

# KLUSSEN IN FRANKRIJK

Vivent les bricoleurs!  
Christian, bricoleur par passion, pas par nécessité.

Home

0 Inhoud, trefwoorden

01 Voorstelling, intenties

02 Planning

03 Algemene adviezen

04 Architecten en aannemers

05 Vergunningen, offertes

06 Dak, timmerwerk

07 Funderingen, muren, scheidingswanden; muren voegen

08 Vloeren, plafonds en trappen

09 Deuren, ramen, luiken

10 Water en riool

11 Fosse septique

12 Verwarming, ventilatie en airco

13 Elektra, telefoon, internet

14 Gas, propaan, butaan

15 Isolatie

16 Muurafwerking: Schilderen, verven, tegelzetten

17 Vocht, ventilatie en tocht

18 Pluggen en bevestigingen

19 Terrassen, tuin en erf

20 Gereedschappen, hulpmiddelen etc.

21 Woordenlijst van bouwkundige termen

22 Referenties, literatuur, websites

23 Diverse tips en informaties

24 Uitgevoerde projecten

reserve 1

reserve 2

reserve 3

reserve 4

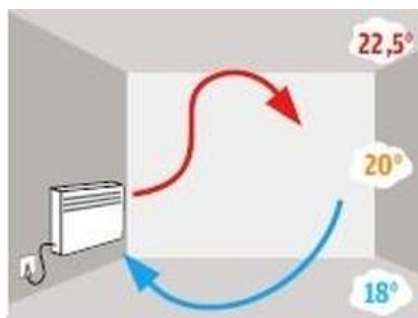
reserve 5

reserve 6

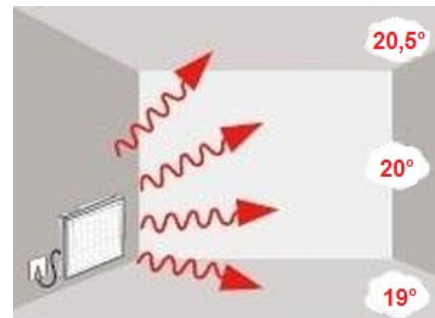
## 15.1 PHYSIOLOGISCHE EN TECHNISCHE ACHTERGRONDEN VAN WARMTEHUISHOUDING

### 1. Behaaglijkheid

De mens heeft warmte nodig om zich behaaglijk te voelen. Deze warmte kan op **drie manieren** tot ons komen. Het kan via **stralingswarmte**, maar ook door **convectie** (warmtetransport door zich verplaatsende vloeistoffen of gas, in dit geval bewegende lucht), en door **geleiding**. De laatste vorm ervaren we eigenlijk alleen als we met een hete kruik in bed gaan liggen, maar de andere twee vormen komen we bij de ons bekende soorten verwarming beide tegen. Aan de hand van twee plaatjes zal het principe duidelijk gemaakt worden.



afb. 15.1 - 1 Ruimte met convector © LeroyMerlin



afb. 15.1 - 2 Ruimte met straalkachel © LeroyMerlin

Warmtetransport via convectie wordt veel toegepast. Bijna iedere verwarming produceert een behoorlijk aandeel convectiewarmte. Hoe hoger de temperatuur hoe meer convectieaandeel. De installatie warmt lucht op en omdat warme lucht lichter is dan koude lucht, zal die warme lucht opstijgen naar het plafond. Daar aangekomen, koelt de lucht langzamerhand af en zal weer zakken naar de grond om daar weer te worden opgewarmd. Er ontstaat dus een lucht-circulatie.

Stralingswarmte daarentegen is diepe infrarode straling die direct naar de bewoners straalt, en op ons lichaam omgezet wordt in warmte.

Maar voor een behaaglijk binnenklimaat is behalve temperatuurbeheersing ook het juiste luchtvochtgehalte belangrijk.

In alle colleges 'verwarming en klimaatbeheersing' kan men horen dat een mens in een complex thermodynamisch evenwicht met zijn omgeving staat. Vier omgevingsfactoren zijn verantwoordelijk voor het welbevinden van de mens:

**TEMPERATUUR**  
**STRALING**  
**VOCHT**  
**TOCHT**

Ter illustratie:

Iedereen heeft bij koud weer wel eens in een warme kamer de koude straling van een venster met enkel glas gevoeld: voldoende **luchttemperatuur**, maar te veel koude straling. Andersom is het op een door straalkachels verwarmd terras niet echt lekker als je op de rug de kou blijft voelen: genoeg of zelfs te veel warme **straling**, maar te lage luchttemperatuur.

Het **vochtgehalte** van de omgevende lucht moet een zoveel mogelijk 'natuurlijke' waarde hebben, en dat is **40-60% relatieve vochtgehalte**. Bij een lage waarde van bijvoorbeeld ongeveer 25% drogen de slijmvliezen uit, bij een hoge waarde van bijvoorbeeld 90 à 95% spreekt men van een benauwend klimaat.

En dan **tocht**: In een aangenaam verwarmde ruimte wordt zelfs een erg zachte prikkel door langs ons lichaam stromende koude lucht als onaangenaam en comfortbedervend ervaren.

reserve 7

De genoemde behaaglijkheidwaarden kunnen elkaar gedeeltelijk compenseren (geringe tocht door bijvoorbeeld een heteluchtverwarming wordt getolereerd omdat de temperatuur ervan iets hoger is), maar het streven moet zijn **alle vier behaaglijkheidsfactoren** binnen de normale grenzen te houden.

Een mens voelt zich over het algemeen behaaglijk als de som van de luchttemperatuur en de gemiddelde stralings-temperatuur (de gemiddelde oppervlaktetemperatuur van de ons omringende wanden, vloeren, plafonds en verwarmingselementen) 37 graden Celsius bedraagt. Dat betekent twee dingen:

Als ons verwarmingssysteem een grote hoeveelheid stralingswarmte produceert en de ons omringende wanden een hoge temperatuur hebben, kan de luchttemperatuur in de kamer iets lager zijn om het toch behaaglijk te hebben.

Hoe groter het oppervlak van het verwarmingselement is, hoe lager de oppervlaktetemperatuur van het verwarmingselement hoeft te zijn om evenveel warmte aan het vertrek af te geven. Dit betreft zowel de convectiewarmte als de stralingswarmte.

Deze gegevens zijn van belang voor de efficiëntie van het verwarmingssysteem en de huisisolatie. Daar komen we later nog op terug.

## 2. Warmtegeleidingscoëfficiënt

In de vorige alinea hebben we geleerd dat de oppervlaktetemperatuur van de wanden cruciaal is bij de vraag of we ons behaaglijk voelen in een verwarmde ruimte. De oppervlaktetemperatuur hangt grotendeels af van de mate van isolatie van muren, vloer en plafond. Hoe beter geïsoleerd een wand is, hoe warmer hij aan de binnenzijde zal zijn.

Met isoleren willen we dus het warmtetransport van binnen naar buiten tegengaan. Iedere materiaalsoort zal in meer of mindere mate weerstand bieden aan dat warmtetransport. Een muur opgebouwd uit ijzeren golfplaten doet dat minder dan een muur van piepschuim.

De maat voor die warmtegeleiding door een materiaalsoort noemen we de warmtegeleidingscoëfficiënt of wel  $\lambda$  (= Lambda) van het materiaal. De warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$  heeft de dimensie [W/mK] en kan geïnterpreteerd worden als de warmtestroom die door een materiaal met een dikte van 1 m gaat wanneer het temperatuurverschil tussen beide tegenover elkaar liggende vlakken gelijk is aan 1 graad Kelvin.

In de dimensie [W/mK] is:

W = warmtestroom in Watt

m = meter materiaaldikte

K = temperatuurverschil in graad Kelvin (Kelvin is hetzelfde als Celsius, maar met een ander nulpunt).

Voor alle materiaalsoorten is deze coëfficiënt vastgesteld en hieronder staat een korte tabel voor veel voorkomende bouwmaterialen. Een uitgebreidere lijst is [hier](#) te vinden.

Materiaal	Lambda [W/mK]
Basalt / graniet	3,5
Zandsteen	2,0 - 4,0
Beton	1,3 - 1,9
Kalkzandsteen	1,0 - 1,3
Pleisterlagen	0,8 - 0,9
Vensterglas	0,8 - 0,9
Bakstenen	0,4 - 0,8
Gipskartonplaat	0,21 - 0,46
Hardhout	0,17
Naaldhout	0,14
Cellenbeton	0,1
Minerale wol (glaswol/steenwol)	0,036 - 0,041
Polystyreenschuim geëxpandeerd ('piepschuim')	0,035
Polystyreenschuim geëxtrudeerd	0,027
<i>ter vergelijking:</i>	
Lucht, droog en stilstaand	0,024
water	0,6

Het is duidelijk te zien dat het soortelijk gewicht van de materialen een bepalende factor is voor de warmtegeleidingscoëfficiënt. Graniet en beton hebben een hoge Lambda en piepschuim heeft een heel lage Lambda. Dat komt doordat in de meeste gevallen ingesloten lucht de basis vormt voor de isolerende werking. Hoe meer (stilstaande) lucht een materiaal bevat, hoe beter het isoleert. En dat betekent ook dat binnen de aardatmosfeer geen lagere lambda-waarde dan die van lucht realiseerbaar is.

De Lambda-waarden in de tabel gelden voor droog materiaal. Richtgetallen voor vochtig materiaal bestaan ook, maar natuurlijk zijn deze waarden afhankelijk van het watergehalte. Maar zoveel is duidelijk: de waarden gaan in de richting van water, en dat heeft een veel hoger warmtegeleidingscoëfficiënt dan lucht (25 maal zo hoog). **Daarom mag isolatiemateriaal nooit vochtig worden, niet door insijpelend water en niet door condensvocht!**

### 3. R-waarde --> de warmteweerstand

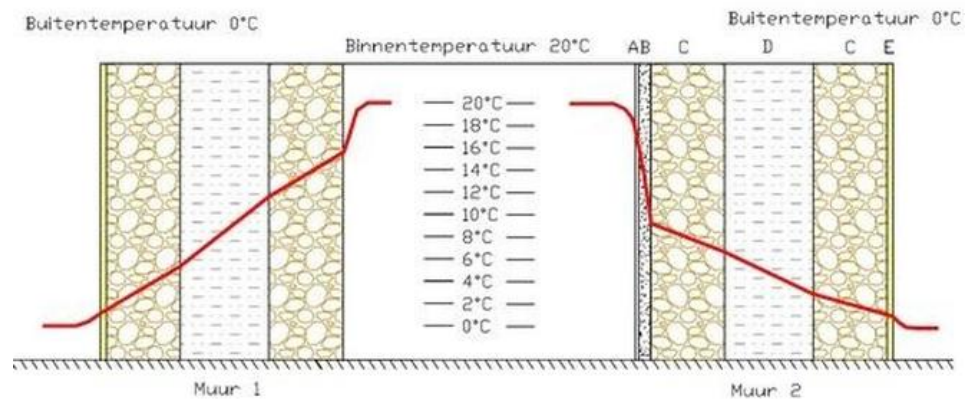
In de praktijk interesseert de warmteweerstand van een bouwelement. Warmtegeleidingscoëfficiënt en dikte van de materialen bepalen de warmteweerstand (R-waarde) van een constructiedeel. De R-waarde is het meest genoemde kengetal bij de diverse bouw- en en isolatiemiddelen. R heeft de dimensie [ $m^2K/W$ ]. De formule voor de samenhang tussen  $\lambda$  (=Lambda), materiaaldikte en warmteweerstand R is:

**Warmteweerstand (R-waarde) = Materiaaldikte in meter / Warmtegeleidingcoëfficiënt**

Hoe hoger de R-waarde is, hoe beter het materiaal isoleert.

Omdat een muur, dak of vloer meestal uit meerdere materialen opgebouwd is, kan door optelling van de individuele R-waarden de warmteweerstand van de totale constructie berekend worden.

Om een idee ervan te geven wat simpele isolatie kan betekenen, geven we een rekenvoorbeeld. We nemen als voorbeeld zo'n mooie Franse *mur en pierres apparentes* van 80 cm dikte, bestaande uit een binnen- en buitenblad van elk 25 cm natuursteen en een vulling van leem, stro en gruis met een dikte van 30 cm en aan de buitenzijde een pleisterlaag. Aan de binnenzijde is muur 1 ongeïsoleerd en muur 2 met 4 cm polystyreenschuim en gipsplaat geïsoleerd.



afb. 15.1 - 3 Rekenvoorbeeld 'Franse' muur

A = gipsplaat 12 mm

B = polystyreenschuim geëxpandeerd 4 cm

C = natuursteen 25 cm

D = spouwvulling van leem, stro en gruis 30cm

E = een pleisterlaag van 2 cm dikte

De rode lijn geeft het temperatuurverloop in de muur en vlak daarbij (in de grenslaag).

We zien dat op korte afstand van de binnenzijde van de muur een daling van de temperatuur plaatsvindt. Dit komt doordat de lucht die aan de muur grenst zijn warmte afstaat aan de muur. Maar bij de geïsoleerde muur is dat veel minder dan bij de ongeïsoleerde. Hoe beter we isoleren, hoe kleiner deze temperatuursval aan de binnenzijde zal zijn, bij gelijke binnenluchttemperatuur uiteraard. Aan de buitenzijde zal het omgekeerde gebeuren. De oppervlakte van de muur zal iets warmer zijn dan de buitenlucht op een meter afstand. Maar dit is erg afhankelijk van de ruwheid van de muur en hoe hard het waait.

Met de kennis van de warmtegeleidingscoëfficiënt en de dikte van de materialen is dan uit te rekenen wat de warmteweerstand is van de totale muur.

We gaan er voor het gemak van uit dat alle materialen droog zijn.

Constructiedeel	Lambda [W/m.K]	Dikte [meter]	R-waarde muur 1 [ $m^2.K/W$ ]	R-waarde muur 2 [ $m^2.K/W$ ]
Natuursteen	3	$2 \times 0,25 = 0,5$	0,167	0,167
Vulling leem/stro/gruis	0,5*	0,3	0,6	0,6
Pleisterlaag	0,93	0,02	0,0215	0,0215
Polystyreenschuim	0,035	0,04	-	1,143
Gipsplaat	0,32	0,012	-	0,038
<b>R-waarde totaal</b>			<b>0,79</b>	<b>1,97</b>

\* De Lambda-waarde van de spouwvulling is een schatting van de auteur en gebaseerd op de veronderstelling dat de hoge isolatiewaarde van het stro gedeeltelijk gecompenseerd wordt door de lage isolatiewaarde van steenachtig gruis en leem.

We zien dus dat door het toevoegen van 4 centimeter piepschuim de isolatiewaarde van zo'n dikke Franse muur ongeveer een factor 2,5 hoger wordt. Toch is dit nog geen ideale isolatiewaarde. Ter vergelijking: in het Nederlandse bouwbesluit is opgenomen dat alle muren van nieuwbouwwoningen een R-waarde moeten hebben van minimaal 2,5  $m^2.K/W$ . Maar er wordt (ook in Frankrijk) pas gesproken van een **goede isolatie** als de R-waarde 5  $m^2.K/W$  bedraagt.

De R-waarde is dus af te leiden van de warmtegeleidingscoëfficiënt en de dikte van het materiaal, maar deze

berekening is alleen toepasbaar als het om massieve materialen gaat. Veel bouwmaterialen zijn niet massief zoals de bekende Franse bouwblokken. De R-waarde hiervan wordt in een gestandaardiseerde meetopstelling bepaald. Hieronder een tabel met typisch Franse bouwmaterialen. In de [pdf met extra info](#) staan nog meer R-waarden.

Bouwmateriaal	Dikte [mm]	R-waarde [m <sup>2</sup> .K/W]
<i>Parpaign</i> (gegoten hol betonelement)	100	0,09
	150	0,15
	200	0,22
<i>Brique alvéolaire</i> (baksteenblokken met luchtkanalen)	290	2,2
<i>Brique de verre</i> (glazen bouwstenen)	100	0,31
<i>Béton cellulaire</i> (gasbetonblokken)	100	0,92
	150	1,37
	200	1,75
<i>Vitrage normal</i> (enkel glas)	-	0,18
<i>Double vitrage basse émissivité</i> (HR++ glas)	-	0,83
<i>Plaques polycarbonates</i> (Polycarbonaat kanaalplaat)	16	0,43
<i>Cloison Alvéolaire</i> (tweelaags gipsplaat met kartonvulling)	50	0,34

#### 4. U-waarde --> warmtedoorgangscoefficiënt

Bij sommige materialen, bijvoorbeeld ramen, wordt de U-waarde opgegeven. De U-waarde is de warmtedoorgangscoefficiënt. Deze waarde (vroeger de k-waarde) drukt de hoeveelheid warmte uit die per seconde, per 1 m<sup>2</sup> en per graad temperatuurverschil tussen de ene en de andere zijde van een constructie doorgelaten wordt. De eenheid voor de U waarde is W/(m<sup>2</sup>.K). In feite is de U-waarde de reciproque van de R-waarde (1/R).

Met de U-waarde van een vierkante meter bouwkundig element is het gemakkelijk om het energieverlies door een constructie te berekenen. Bijvoorbeeld uit de vorig tabel is te halen dat HR++ glas een R-waarde heeft van 0,83. de U-waarde is dus 1/0,83 = 1,2 W/m<sup>2</sup>.K. Dat wil zeggen dat we door een raam van 1 vierkante meter groot bij een temperatuur verschil van één graad, tussen binnenzijde en buitenzijde, 1,2 Watt aan warmte verliezen. Bij 2 vierkante meter en 20 graden temperatuur verschil bedraagt het warmteverlies dus 1,2 W/m<sup>2</sup>.K x 2m<sup>2</sup> x 20°K = 48 Watt enz. Deze U-waarde is nodig als men een totale warmteverlies gaat uitrekenen voor een woning om zo de benodigde capaciteit van een verwarmingssysteem vast te stellen.

#### 5. Q-waarde --> warmtecapaciteit

Om volledig te zijn moet ook de warmtecapaciteit worden behandeld, want deze waarde heeft een behoorlijke invloed op de behaaglijkheid van het binnenklimaat.

Bij oplopende omgevingstemperatuur neemt elke bouwconstructie een bepaalde hoeveelheid warmte op. De warmtecapaciteit is een maat voor de hoeveelheid warmte, opgenomen door een hoeveelheid materiaal per m<sup>2</sup> en per graad temperatuurstijging. En is afhankelijk van de soortelijke warmte, de soortelijke massa en de dikte van het bouw-materiaal. En wordt uitgedrukt in [J/m<sup>2</sup>.K]. In formule vorm:

$$Q = c * \rho * e$$

Q = warmtecapaciteit

c = de soortelijke warmte (J/kg.K)

$\rho$  = de droge volumemassa (kg/m<sup>3</sup>)

e = de dikte (m)

Om een idee te geven is de warmtecapaciteit van een baksteen muur van 300 mm dikte berekend:

Bouwmateriaal	Soortelijke massa $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Soortelijke warmte c [J/kg.K]	Thermische capaciteit Q [J/m <sup>2</sup> .K]
Baksteen	2000	840	504.000

Q-waarden voor andere materialen zijn [hier](#) te vinden.

Als de wanden van een woonruimte alleen uit steenachtige materialen zijn opgebouwd, zal de woonruimte een grote warmtecapaciteit hebben. Dit heeft een stabiliserende werking op de temperatuur van de woonruimte, het huis is thermisch traag. Dat kan ook een nadeel zijn, omdat het dus lang duurt om een woonruimte vanuit een koude situatie op een behaaglijke temperatuur te brengen. Andersom blijft een woonruimte ook lang op temperatuur als de kachel om wat voor reden dan ook plotseling dienst weigert.

Als de binnenzijde van de wanden van een woonruimte daarentegen opgebouwd is uit isolatiemateriaal, is de ruimte zeer snel op temperatuur te krijgen, maar schommelt de temperatuur ook veel meer. Als de kachel uitgaat, zal de temperatuur binnen de kortste keren ook weer zakken. Maar ook als bijvoorbeeld de zon door de ramen schijnt, kan de temperatuur snel oplopen tot onaangename temperaturen. Hier moet dus een gulden middenweg in gekozen worden.

Als vuistregel kan gelden dat de **gemiddelde** warmtecapaciteit van **alle** oppervlakten van een ruimte ongeveer 100.000 – 200.000 J/m<sup>2</sup>.K moet zijn om een ruimte op te leveren die een goed compromis is van redelijk snel opwarmen en traag genoeg afkoelen.

Dit getal is een ervaringsgetal van de auteur.

Hij kan zich voorstellen dat het de lezer wat duizelt en hem de moed wat in de schoenen zinkt als je naar alle berekeningen kijkt. Dan heeft hij goed nieuws, want al dit soort berekeningen kan ook door de computer gedaan worden. Een redelijk goed (gratis) programma is bijvoorbeeld U-calc. Dit is te verkrijgen op de Belgische site van **Rockwool**. Het programma is wel erg geënt op de producten van Rockwool maar is toch wel bruikbaar. Een uitgebreidere versie en meer universeel van opzet is Buildesk-U versie 3.3; ook dit is freeware, maar vergt na een maand wel het aanvragen van een keycode. Dit programma is te vinden op de **Nederlandse Rockwool site**.

Na al dit getheoretiseer over de Lambda, R-, U- en Q-waarden, zie de praktijk in menupunt **15.2 - 15.4**.

**verder -->**

---

Maak een gratis website met Weebly