

Thema	Verwarmen en koelen/Afgifte
Nummer	8.04.

# VERWARMINGSSYSTEMEN OP LAGE EN ZEER LAGE TEMPERATUUR

## INHOUD

Warmteafgifte bij centrale verwarming .....	2
Wat is lage en zeer lage temperatuurverwarming .....	2
Waarom lage temperatuurverwarming .....	3
Afgifterendement .....	3
Distributierendement .....	3
Productierendement .....	3
Voorwaarden voor de toepassing van lage en zeer lage temperatuurverwarming .....	4
De warmtevraag beperken .....	4
De afmetingen van de warmte-afgifte-elementen verhogen .....	4
Warmteafgifte-elementen .....	5
Radiatoren .....	5
<i>Warmteafgifte</i> .....	5
<i>Renovatie van hoge temperatuurverwarming naar lage temperatuurverwarming</i> .....	5
<i>Dimensionering</i> .....	5
<i>Onderhoud</i> .....	6
Convectoren .....	6
<i>Warmteafgifte</i> .....	6
<i>Renovatie van hoge temperatuurverwarming naar lage temperatuurverwarming</i> .....	6
<i>Dimensionering</i> .....	6
<i>Onderhoud</i> .....	6
Ventilatoren met geforceerde ventilatie of ventiloconvectoren .....	6
Vloerverwarming .....	7
<i>Warmteafgifte</i> .....	7
<i>Opbouw</i> .....	7
<i>Vloerverwarming bij renovatie</i> .....	8
<i>Dimensionering</i> .....	9
Muurverwarming .....	10
<i>Warmteafgifte</i> .....	10
<i>Opbouw</i> .....	10
<i>Dimensionering</i> .....	11
Bronnen .....	11

## Warmteafgifte bij centrale verwarming

Bij centrale verwarming is de **warmtebron** meestal een brandstof zoals aardgas, stookolie, hout of houtpellets. Bij toepassing van een warmtepomp is dit grond, grondwater of buitenlucht.

De **warmteopwekking**, de CV-ketel of warmtepomp, zet de warmte-inhoud uit de warmtebron om in warmte.

Een kanalenet gevuld met lucht of water verspreidt de opgewekte warmte naar de **warmteafgifte-elementen** in de verschillende ruimtes. Bij luchtverwarming zijn dit toevoer- en afvoerroosters. Bij water als warmtetransportmiddel zijn dit bijvoorbeeld radiatoren, convectoren of vloerverwarming.

De temperatuur waarop **water** vanuit de warmteopwekking vertrekt naar de warmteafgifte-elementen, is de vertrektemperatuur. Dit water koelt af wanneer het warmte afgeeft in de warmteafgifte-elementen. Het water keert aan een temperatuur die 3 à 20 °C lager ligt dan de vertrektemperatuur terug naar de warmteopwekking. Dit is de retourtemperatuur. De warmteopwekking warmt dit water terug op tot de vertrektemperatuur.

Een goede **regeling** bepaalt de vertrektemperatuur aan de warmteopwekking, de retourtemperatuur naar de warmteopwekking, of de warmteopwekking al dan niet aan staat, of de circulatiepomp(en) al dan niet aan staan, de snelheid van de circulatiepomp(en) en het debiet (de hoeveelheid water per uur) dat door de warmteafgifte-elementen stroomt. Een goede regeling bestaat uit een buitenvoeler of communicatie van de buitentemperatuur via wifi-aansluiting en/of één of meerdere kamerthermostaten die de warmteopwekking aansturen en thermostatische kranen op warmteafgifte-elementen.



## Wat is lage en zeer lage temperatuurverwarming

Bij lage temperatuurverwarming (LTV) ligt de vertrekwatertemperatuur van de warmteopwekking naar het warmteafgiftesysteem tussen 40 en 55°C. Deze temperatuur kan tijdelijk hoger liggen als de warmteopwekking ook instaat voor de opwarming van een apart circuit op hogere temperatuur, zoals sanitair warm water. In onderstaande tabel vind je idem gegevens voor hoge temperatuurverwarming (HTV) en zeer lage temperatuurverwarming (ZLTV). De categorie van de zeer lage temperatuurverwarming is vrij ruim. Vertrektemperaturen onder 30°C zijn geen uitzondering.

HTV	LTV	ZLTV
Vertrektemp. > 55°C	Vertrektemp. 55 à 40°C	Vertrektemp. < 40°C
Retourtemp. 20 à 15°C onder vertrektemp.	Retourtemp. 15 à 10°C onder vertrektemp.	Retourtemp. 10 à 3°C onder vertrektemp.

## Waarom lage temperatuurverwarming

Verwarmingssystemen op lage en zeer lage temperatuur hebben een hoger rendement van het volledige centraal verwarmingssysteem, dankzij zowel hun verminderde warmteverliezen bij de warmteafgifte als het hogere productierendement bij de warmteopwekking. Kies daarom bij het plaatsen van een nieuw afgiftesysteem altijd voor een systeem op zeer lage temperatuur. Mocht je ooit kunnen aansluiten op een warmtenet, dan ben je met zeer lage temperatuurverwarming altijd zeker dat je je huis warm zal krijgen, onafhankelijk van de temperatuur van het water dat het net levert.

### Afgifterendement

Bij lagere temperaturen van de warmteafgifte wordt de temperatuur gelijkmatiger over de ruimte verdeeld. Bij hogere watertemperaturen stijgt warmere lucht sneller met meer warmteverlies ter hoogte van plafond, vensters en buitenmuren als gevolg. Het afgifterendement stijgt in verhouding tot de afname van de watertemperatuur in het warmteafgiftesysteem.

### Distributierendement

Bij hoge vertrek- en retourtemperatuur kunnen de warmteverliezen door de buizen oplopen tot 12% van het energieverbruik. In een goed geïsoleerd systeem op zeer lage temperatuur kan je dit beperken tot 3%.

### Productierendement

Het rendement van een condensatieketel op aardgas neemt toe met 2 à 2,5% voor elke daling van de retourwatertemperatuur met 10°C. Dit betekent dat een ketel, ontworpen om te werken met een retourwatertemperatuur op 30° (ZLTV) een rendement haalt dat 2 à 2,5% hoger ligt dan bij een retourtemperatuur van 40°C.

De winstfactor (COP) van een warmtepomp bepaalt, afhankelijk van de temperatuur van de warmtebron en de warmteafgifte, hoeveel warmte de warmtepomp afgeeft in verhouding tot de opgenomen elektrische energie. De COP daalt zeer sterk bij stijgende temperatuur van de warmteafgifte. Een warmtepomp met een COP van 5 bij een vertrektemperatuur van 35°C haalt bij een vertrektemperatuur van 50°C nog een COP van ongeveer 3,5. Dit betekent 40% meer rendement bij een vertrektemperatuur van 35°C dan bij een vertrektemperatuur van 50°C.

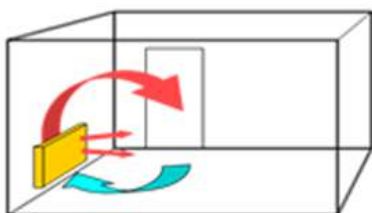
Bij een condensatieketel is vooral de retourwatertemperatuur van belang voor een efficiënte werking, bij een warmtepomp is dit de vertrektemperatuur. Bij een gelijkaardig temperatuurverschil in de watertemperatuur (zoals in voorgaand voorbeeld) is bij de warmtepomp het verschil in efficiëntie bijna 20 keer groter dan bij een condensatieketel op aardgas. Vandaar het grotere belang van zeer lage temperatuurverwarming voor een warmtepomp.



# Warmteafgifte-elementen

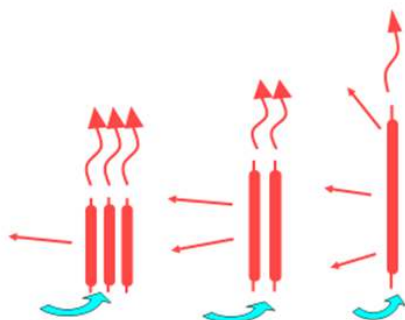
## Radiatoren

### Warmteafgifte



De hoeveelheid afgegeven warmte van elke radiator is afhankelijk van het ontwerp (vorm, waterinhoud, massa), de opstelling en het verschil tussen de gemiddelde watertemperatuur in de radiator en de omgevingstemperatuur.

Radiatoren zijn eenvoudig regelbaar en warmen relatief snel op. Een oude gietijzeren radiator zal iets trager opwarmen, maar ook iets trager afkoelen. Radiatoren zijn ook zeer geschikt voor lage temperatuurverwarming, maar niet voor zeer lage temperatuurverwarming. Bij plaatradiatoren kan je door de radiator dikker (= groter) te maken (door meerdere platen naast mekaar te plaatsen), het afgegeven vermogen verhogen en/of de nodige watertemperatuur verlagen en/of de nodige oppervlakte verkleinen. Plaats echter geen volledig nieuw afgiftesysteem op radiatoren, kies bij volledige vervanging voor zeer lage temperatuurverwarming.



### Renovatie van hoge temperatuurverwarming naar lage temperatuurverwarming

Om je verwarmingsinstallatie over te schakelen van hoge naar lage temperatuurverwarming hoef je niet noodzakelijk je radiatoren te vervangen. Vroeger werden radiatoren dikwijls groter bemeten dan nodig op hoge temperatuur, waardoor ze ook op lagere temperatuur voldoende warmte kunnen afgeven. Anderzijds is de warmtevraag mogelijk gedaald sinds het plaatsen van de radiatoren door bijv. het vervangen van ramen of het isoleren van het dak, wat ook lagere watertemperaturen mogelijk maakt.

### Dimensionering

De warmteafgifte (het vermogen) van een radiator wordt door de fabrikant bepaald bij een vaste vertrektemperatuur, retourtemperatuur en omgevingstemperatuur (kamertemperatuur). Een daling van de watertemperatuur met 10°C betekent een daling van de warmteafgifte met 20%. Voor hetzelfde afgegeven vermogen zal je bij een lagere watertemperatuur dus voor een verhoudingswijze grotere radiator moeten kiezen.

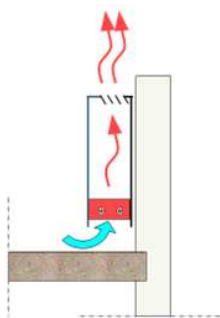
De installateur berekent de werkelijke warmteafgifte van een radiator bij de gekozen water- en omgevingstemperatuur op basis van door de fabrikant geleverde formules, radiatorgrafieken of tabelwaarden.

### Onderhoud

Hou de radiatoren stofvrij voor een efficiënte warmteafgifte. Dek radiatoren niet af en plaats geen meubelen of andere voorwerpen voor de radiator.

### Convectoren

#### Warmteafgifte



Convectoren geven warmte af door een aantal naast mekaar geplaatste buizen met daarop convectieribben (plaatjes). De omkasting creëert een schouweffect die het stijgen van de opgewarmde lucht bevordert.

Door hun kleine waterinhoud warmen convectoren iets sneller op dan radiatoren. Technische ontwikkelingen hebben als gevolg dat de laatste jaren convectoren op de markt zijn gebracht met hogere warmteafgifte bij lagere watertemperaturen, dus ook voor lage temperatuurverwarming, niet voor zeer lage temperatuurverwarming.

#### Renovatie van hoge temperatuurverwarming naar lage temperatuurverwarming

Oude convectoren zijn niet geschikt om te verwarmen op lage of zeer lage temperatuur. Wil je omschakelen, dan moet je ze vervangen. Je gaat dan best ineens naar een afgiftesysteem op zeer lage temperatuur.

Oude convectoren staan mogelijk in niet of beperkt geïsoleerde putten, wat leidt tot grote warmteverliezen. De put isoleren langs de binnenkant is dikwijls geen optie omdat dit de in- en uitstroom van lucht vermindert. Deze putten staan meestal voor ramen tot op de vloer, waar bovengrondse radiatoren of convectoren geen optie zijn. Ze vangen de koude straling van de ramen op. Elimineer je deze putten en vervang je de convectoren door warmteafgifte op een andere plaats, doe dit nadat je oud enkel glas of dubbel glas hebt vervangen en plaats eventuele raamroosters voor ventilatie in andere ramen. Anders riskeer je koude straling en tocht.

Convectoren die samen met radiatoren op dezelfde ketel zijn aangesloten staan beter op aparte verwarmingskringen. Ze warmen immers sneller op en koelen sneller af en hebben een lagere warmteafgifte bij lagere watertemperaturen dan radiatoren.

#### Dimensionering

Zie dimensionering radiatoren.

#### Onderhoud

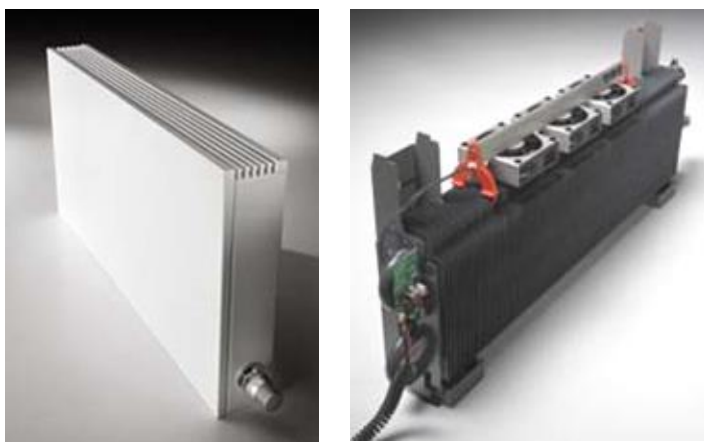
Hou de convectoren stofvrij voor een efficiënte warmteafgifte. Gebruik perslucht om het stof tussen de convectieribben te verwijderen. Zorg dat meubelen de luchtstroom door de convectoren niet kunnen hinderen.

### Ventilatoren met geforceerde ventilatie of ventiloconvectoren

Bij ventiloconvectoren verbetert een ventilator de warmteafgifte. De lucht circuleert sneller door de convector dan bij natuurlijke convectie waardoor ventiloconvectoren bij lagere watertemperaturen toch dezelfde warmteafgifte kunnen realiseren dan convectoren. Hier tegenover staat het elektrisch verbruik van de ventilatoren. Bij nieuwe ventiloconvectoren kan dit verbruik beperkt blijven wanneer het toerental van de ventilatoren geregeld kan worden in functie van de warmtevraag. Elke ventiloconvector moet je ook elektrisch aansluiten.

Ventiloconvectoren zijn geschikt voor lage temperatuurverwarming. Er bestaan ventiloconvectoren op de markt die geschikt zijn voor zeer lage temperatuurverwarming, maar alleen in woningen met een

zeer beperkte warmtevraag (nieuwbouw of verbouwing volgens de DUBO-streefdoelen). Ze zijn bijvoorbeeld geschikt op plaatsen waar je praktisch gezien geen vloerverwarming kan plaatsen. Je kan dan ook de combinatie maken door bijv. op het gelijkvloers vloerverwarming te plaatsen en op de verdieping ventiloconvectoren op zeer lage temperatuur.



Ventiloconvectoren: met en zonder omkasting (Bron: Jaga)

## Vloerverwarming

### *Warmteafgifte*

Vloerverwarming gebruikt grote oppervlakten van het gebouw als verwarming, waardoor je een goede warmteverdeling krijgt. Die goede verdeling van de warmte heeft ook als consequentie dat je plaatselijke afkoeling soms onvoldoende kan compenseren. Maak je bijv. gebruik van ventilatieroosters in de ramen voor de luchttoevoer van je ventilatiesysteem, dan loop je meer risico op tocht bij vloerverwarming dan wanneer er een radiator of convector onder het raam staat. Omwille van de beperkte luchtbeweging blijft de warmte laag hangen, wat optimaal is voor hoge ruimtes.

Een buizenet in de vloer staat warmte af aan de vloer die op zijn beurt de warmte doorgeeft aan de ruimtes boven de vloer. Dit maakt dat het systeem de ruimtes relatief traag opwarmt. Dit beperkt ook de mogelijkheid de temperatuur gedurende korte periodes te verlagen zoals 's nachts of bij afwezigheid overdag. In woningen met beperkte warmteverliezen is dit echter geen probleem, deze koelen hoe dan ook zeer traag af zodat je enerzijds weinig energie verliest door de woning op temperatuur te houden en anderzijds in de praktijk de temperatuur maar zeer weinig kan verlagen.

### *Opbouw*

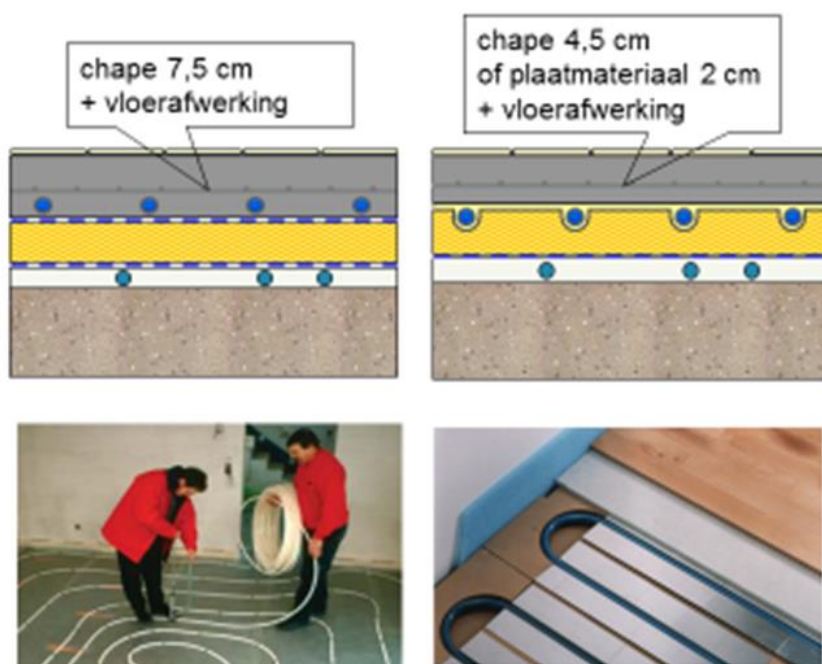
Een buizenet, waar water op lage of zeer lage temperatuur door stroomt, ligt in de vloer. Afhankelijk van de plaatsing, in de dekvloer (chape) of geheel of gedeeltelijk verzonken in de isolatie, heb je te maken met een nat, droog, of gemengd systeem.

Het nat systeem is het goedkoopst, maar vraagt een grotere vloerdikte en warmt bijgevolg het traagst op. Voor een goede werking is het essentieel dat de buizen goed omringd zijn door de chape en de chape weinig poriën bevat die het warmtetransport naar de vloer kunnen hinderen. Hiervoor gebruikt de plaatser van de chape aangepaste additieven.

Het droog systeem is dankzij de kleinere vloerdikte meer geschikt voor renovaties met beperkte hoogte en voor ruimtes waar een snellere opwarming wenselijk is. Het droog systeem kan je plaatsen met chape of met plaatmateriaal als dekvloer. Plaatmateriaal, bijv. een gipsvezelplaat, kan je nog dunner plaatsen dan chape en is ook geschikt voor droog opgebouwde constructies zoals houtskeletbouw. Voor een goede werking ligt dan onder de buizen door een geplooid aluminium plaat (zie foto) die de warmte van de buizen geleidt naar de er boven liggende gipsvezelplaat. De aluminium plaat zorgt enerzijds voor een goede warmteoverdracht en anderzijds voor een goede verdeling van de warmte waardoor je, ondanks de geringe vloerdikte, toch geen

temperatuurverschillen kan voelen op de vloer. Een variatie op het droge systeem is een dunne vlakke plaat met ingewerkte waterkanaaltjes, tussen de isolatie en de dekvloer geplaatst.

Een isolatielaag onder het buizenet is noodzakelijk om warmteverlies naar beneden te vermijden, zowel boven verwarmde als niet-verwarmde ruimtes. Boven verwarmde ruimtes verwarm je anders ook heel de draagvloer en werkt de vloerverwarming deels als plafondverwarming voor de onderliggende ruimte. De warmte weerstand  $R$  van de isolatielaag is dan minimum  $0,75 \text{ m}^2\text{K/W}$ , in de praktijk komt dit neer op een isolatiedikte van min. 2 à 3 cm. Boven niet-verwarmde ruimtes plaats je natuurlijk meer isolatie om warmteverliezen naar buiten je woning te beperken. Die isolatie zou je ook plaatsen zonder vloerverwarming. Ook hier geldt dat je minstens een deel van de isolatie, met een  $R$ -waarde van minimum  $1,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ , rechtstreeks onder de vloerverwarmingsbuizen plaatst om te vermijden dat je de hele draagvloer opwarmt.



Voorbeeld van de opbouw van een nat en een droog systeem

### *Vloerverwarming bij renovatie*

Bij renovatie is het belangrijkste aandachtspunt het opvangen van de extra vloerdikte voor het plaatsen van het buizenstelsel en de isolatie.

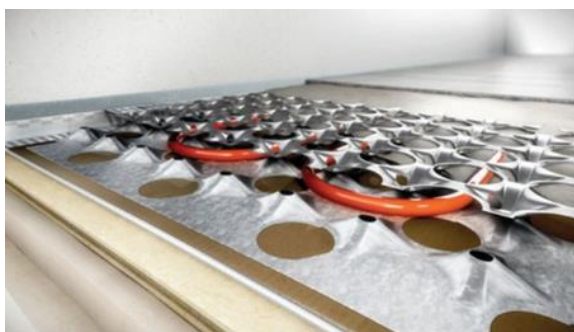
Bij vloeren geplaatst op 'zavel' (tot de jaren '60 courant toegepast) op het gelijkvloers kan je vrij gemakkelijk de vloer verwijderen en de zavel uitgraven. Zo kan je ook met een grotere vloerdikte het bestaande vloerniveau behouden. Let op bij ondiepe funderingen dat je hierdoor de stabiliteit niet in het gedrang brengt.

Is uitgraven moeilijk of niet mogelijk, bijv. boven een kelder, bij een betonnen draagvloer of op een verdieping, dan kan je de vloer verhogen. Dit heeft volgende consequenties:

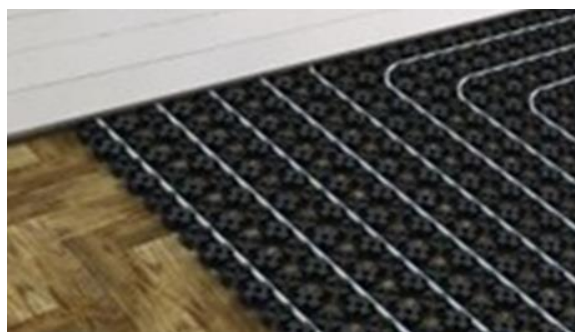
- De plafondhoogte verlaagt.
- Binnendeuren met standaard hoogte moet je verhogen.
- Je moet de trappen naar de verdieping aanpassen. Vermijdt verschillende hoogtes van treden voor je veiligheid. Verhoog bijv. de vloer met de hoogte van één volledige trede.
- Je moet buitendeuren, ramen tot op de vloer en hun dorpels aanpassen. Ook andere ramen staan lager boven de vloer.
- Radiatoren en stopcontacten moet je mogelijk verplaatsen.
- De waterkering in de muur vraagt mogelijk een aanpassing.



Om de nodige extra vloerdikte te beperken bestaan er ook varianten op het natte systeem. Een netwerk van dunne buizen, dicht tegen mekaar geplaatst tussen een raster of oprolbare mat, ligt ingebed in een dunne mortellaag van 15 tot 31 mm. Er bestaan ook systemen voor plaatsing in een houten vloerconstructie.



in kunststof met daarin gedrukte verwarmingsbuizen (Bron: Uponor)



Twee voorgevormde stalen bladen met ertussen verwarmingsbuizen - op de ondergrond gekleefde platen (Bron: Effidur)

### *Dimensionering*

Omwille van het comfort mag de temperatuur van de vloer niet boven 29°C stijgen waardoor de warmteafgifte beperkt blijft tot max. 100 W/m<sup>2</sup> beschikbare vloeroppervlakte. 100 W/m<sup>2</sup> kan je halen met lage temperatuurverwarming. Met zeer lage temperatuurverwarming haal je maximum 70 W/m<sup>2</sup>. Een warmteverliesberekening kan uitwijzen of dit vermogen volstaat om je woning voldoende warm te krijgen. Voor beperkt geïsoleerde woningen zal dit meestal niet lukken, niet op zeer lage temperatuur, maar ook niet op lage temperatuur.

Net zoals bij radiatoren berekent de installateur de warmteafgifte van vloerverwarming op basis van door de fabrikant opgestelde grafieken of tabellen. Volgende parameters spelen hierbij een rol:

- het verschil tussen de gemiddelde watertemperatuur in de buizen en de gewenste temperatuur in de ruimte;
- de afstand tussen de buizen (5 à 20 cm);
- het buistype en de buisdiameter;
- de vloeropbouw, met als belangrijkste factoren de vloerisolatie en warmteweerstand van de gebruikte materialen tussen de buizen en het vloeroppervlak.

Om je vloerverwarming te laten functioneren op zeer lage temperatuur zorg je in eerste instantie dat de warmtevraag beperkt blijft door onder andere voldoende te isoleren, een goede luchtdichtheid en een efficiënt ventilatiesysteem. Beperk de afstand tussen de buizen tot 10 cm. Beperk ook de warmteweerstand van de gebruikte materialen boven de verwarmingsbuizen. Vooral de vloerbedekking is hier van doorslaggevend belang. Kies een R-waarde ≤ 0,02 m<sup>2</sup>K/W. Vermijd dus laminaat, tapijt en parket als vloerbedekking (zie tabel).

<b>Materiaal vloerbedekking</b>	<b>Dikte vloerbedekking</b>	<b>R-waarde boven buizennet</b>
Tegels	8 mm	± 0,015 m <sup>2</sup> K/W
Linoleum	3 mm	± 0,020 m <sup>2</sup> K/W
Verlijmd parket	10 mm	± 0,050 m <sup>2</sup> K/W
Laminaat	8 mm	± 0,070 m <sup>2</sup> K/W
Tapijt	7 mm	± 0,100 m <sup>2</sup> K/W

## Muurverwarming

### *Warmteafgifte*

Muurverwarming gebruikt muren van het gebouw als stralingsverwarming. De werking is vergelijkbaar met die van vloerverwarming. Je kan ook de opdeling maken in natte en droge systemen.

Een buizenet in of tegen de muur staat warmte af aan de muur, die op zijn beurt de warmte doorgeeft aan de ruimtes naast de muur. Dit maakt dat het systeem de ruimtes relatief traag opwarmt. Hoe dunner de wand, hoe sneller hij opwarmt.

Muurverwarming is net zoals vloerverwarming geschikt voor lage en zeer lage temperatuurverwarming.

### *Opbouw*

Een buizenet, waar water op lage of zeer lage temperatuur door stroomt, ligt in of op de muur gemonteerd.

Mogelijkheden opbouw bij massieve muren:

- monteren van leidingen op de muren, vullen van de ruimte tussen de buizen met mortel en afwerken met pleister;
- uitfrezen van sleuven in de muur of plaatsen van blokken met ingewerkte sleuven, vullen van de ruimte tussen de buizen en de sleuven met mortel en afwerken met pleister;
- bij gegoten betonnen wanden: plaatsen van de buizen op de wapening voor het storten van het beton en afwerken met pleister.

Mogelijkheden opbouw bij houtskeletbouw:

- plaatsen van buizen achter afdekplaten;
- monteren van leidingen op de wanden, vullen van de ruimte tussen de buizen met mortel en afwerken met pleister;



Muurverwarming bij blokken met ingewerkte sleuven (Bron: duurzaamtextel.nl)

Plaats bij voorkeur geen muurverwarming tegen buitenmuren, isoleer (net zoals bij vloerverwarming) de muren met wandverwarming die grenzen aan onverwarmde ruimtes.

Plaats geen meubelen of kaders tegen de muur. Zij verminderen de warmteafgifte.

Plaats geen muurverwarming waar je achteraf nog moet boren of schroeven, is dit toch noodzakelijk, gebruik dan aangepaste detectieapparatuur (warmtevoeler of warmtecamera).

### *Dimensionering*

De bepaling van de warmteafgifte houdt rekening met dezelfde parameters als bij vloerverwarming.

Omwille van het comfort mag de temperatuur van de wand niet stijgen boven 40°C, dit is hoger dan bij vloerverwarming, waardoor ook het maximum afgegeven vermogen hoger ligt, nl. 120 à 200 W/m<sup>2</sup>. Let op, hogere wandtemperaturen vragen hogere watertemperaturen.

Meestal volstaat de oppervlakte van de beschikbare wanden niet om aan zeer lage of zelfs aan lage temperatuur de woning voldoende te kunnen verwarmen. Muurverwarming is in die zin meestal een hulpsysteem, in combinatie met vloerverwarming, in ruimtes waar de vloeroppervlakte niet volstaat om te kunnen voldoen aan de warmtevraag. Dit is bijv. dikwijls het geval in badkamers.

## Bronnen

- K. De Cuyper, J. Schietecat, verslaggevers van de werkgroep Condensatieketels, "Technische voorlichting 235: Condensatieketels", WTCB (Buildwise), 2008
- J. Schietecat, verslaggever van de werkgroep "WTCB-Rapport 14: Ontwerp en dimensionering van centrale-verwarmingsinstallaties met warm water", WTCB (Buildwise), 2013
- S. Charron, C. Delmotte, "Zijn parket en vloerverwarming verenigbaar?", WTCB (Buildwise)-Contact nr. 43 (3-2014)
- J. Schietecat, "Lage-temperatuurverwarming wordt de standaard", WTCB(Buildwise)-Dossiers – Nr.4/2009 – Katern nr. 15, verschenen in juni 2010

*Auteur: Marleen De Roye*