

# Warmteverlies

# berekenen

*Verwarmingsinstallaties*



## **COLOFON**

©2019 Kenteq, Hilversum

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand dan wel openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opname, of enige andere wijze, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Kenteq  
Postbus 81  
1200 AB Hilversum

[info@techniekstad.nl](mailto:info@techniekstad.nl)

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Warmtetransport</b>	<b>7</b>
2.1	Principes	7
2.2	Transportmedia	8
2.3	Constructies	10
<b>3</b>	<b>Behaaglijkheid</b>	<b>13</b>
3.1	Behaaglijkheidsmodel	13
3.2	Comfortparameters	15
<b>4</b>	<b>Opbouw benodigd vermogen</b>	<b>19</b>
4.1	Onderdelen warmteverliesberekening	19
<b>5</b>	<b>Transmissiewarmteverlies</b>	<b>23</b>
5.1	Basisbegrippen en afspraken	23
5.2	Totaal warmteverlies door transmissie	31
<b>6</b>	<b>Warmteverlies via buitenluchttoetreding</b>	<b>33</b>
6.1	Basisbegrippen en afspraken	33
6.2	Warmteverlies door infiltratie	34
6.3	Warmteverlies door ventilatie	35
6.4	Totaal warmteverlies via buitenluchttoetreding	36
<b>7</b>	<b>Opwarmtoeslag</b>	<b>37</b>
7.1	Basisbegrippen en afspraken	37
7.2	Totaal toeslag voor opwarming	39
<b>8</b>	<b>Warmteverliesberekening vertrek</b>	<b>41</b>
8.1	Inleiding	41
8.2	Warmtedoorgangscoefficiënt	41
8.3	Ontwerpgegevens	41
8.4	Constructiegegevens	42
8.5	Temperatuurgelaagdheid van de diverse ruimten	43
8.6	Ontwerpbuitentemperatuur	43
8.7	Schetsen van de ruimten	43
8.8	Correctiewaarden	45
8.9	Schetsen met correctiefactoren	45
8.10	Transmissiewarmteverliesberekening	46
8.11	Warmteverliesberekening door buitenluchttoetreding en opwarmtoeslag	51
<b>9</b>	<b>Selectie warmtopwekker</b>	<b>55</b>
9.1	Aandachtspunten bepaling aansluitvermogen	55
9.2	Benodigd aansluitvermogen vertrekmethode	56
9.3	Benodigd aansluitvermogen schilmethode	56

<b>10</b>	<b>Vragen</b>	<b>61</b>
10.1	Vragen Warmtetransport	61
10.2	Vragen Behaaglijkheid	62
10.3	Vragen Opbouw benodigd vermogen	64
10.4	Vragen Transmissiewarmteverlies	65
10.5	Vragen Warmteverlies via buitenluchttoetreding	67
10.6	Vragen Warmteverliesberekening vertrek	68
10.7	Vragen Opwarmtoeslag	69
10.8	Vragen Selectie warmteopwekker	70

WARMTEBEREKENING

# 1 Inleiding

Mensen hebben altijd getracht zich te beschermen tegen extreme weersinvloeden. In de eenvoudigste vorm bestond deze bescherming uit een schuilplaats met een open vuur. In onze huidige woningen hebben wij centrale verwarming om ons zo te beschermen tegen het buitenklimaat in de koudere jaargetijden. De verwarming moet dusdanig zijn dat wij ons hierbij behaaglijk voelen.



*Warmteverlies woning*

Als ontwerper van een centrale-verwarmingsinstallatie krijg je al vrij snel te maken met de warmteverliesberekening. Via deze berekening bepaal je de benodigde verwarmingsvermogens per ruimte, de totale warmtebehoefte in het gebouw en het vermogen van de warmteopwekker. Met als uiteindelijk doel: een behaaglijk binnenklimaat realiseren!

In dit boek maak je kennis met de principes van de warmteverliesberekening.

## Leerdoelen

Je leert de grondslagen, die al sinds jaar en dag gelden, voor het maken van een warmteverliesberekening van een gebouw.

Aan de hand van een voorbeeldgebouw maken we stap voor stap een berekening. We doen hierbij regelmatig aannames om de lesstof eenvoudig en begrijpelijk te houden. Afhankelijk van de toepassing van het te ontwerpen gebouw zul je in de praktijk dus ook relevante publicaties moeten raadplegen. Het is handig de volgende ISSO-publicaties naast dit boek beschikbaar te hebben:

- ISSO-publicatie 51; Warmteverliesberekening voor woningen en woongebouwen
- ISSO-publicatie 60; U- en R-waarden van bouwkundige constructies

# INZIEDE

## 2 Warmtetransport

Voor het bepalen van het warmteverlies van een gebouw is het belangrijk dat je bekend bent met de principes van warmtetransport en de verschillende media die je hierbij tegenkomt.

Daarnaast krijg je ook regelmatig te maken met het warmtetransport via bouwkundige constructies.

bron: Inspec Elektrotechniek



*Warmtetransport bouwkundige constructie via infrarood opname*

Dit hoofdstuk geeft hierover voldoende inzicht, zodat je deze kennis kunt gebruiken bij het maken een warmteverliesberekening.

### 2.1 Principes

Hoe komen we aan warmte? Warmte wordt meestal opgewekt door:

- verbranding van een brandstof zoals bijvoorbeeld gas;
- elektriciteit; deze elektriciteit is zelf ook weer opgewekt met behulp van brandstof, kernenergie, windenergie of waterkracht;
- afvalwarmte uit een proces.

De opgewekte warmte moet worden getransporteerd naar de plaats waar deze warmte nodig is. Dit transport berust op de volgende natuurkundige principes:

#### **Straling (of radiatie)**

Hierbij is geen tussenmedium nodig om de warmte te transporteren. Als je bijvoorbeeld bij een radiator staat, dan voel je de warmte naar je toekomen.

### Stroming (of convectie)

De warmte wordt overgedragen aan een tussenmedium, bijvoorbeeld water of lucht, om op een andere plaats weer te worden afgegeven.

### Geleiding (of conductie)

Hiervoor is geleidend materiaal nodig; een koperen buis wordt aan het begin verwarmd, de warmte wordt door het koper geleid, het einde van de buis wordt ook warm.

Deze principes vinden in de praktijk meestal tegelijkertijd plaats. Hierbij moet je onthouden dat bij warmtetransport de warmte van hogere naar lagere temperatuur gaat.

In de wanden van een gebouw treedt geleiding op, tussen wanden en gebouwlucht vindt warmteoverdracht door convectie plaats. Tussen de wanden onderling wordt warmte getransporteerd door warmtetransmissie.

De warmteoverdracht  $\Phi$  tussen twee vlakken wordt evenredig verondersteld met het temperatuurverschil van de vlakken. In formule:

Warmteoverdracht tussen twee vlakken
$\Phi = \text{constante} \cdot A \cdot (T_1 - T_2) \text{ [W]}$
$A = \text{oppervlakte [m}^2\text{]}$
$T_1 - T_2 = \text{temperatuurverschil tussen de vlakken [K]}$
$\text{constante} = \text{evenredigheidsfactor [W/(m}^2\text{·K)]}$

## 2.2 Transportmedia

In de centrale-verwarmingstechniek wordt de warmte meestal opgewekt in een ketel. De ketel is via een leidingsysteem verbonden met verwarmingselementen en het gehele systeem is met water gevuld. De circulatiepomp transporteert het water. Het water geeft via de verwarmingselementen een deel van zijn warmte af aan de koudere omgeving. Het afgekoelde water gaat terug naar de ketel en wordt in de ketel weer in temperatuur verhoogd. Vanaf de ketel herhaalt het proces zich. In de ketel en in de verwarmingselementen is sprake van een combinatie van de drie vormen van warmteoverdracht.





Warmte-afgifte via transportmedium water

### Voor het afgeven van de opgewekte warmte bestaan verschillende soorten verwarmingselementen

Voor het afgeven van de opgewekte warmte bestaan verschillende soorten verwarmingselementen zoals:

- radiatoren
- convectoren
- buisregisters in een vloer of wand
- stralingspanelen
- luchtverwarmingsbatterijen

Deze verwarmingselementen of warmtewisselaars maken gebruik van verschillende transportmedia.

#### Transportmedia

We onderscheiden warmtetransportmedia in lucht, water en andere vloeistoffen. We kunnen de formule voor de warmte-overdracht  $\Phi$  via deze warmtetransportmedia als volgt beschrijven:

Warmteoverdracht via warmtetransportmedia
$\Phi = q_v \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_{uit} - T_{in})$ [W]
$q_v$ = debiet van het transportmedium [ $m^3/s$ ]
$\rho$ = dichtheid van het transportmedium [ $kg/m^3$ ]
$c_p$ = soortelijke warmte van het transportmedium [ $J/(kg.K)$ ]
$T_{in}$ = temperatuur transportmedium aan ingang [K]
$T_{uit}$ = temperatuur transportmedium aan uitgang [K]

Voor de massastroom van het transportmedium geldt:

$$q_m = q_v \cdot \rho \text{ [kg/s]}$$

De formule kan worden vereenvoudigd tot:

$$\Phi = q_m \cdot c_p \cdot (T_{\text{uit}} - T_{\text{in}}) \text{ [W]}$$

Lucht heeft als nadeel dat de soortelijke warmte kleiner is dan bij water en andere vloeistoffen:

lucht (20 °C)	1,2 kJ/(kg·K)
water (20 °C)	4,2 kJ/(kg·K)
andere vloeistoffen (20°C)	1,8 - 4,0 kJ/(kg·K)

Voor het transport van dezelfde hoeveelheid warmte moet je bij lucht dus een veel groter volume verplaatsen. Dit vraagt ook meer elektrische hulpenergie.

Ondanks dit nadeel heeft verwarming via lucht ook enkele voordelen:

- Toepasbaar in directe verwarmings- en koelsystemen  
Hierdoor zijn warmtewisselaars niet nodig.
- Lucht kan in tegenstelling tot water niet koken of bevriezen. Voor water moet je daarom soms antivries gebruiken.

## 2.3 Constructies

Bij constructies maken we onderscheid in:

- warmteoverdracht naar een constructie
- warmteoverdracht in een constructie

### Warmteoverdracht naar een constructie

Warmteoverdracht vanuit de omgeving naar een constructie vindt plaats door convectie en warmtestraling.

Buitenshuis bepaalt de wind vaak de convectieve warmteoverdracht (gedwongen convectie); alleen bij windstil weer bepaalt natuurlijke convectie de warmteoverdracht.

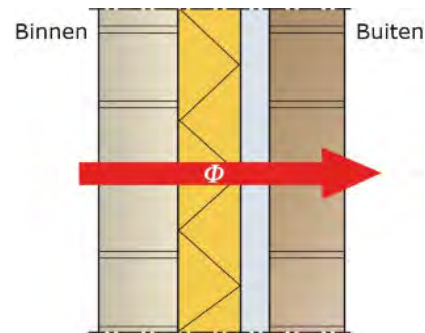
Binnenshuis wordt de convectieve warmteoverdracht hoofdzakelijk bepaald door natuurlijke convectie. De stralingswarmteoverdracht gebeurt binnenshuis naar alle andere wanden.

Naast genoemde convectieve en stralingswarmtestromen vindt aan genoemde oppervlakken nog absorptie plaats van opvallende zonnestraling (direct of via de ramen binnengekomen).

## Warmteoverdracht in een constructie

Een constructie is meestal opgebouwd uit een aantal lagen van verschillende materialen met elk hun specifieke thermische eigenschappen.

Als aan beide zijden van de constructie een uniforme temperatuur heerst en de lagen zijn opgebouwd als in de afbeelding, vindt alleen een warmtestroom loodrecht op de lagen plaats.



Warmtetransport in een constructie

### Accumulatie

Door wisselende binnen- en buitencondities zal een constructie echter steeds opwarmen (overdag) en daarna weer afkoelen ('s nachts): dit met een cyclus van 24 uur.

Dit opnemen en weer afgeven van warmte door de constructie noemen we accumulatie.

Het accumulerende vermogen van een constructie wordt bepaald door de warmtecapaciteit van de constructie. Deze capaciteit is afhankelijk van:

- dikte van de diverse lagen;
- soortelijke massa van de constructie;
- soortelijke warmte van de diverse lagen;
- bereikbaarheid - warmteweerstanden in en naar de constructie - van deze warmtecapaciteit.

Door dit continue opwarmen en afkoelen op de diverse plaatsen in de muur wijzigt het temperatuurprofiel in de constructie steeds.

Van het begrip accumulatie maken we gebruik bij zowel de warmteverliesberekening (voor de wintersituatie) als de koellastberekening (zomersituatie).

### Warmteweerstand

Een constructie bestaat uit een aantal lagen, die ieder hun eigen weerstand hebben. Een laag kan hierbij zijn:

- een vast materiaal: met warmtegeleiding;
- een luchtspon: met warmteoverdracht door straling en convectie.

De totale weerstand van deze constructie is gelijk aan de som van de weerstanden van de diverse lagen.

De begrippen warmteweerstand en  $U$ -waarde komen elders aan de orde in dit boek.

ERBODE

### 3 Behaaglijkheid

Het begrip thermische behaaglijkheid vormt de basis van de verwarmingstechniek. We noemen dit ook wel thermisch comfort.

Wat is 'behaaglijk'? Een mens voelt zich behaaglijk als hij tevreden is over zijn thermische omgeving en geen voorkeur heeft voor een warmere of koudere omgeving.

Het binnenklimaat in een ruimte bepaalt mede de thermische behaaglijkheid van de personen in die ruimte.



*Factoren die van invloed zijn op thermische behaaglijkheid*

#### 3.1 Behaaglijkheidsmodel

De mens is in staat zich onder uiteenlopende klimaatomstandigheden te handhaven doordat het menselijk lichaam zich op ingenieuze wijze aanpast aan de omstandigheden. Door het verbranden van voedsel produceert het lichaam warmte. Bij hoge temperaturen gaat het lichaam transpireren. Door verdamping van transpiratievocht wordt voorkomen dat de lichaamstemperatuur gaat stijgen. Ieder mens beschikt daarom eigenlijk over een ingebouwde verwarmings- en koelinstallatie. Deze 'installaties' werken zo nauwkeurig, dat de lichaamstemperatuur onder sterk verschillende omstandigheden gehandhaafd blijft op ongeveer 37 °C.

Voor het menselijk lichaam geldt:

warmteproductie = warmteafgifte

Het feit dat wij aan de pool en in de woestijn kunnen leven, betekent echter nog niet dat wij ons daar ook altijd behaaglijk voelen.

Bij thermische behaaglijkheid speelt de warmtehuishouding van de mens dus een belangrijke rol.

Om de warmtebalans van het lichaam te beschrijven zijn diverse modellen ontwikkeld. Het eenvoudigste en meest gebruikte model dat de warmtehuishouding van gezonde, volwassen personen simuleert, is dat van Fanger.

Volgens het model van Fanger spelen de volgende comfortparameters een belangrijke rol bij behaaglijkheid:

a. Parameters die verband houden met het binnenklimaat:

- luchttemperatuur
- gemiddelde stralingstemperatuur
- lichtsnelheid
- luchtvochtigheid.

a. Parameters, die verband houden met de warmtehuishouding van een persoon:

- de warmteweerstand van de kleding - clo-waarde
- de warmteontwikkeling in de persoon - metabolisme.

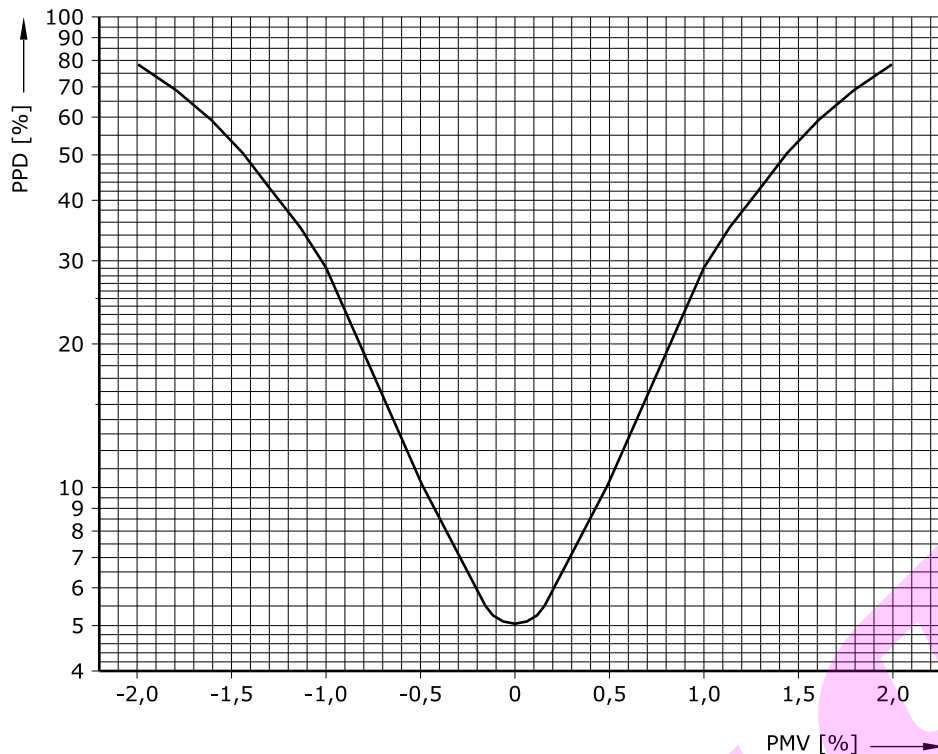
Het resultaat van het model van Fanger is de voorspelde gemiddelde uitspraak PMV (predicted mean vote). De PMV is een getal tussen -3 en +3 dat de gemiddelde thermische waardering van een grote groep personen voorspelt. De individuele waardering kan afwijken van deze gemiddelde waardering. De thermische gewaarwording behorend bij de gemiddelde uitspraak is gegeven in de tabel.

Getalwaarde voor PMV	Voorspelde gemiddelde uitspraak (PMV)
+3	heet
+2	warm
+1	enigszins warm
0	neutraal
-1	enigszins koel
-2	koel
-3	koud

*Getalwaarde voor PMV*

Naast PMV is ook het begrip PPD van belang. PPD staat voor predicted percentage dissatisfied.

De PPD geeft een kwantitatieve voorspelling van het aantal thermisch ontevreden personen, dit wil zeggen personen die +2 +3, -2 of -3 stemmen.



Voorspelde percentage ontevredenen (PPD)

Wanneer is het nu behaaglijk?

In de praktijk noemen we het binnenklimaat behaaglijk als de PMV tussen -0,5 en +0,5 ligt. Het percentage ontevredenen is dan kleiner dan 10%, zoals blijkt uit de grafiek.

### 3.2 Comfortparameters

In deze paragraaf bekijken we kort de comfortparameters uit het model van Fanger. Een aantal elementen hiervan is namelijk ook van belang bij de warmteverliesberekening.

#### Parameters binnenklimaat

##### Luchttemperatuur

De luchttemperatuur is, samen met de lichtsnelheid, bepalend voor de warmteoverdracht door convectie van een persoon. Het meten van de luchttemperatuur geschiedt met een thermometer die is afgeschermd tegen warmtestraling.

##### Gemiddelde stralingstemperatuur

Door straling wisselt een persoon warmte uit met omgevende wanden, vloer, dak en andere oppervlakken (bijv. machines).

Voor de beschrijving van de warmteoverdracht door straling gebruik je de gemiddelde stralingstemperatuur. Dit is de fictieve uniforme temperatuur van de omgevende vertrek wanden, de vloer en het plafond van de ruimte. Hierbij is sprake van een gewogen gemiddelde op basis van geometrie.

De gemiddelde stralingstemperatuur (in één punt) kan op verschillende manieren worden bepaald:

- via berekening, na meting of bepaling van de oppervlaktetemperatuur van de omringende vlakken
- via indirecte meting met de zogenaamde zwarte-bolthermometer.
- via een speciaal 'stralingstemperatuurmeetstation', een complex meetinstrument waarop je direct de gemiddelde stralingstemperatuur kunt aflezen.

#### *Operatieve temperatuur*

De warmtebalans van een persoon wordt in min of meer thermisch behaaglijke omstandigheden vooral bepaald door de lucht- en de stralingstemperatuur. De meeste thermostaten reageren niet alleen op de luchttemperatuur maar op een combinatie van lucht- en stralingstemperatuur. Om het gecombineerde effect van lucht- en stralingstemperatuur uit te drukken is de parameter 'operatieve temperatuur' ingevoerd. De operatieve temperatuur wordt gedefinieerd als de uniforme temperatuur van een omgeving waarin een persoon dezelfde hoeveelheid warmte door straling en convectie uitwisselt als in de werkelijke omgeving.

#### *Resulterende temperatuur*

Een vereenvoudigde weergave van de operatieve temperatuur is de resulterende temperatuur. Hierbij wordt het rekenkundig gemiddelde van lucht- en stralingstemperatuur genomen. Dit is van belang voor de warmteverliesberekening, omdat je hierbij deze temperatuur gebruikt als ontwerpbinrentemperatuur. Deze temperatuur wordt ook wel de comforttemperatuur genoemd.

#### *Luchtsnelheid*

Voor het model van Fanger is de gemiddelde luchtsnelheid t.o.v. het lichaam van belang voor het warmteverlies door convectie en verdamping. Vooral bij tochtverschijnselen (lokaal discomfort) speelt de turbulentie een belangrijke rol. Het meten van de turbulentie vergt zeer gevoelige, dure apparatuur. Voor de opnemer van de gemiddelde luchtsnelheid geldt, dat deze ongevoelig moet zijn voor de richting van de luchtsnelheid. Het meten van de gemiddelde luchtsnelheid kan bijvoorbeeld via een thermo-anemometer of warme-bol-anemometer.

#### *Luchtvochtigheid*

De luchtvochtigheid is van belang bij het warmteverlies door verdamping. In het model van Fanger wordt de luchtvochtigheid uitgedrukt in de partiële waterdampspanning.

Meestal wordt de partiële waterdampspanning bepaald door berekening uit de gemeten waarden van luchttemperatuur en relatieve vochtigheid.

### **Parameters personen**

#### *Warmteweerstand in kleding*

De kleding die een persoon draagt, vormt een warmteweerstand tussen lichaam en omgeving. Door het aanpassen van de kleding kan de thermische behaaglijkheid worden beïnvloed. De warmteweerstand van de kleding wordt uitgedrukt in de eenheid 'clo' ( $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ). Deze eenheid is ingevoerd om gemakkelijk te kunnen zien of kleding een hoge, normale of lage warmteweerstand heeft. Een warmteweerstand van 1 clo komt overeen met de warmteweerstand van een driedelig kostuum in combinatie met katoenen ondergoed, overhemd, wollen sokken en schoenen.



De richtwaarde voor de gemiddelde warmteweerstand van kleding in de winter bedraagt 0,9 tot 1 clo. In de zomer is dit 0,5 clo. Met name vrouwen dragen in de zomer vaak kleding met een lagere warmteweerstand (tot 0,3 clo).

De warmteweerstand van kleding heeft grote invloed op de PMV. Dit betekent dus ook dat je met behulp van aanpassing van de kleding vaak een onbehaaglijke situatie kunt corrigeren.

### *Interne warmteontwikkeling personen*

Via het begrip 'metabolisme' wordt de warmteproductie van het menselijk lichaam weergegeven. Naarmate de lichamelijke inspanning groter is, neemt die warmteproductie toe.

De warmteafgifte van de mens varieert sterk afhankelijk van de lichaamsactiviteit. Voor talrijke activiteiten zijn gemiddelde waarden voor de warmteafgifte van de mens bepaald. Een aantal voorbeelden:

- slapen 70 W
- kantoorwerk 110 W
- tennissen 465 W
- worstelen 885 W

Een andere eenheid die regelmatig wordt gebruikt, is de 'met'. Een 'met' komt overeen met een zittend persoon in rust en bedraagt ca. 58 W/m<sup>2</sup> lichaamsoppervlak.

De mens voelt zich behaaglijk als hij zijn ontwikkelde warmte - metabolisme - goed kan afgeven. Dat gaat het beste als de ruimtetemperatuur in overeenstemming is met de activiteit. Zo zal de sportbeoefenaar een ruimtetemperatuur van 16 °C als behaaglijk ervaren, terwijl in een kantoor de ruimtetemperatuur ongeveer 20 °C moet zijn.

Opgemerkt moet worden dat deze waarden gelden als parameters met betrekking tot het binnenklimaat zich binnen bepaalde grenzen bevinden.

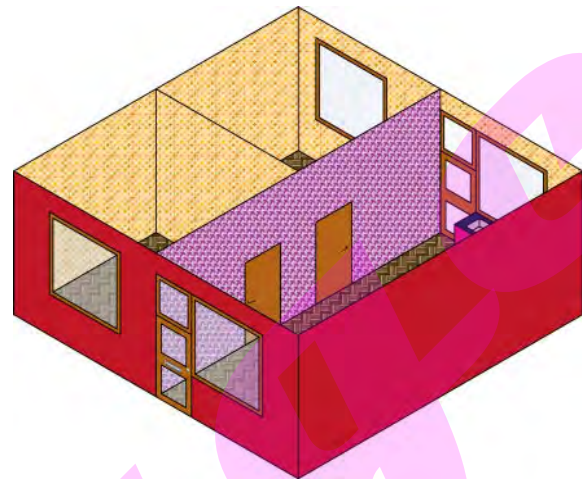
ERBBERE

## 4 Opbouw benodigd vermogen

Van iedere woning of elk gebouw moet een 'warmteverliesberekening' worden gemaakt. In dit hoofdstuk kijken we naar de verschillende onderdelen waaruit deze berekening is opgebouwd. Uiteindelijk bepalen de resultaten uit deze berekening hoe groot het te installeren verwarmingsvermogen moet zijn.

In dit boek nemen we een eenvoudig bouwwerk als leidraad. Dit voorbeeldgebouw komt in elk hoofdstuk terug.

Het voorbeeldgebouw bestaat uit twee aangrenzende ruimten.



Voorbeeldgebouw

### 4.1 Onderdelen warmteverliesberekening

De warmteverliesberekening is opgebouwd uit drie onderdelen:

- transmissiewarmteverlies ( $\Phi_t$ )
- warmteverlies via buitenluchttoetreding ( $\Phi_v$ )
- opwarmtoeslag ( $\Phi_o$ )

Voor deze drie onderdelen wordt per vertrek een berekening gemaakt om te weten:

- hoe groot het vermogen moet zijn van de op te stellen verwarmingselementen of;
- hoeveel lucht van een bepaalde temperatuur ingeblazen moet worden bij toepassing van luchtverwarming.

Het per ruimte te installeren verwarmingsvermogen volgt uit:

$$\Phi_{\text{tot}} = \Phi_t + \Phi_v + \Phi_o$$

De berekende waarde per ruimte en de aanvullende verliezen gebruik je bij de bepaling van het te installeren vermogen van de warmteopwekker.

Warmteopwekkers kunnen zijn: cv-ketel, warmtepomp, luchtverwarmer en dergelijke. Aanvullende verliezen zijn leidingverliezen in onverwarmde ruimten.

In de praktijk maak je op diverse manieren onderscheid bij het bepalen van het vermogen van de warmteopwekker. Hier gaan we later in het boek op in.

#### Transmissiewarmteverlies

Het transmissiewarmteverlies  $\Phi_t$  is de som van de warmtestromen door wanden, ramen, vloer en plafond van de betreffende ruimte. De warmtestroom is onder meer afhankelijk van het temperatuurverschil over de constructie.

De ontwerp-binnentemperatuur en de ontwerp-buitentemperatuur moeten bekend zijn.

De uitvoering van de bouwkundige constructies moet bekend zijn om de U-waarden (warmtedoorgangscoefficienten) te kunnen bepalen.

Voor het bepalen van de  $U$ -waarde raadpleeg je ISSO-publicatie 60.

Een woning met een hoge thermische kwaliteit gebruikt minder energie om de gewenste temperatuur te behalen en te handhaven dan een woning met een mindere thermische kwaliteit. Om tot een energiezuinig ontwerp te komen, zijn er eisen gesteld.

In het Bouwbesluit staan bijv. eisen waaraan een scheidingsconstructie moet voldoen. Voor de installatietechnicus zijn er meer mogelijkheden om energie te besparen dan alleen deze eisen. Denk bijv. aan warmteopwekking door HR-toestellen, warmtepomp, stadsverwarming, maar ook het toepassen van mechanische ventilatie met een warmteterugwinning (WTW).

Om druk uit te oefenen op het toepassen van energiebesparende installatietechnische oplossingen zijn in het Bouwbesluit energieprestatiecoëfficiënten gegeven voor de verschillende gebruiksfuncties. Bij de aanvraag van de bouwvergunning moet je aantonen dat aan de zogenoemde EnergiePrestatieNormering (EPN) voldaan is. Hiervoor bepaal je de energieprestatiecoëfficiënt. De methode voor het bepalen van de energieprestatiecoëfficiënt voor gebouwen is vastgelegd in NEN 5128.

### Warmteverlies via buitenluchttoetreding

Het warmteverlies via buitenluchttoetreding  $\Phi_v$  bestaat uit het vermogen dat nodig is om de lucht die de ruimte binnentreedt op te warmen tot de gewenste ruimteluchttemperatuur.

Dit warmteverlies wordt bepaald door natuurlijke en/of mechanische ventilatielucht, infiltratielucht (via kieren en naden) en het temperatuurverschil buiten-binnen.

### Opwarmtoeslag

In gebouwen wordt uit het oogpunt van energiebesparing vaak gebruik gemaakt van bedrijfsbeperking, zoals nachtverlaging of de verwarming wordt voor langere tijd uitgezet in verband met vakantie en dergelijke. Tijdens deze periode koelt de massa van de constructie van het gebouw af.

Na de periode van bedrijfsbeperking moet de temperatuur van de afgekoelde massa weer binnen een redelijke tijd op niveau gebracht worden. Zo zal een vertrek met een 'zware' bouwkundige constructie langzamer opwarmen dan een vertrek met een 'lichte'. De warmte - thermische energie - die door de bouwkundige constructie wordt opgenomen, moet in het op te stellen vermogen worden meegenomen. Dit extra vermogen wordt de opwarmtoeslag voor bedrijfsbeperking genoemd.

De grootte van de opwarmtoeslag  $\Phi_o$  is afhankelijk van:

- de mate van afkoeling tijdens bedrijfsbeperking, bijvoorbeeld 3 Kelvin;
- de toegestane maximale opwarmtijd, bijvoorbeeld 2 uren;
- de wijze van regelen, bijv. door middel van een kamerthermostaat.

Bij het onderdeel opwarmen is in de warmteverliesberekening dus geen sprake van een verlies, maar van een toeslag.

### *Niet-stationaire en stationaire toestand*

Wanneer een gebouw na de nachtverlaging wordt opgewarmd, treedt er voortdurend een wijziging op in het warmteverlies. Dit komt omdat de temperatuur in het gebouw toeneemt waardoor het temperatuurverschil ten opzichte van de buitentemperatuur groter wordt. In dit geval spreken we van een niet-stationaire toestand.

Wanneer een gebouw op temperatuur is gebracht en er geen wijziging in de buitentemperatuur optreedt, is er een constante hoeveelheid warmte nodig om alle warmteverliezen op te vangen. In zo'n geval spreken we van een stationaire toestand.

BRUNNEN

ERBEN