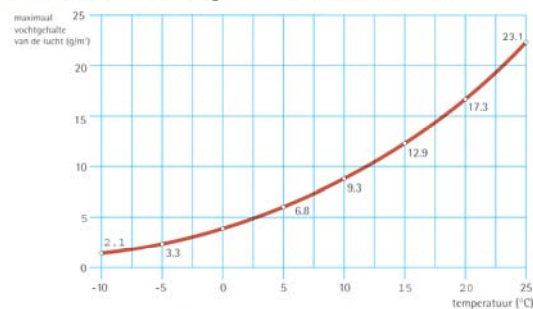
$$(U_1 \times A_1 + U_2 \times A_2 + U_3 \times A_3 + U_4 \times A_4 + U_5 \times A_5) \times (t_i - t_e)$$

bron: lakob, B. Vandermarcke

condensvorming



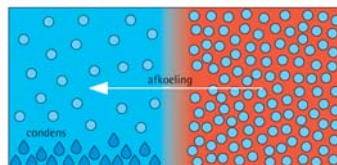
De oorzaak van bouwschade:
warme lucht die afkoelt geeft water af (condens),



omdat koude lucht minder vocht kan opnemen dan warme lucht.

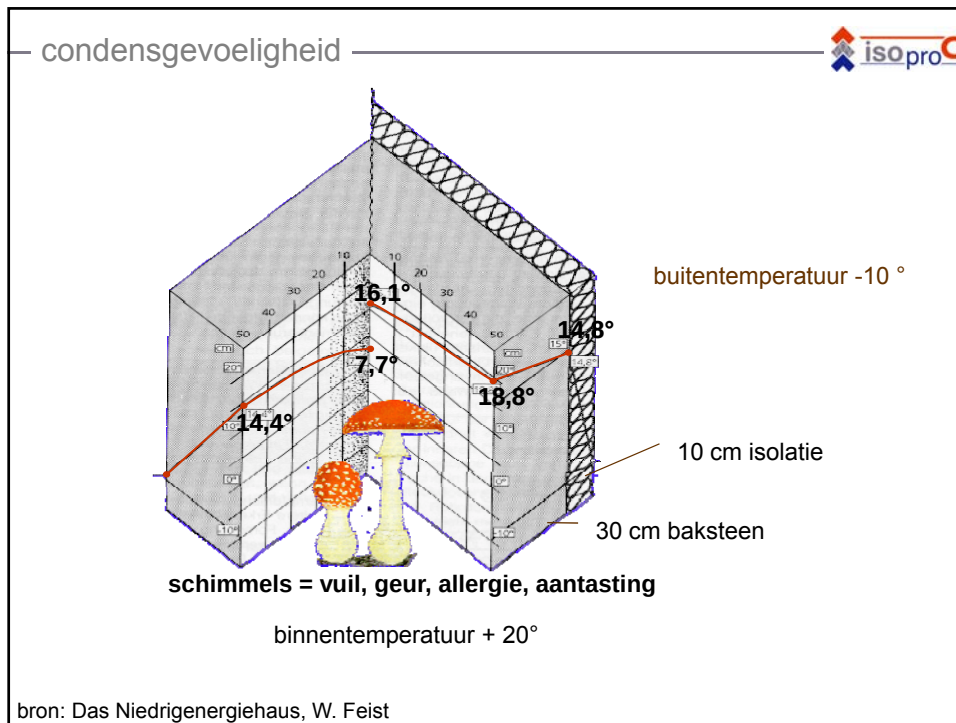
voorbeeld:

winterklimaat
volgens DIN 4108
buitentemperatuur: -10°C
maximaal vochtgehalte:
2,1 g/m³
relatieve luchtvochtigheid:
100 %
condensatie: 6,55 g/m³



winterklimaat volgens
DIN 4108
binnentemperatuur: 20°C
maximaal vochtgehalte:
17,3 g/m³
relatieve luchtvochtigheid: 50%
absolute vochtigheid: 8,65 g/m³

bron : pro clima - Moll



Enkele λ -waardes

W/m.K

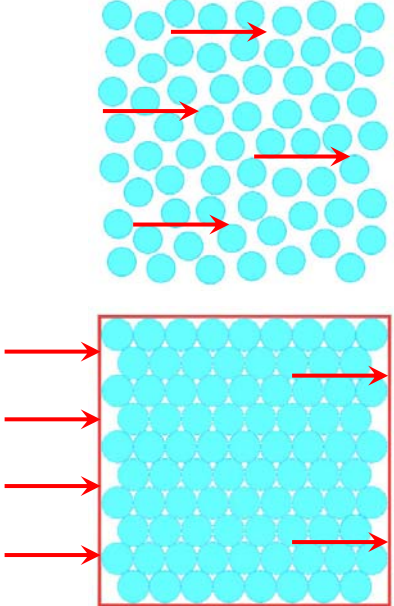
iso pro C

▪ Isolatie	$\lambda = 0,04$	0,10 m
▪ Cellenbeton	$\lambda = 0,12$	0,30 m
▪ Massief hout (grenen)	$\lambda = 0,14$	0,35 m
▪ Thermische snelbouw	$\lambda = 0,24$	0,60 m
▪ Glas	$\lambda = 0,82$	2,05 m
▪ Beton	$\lambda = 1,70$	4,25 m
▪ Staal	$\lambda = 45$	
▪ Zink	$\lambda = 113$	
▪ Aluminium	$\lambda = 203$	
▪ Koper	$\lambda = 384$	

— het principe van thermische isolatie — 

- luchtbeweging = warmtetransport
- thermische isolatie = lucht vasthouden in kleine kamers / poriën

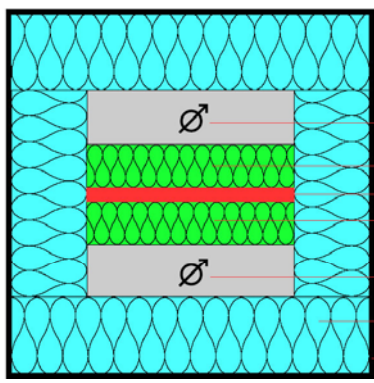
→ enkel lucht die verhindert wordt te bewegen isoleert



bron:  pro clima - Moll

— meten van de λ -waarde van een isolatiemateriaal — 

apparatuur voor het meten van de λ -waarde



thermometer
isolatiemateriaal
verwarmingsplaat
isolatiemateriaal
thermometer
isolatielaag
luchtdichting

bron:  pro clima - Moll

— goede uitvoering is uitzonderlijk —



gebrek aan winddichtheid aan de buitenzijde



— isolerende onderdakplaat,
water- en winddicht —



Celit 4D, isolerende onderdakplaat,
en bovendien stevig



Provinciale school Jodoigne





1. De opgelegde/aanbevolen/toegepaste isolatiediktes zijn ondermaats.
2. Er is nauwelijks aandacht voor koudebruggen.
3. **Goede uitvoering is uitzonderlijk:**
 - de isolatie sluit slecht aan
 - gebrek aan winddichtheid aan de buitenzijde
 - gebrek aan luchtdichtheid aan de binnenzijde.

— goede uitvoering is uitzonderlijk —



gebrek
aan luchtdichtheid
aan de binnenzijde



— goede uitvoering is uitzonderlijk —



de isolatie sluit dikwijls slecht aan
(foto 24/10/2005)



Keuze isolatie



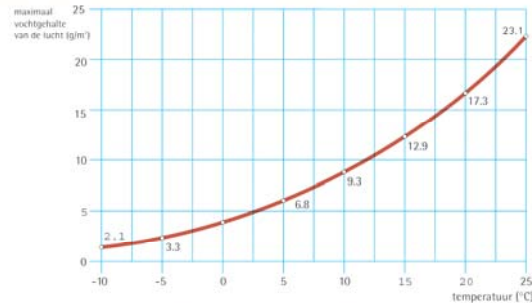
Convectiestromen



condensvorming



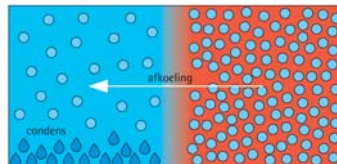
**De oorzaak van bouwschade:
warme lucht die afkoelt geeft water af (condens),**



omdat koude lucht minder vocht kan opnemen dan warme lucht.

voorbeeld:

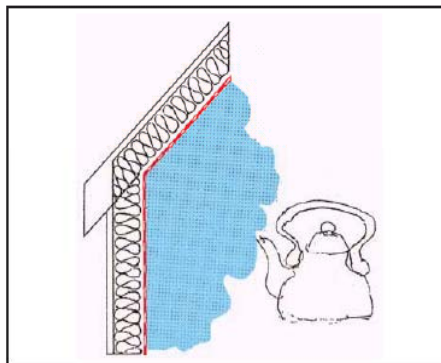
winterklimaat
volgens DIN 4108
buitentemperatuur: -10°C
maximaal vochtgehalte:
2.1 g/m³
relatieve luchtvochtigheid:
100 %
condensatie: 6.55 g/m³



winterklimaat volgens
DIN 4108
binnentemperatuur: 20°C
maximaal vochtgehalte:
17.3 g/m³
relatieve luchtvochtigheid: 50%
absolute vochtigheid: 8.65 g/m³

bron : pro clima - Moll

luchtdicht aan de binnenzijde



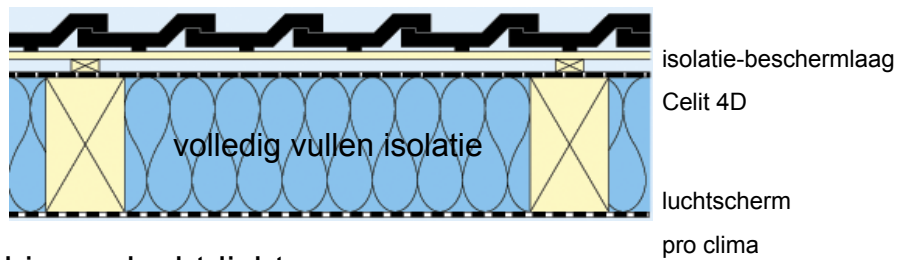
In ons klimaat is de dampdruk binnen in de winter (de meest kritische periode) hoger dan de dampdruk buiten.
Daarom komt het luchtscherm in principe aan de binnenzijde van de isolatie. De damp blijft dan in de warme zone, waardoor de kans op condensatie beperkt blijft.

bron: isofloc

de correcte opbouw



buiten winddicht



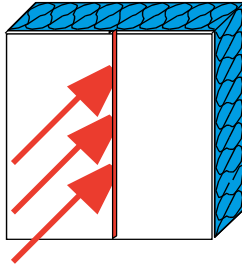
binnen luchtdicht

bron :  pro clima - Moll

luchtdichtheid



om de warmteverliezen
te beperken



1 m² geïsoleerde constructie met
luchtscherm
14 cm dampopen isolatie
1 mm kier

randvoorwaarden:
binnen +20° C, 50 % RV
buiten -10° C, 80 % RV

theoretische U-waarde:
werkelijke U-waarde,
rekening houdend met de
1 mm kier :

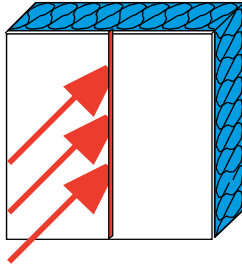
0,3 W/(m².K)

1,44 W/(m².K)

factor 4,8

bron:  pro clima – Moll;
meting: Institut für Bauphysik,
Stuttgart, DBZ 12/89

om bouwschade te vermijden



1 mm geïsoleerde constructie met
dampscherm $\mu_d = 30$ m
14 cm dampopen isolatie
1 mm kier

randvoorwaarden:
binnen $+20^\circ$ C, 50 % RV
buiten -10° C, 80 % RV

diffusie in winter:
convectie doorheen kier:

0,5 g/[m².dag]

800 g/dag

factor 1600

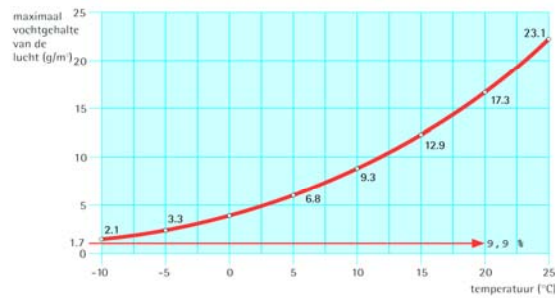
bron:  pro clima – Moll;
meting: Institut für Bauphysik,
Stuttgart, DBZ 12/89

om in de winter
te droge binnenlucht te vermijden

te droge binnenlucht in de winter

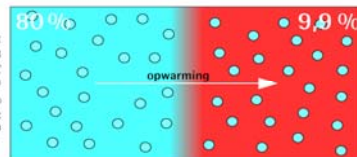


Ongewenste luchtstromen ingevolge gebrekkige luchtdichtheid leiden in de winter tot te droge binnenlucht.



Voorbeeld:

winterklimaat
volgens DIN 4108
buitentemperatuur: -10°C
maximaal vochtgehalte: $2,1\text{ g/m}^3$
relatieve luchtvochtigheid: 80%
=> absolute vochtigheid:
 $1,7\text{ g/m}^3$



winterklimaat
volgens DIN 4108
binnentemperatuur: $+20^{\circ}\text{C}$
maximaal vochtgehalte: $17,3\text{ g/m}^3$
absolute vochtigheid: $1,7\text{ g/m}^3$
=> relatieve luchtvochtigheid:
9,9%

bron : pro clima - Moll

luchtdichtheid

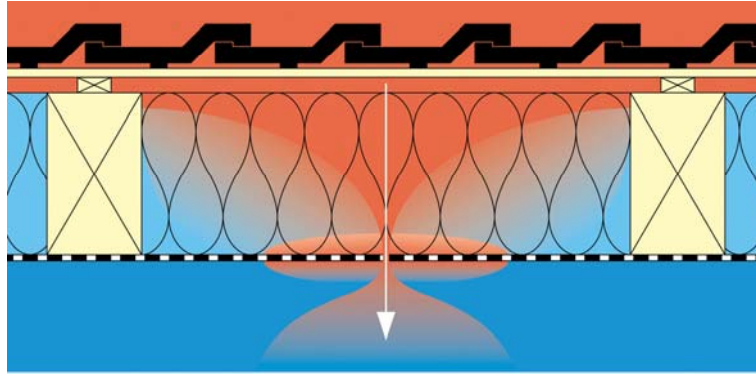


voor een goede bescherming
tegen hittedoorslag

bescherming tegen de warmte in de zomer



De warmte stroomt doorheen de niet-luchtdichte opbouw.



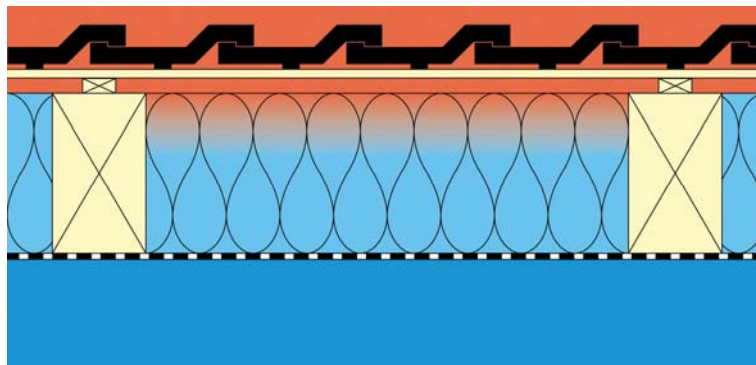
De berekende faseverschuiving wordt niet gerealiseerd.

bron :  pro clima - Moll

bescherming tegen de warmte in de zomer



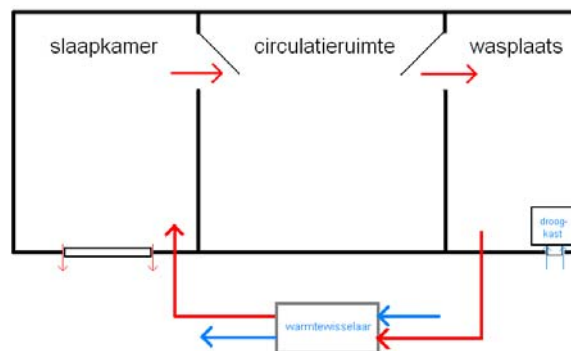
Bij correcte uitvoering moet de warmte porie na porie veroveren.



De berekende faseverschuiving wordt daadwerkelijk gerealiseerd.

bron :  pro clima - Moll

opdat het ventilatiesysteem
behoorlijk zou functioneren



Bij gebrekkige luchtdichtheid

- haalt de balansventilatie door de lekstromen met de buitenlucht niet het verhoopte rendement
 - de weggezogen lucht is kouder dan verwacht waardoor de ingeblazen lucht onvoldoende opgewarmd wordt
 - de ingeblazen lucht gaat deels verloren
- is voldoende ventilatie doorheen alle vertrekken niet gegarandeerd.

daarmee beginnen geluidsisolatie
en brandweerstand

μ diffusieweerstandsgetal (μ) [-]

Geeft aan hoeveel maal minder dan stilstaande lucht een bepaald materiaal waterdampdiffusie toelaat.

Hoe kleiner μ , hoe meer diffusie.

Voor stilstaande lucht is μ per definitie 1.

μd equivalente luchtlaagdikte [m]

Geeft aan met welke dikte stilstaande lucht een materiaallaag of meerdere lagen samen overeenkomen wat betreft dampdiffusie.

diffusieweerstand



Diffusieweerstandsgetal van een aantal bouwmaterialen

Materiaal	μ	Materiaal	μ
minerale wol, schapenwol, vlas	1	hout	40
cellulose-isolatie	1 – 1,5	cementvezelplaat	70 – 90
houtvezelisolatieplaten	2 – 5	houtderivaatplaat	70 – 250
metselwerk	5 – 10	beton	70 – 150
gipsplaten	5 – 11	pro clima DB/DB+	10.000
pleister	15 – 35	polyethyleenfolie	100.000

Berekening van de equivalente luchtlaagdikte $\mu d = \mu \times d$ (dikte)

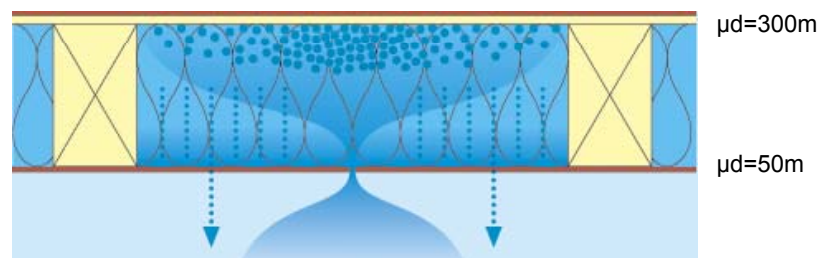
Materiaal	μd
onderdakfolie conform DIN 68 800	tot 0,10 m
22 mm houtvezelisolatieplaat	5 x 0,022 = 0,11 m
30 cm metselwerk	7,5 x 0,3 = 2,25 m
0,23 mm pro clima DB/DB+	10.000 x 0,00023 = 2,30 m
60 mm hout	40 x 0,06 = 2,40 m
18 mm OSB	222 x 0,18 = 4,00 m
20 cm beton	100 x 0,2 = 20,00 m
dampscherm	250.000 x 0,0002 = 50,00 m
3 mm bitumen	80.000 x 0,003 = 240,00 m

bron : pro clima - Moll

buiten en binnen dampdicht



isolatie over de volledige hoogte van de keperplanken



diffusie berekend volgens DIN 4108

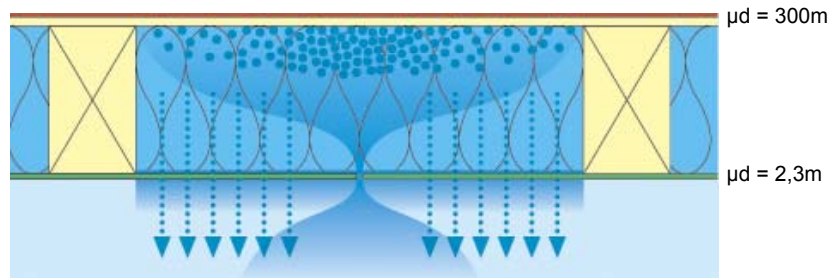
toename vocht in genormeerde winterperiode	16 g/m ²
uitdroging in genormeerde zomerperiode	44 g/m ²
verschil = uitdrogingsreserve	28 g/m ²

bron : pro clima - Moll

buiten dampdicht, binnen dampopen



isolatie over de volledige hoogte van de keperplanken



diffusie berekend volgens DIN 4108

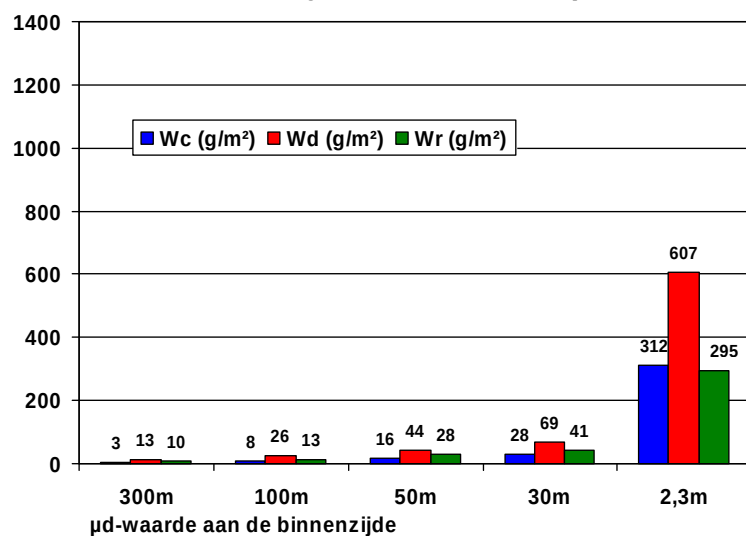
toename vocht in genormeerde winterperiode	312g / m ²
uitdroging in genormeerde zomerperiode	607g / m ²
verschil = uitdrogingsreserve	295g / m ²

bron : pro clima - Moll

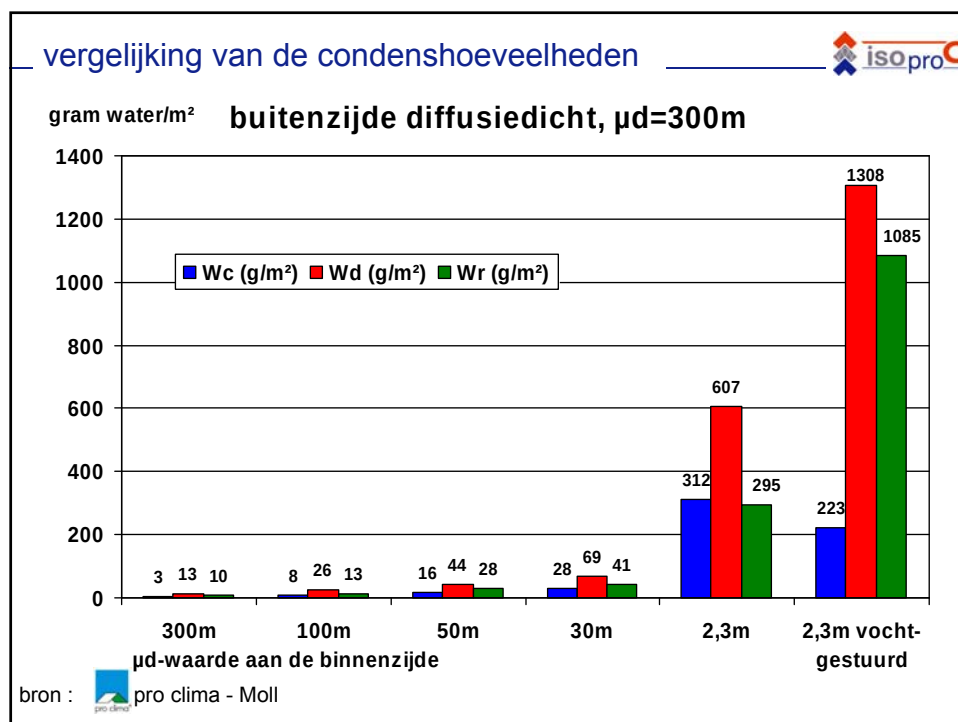
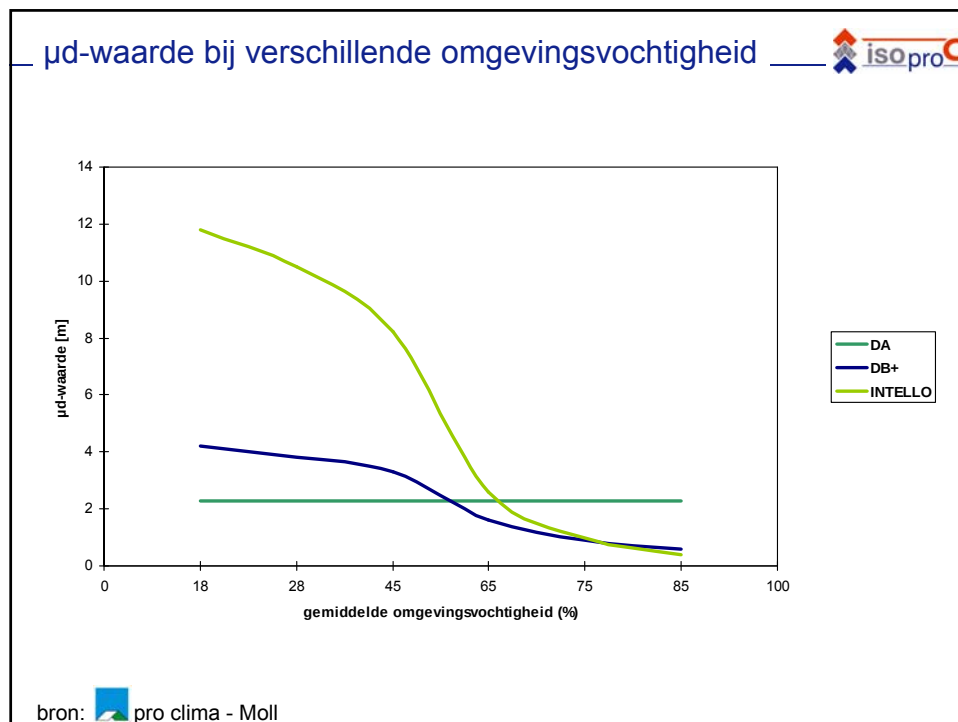
vergelijking van de condenshoeveelheden



gram water/m² buitenzijde diffusiedicht, $\mu_d=300m$



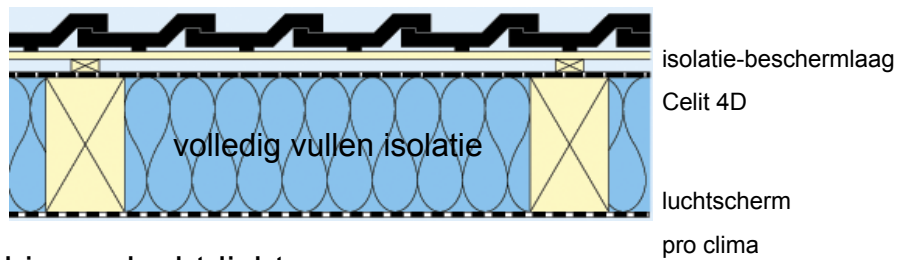
bron : pro clima - Moll



de correcte opbouw



buiten winddicht



binnen luchtdicht

bron :  pro clima - Moll

PASSIEFHUIS



- De benaming passiefhuis: precieze criteria
 - Energiebehoefte voor verwarming: **Maximum 15 kWh/m².jaar**
 - Totale energiebehoefte: **Maximum 42 kWh/m².jaar**
 - Graad van luchtdichtheid: **n50 < 0,6 hernieuwing/h**

controle luchtdichting



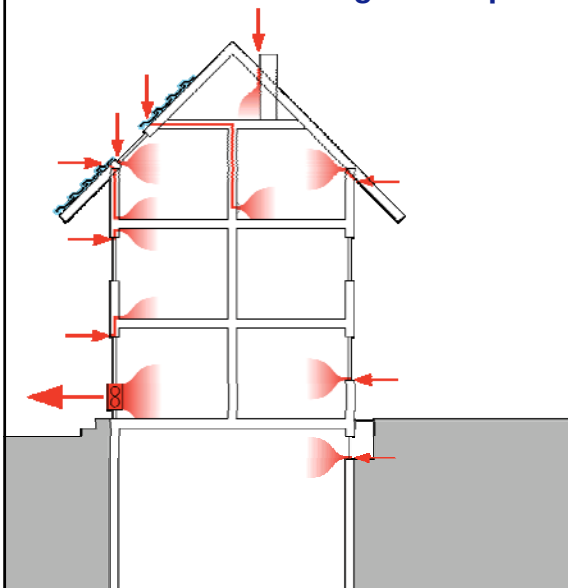
WINCON
luchtdichtingstest
kwalitatief
controle van de luchtdichting
onmiddellijk na de uitvoering



BLOWERDOOR
luchtdichtingsmeting
kwantitatief
bepaling van de n_{50} -waarde
van de gebouwschil

bron :  pro clima - Moll

controle luchtdichting: verloop van de test



Hoe verloopt een onderdruktest?

Door de onderdruk van 50 Pa stroomt door lekken in de luchtdichting lucht naar binnen.

Die luchtstroom wordt nu nog dikwijls opgespoord met de hand. Visualisatie gebeurt met rookstaafjes.

Met een thermografische camera gaat het veel vlugger en komen ook kleine foutjes aan het licht.

bron :  pro clima - Moll

Blower Door test



Blower Door test



