

mbo

Warmtepompen Introductie

Vaillant

aroTHERM plus

TECHNIEKSTAD



COLOFON

©2022 Kenteq, Bilthoven

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
Soestdijkseweg Zuid 224
3721 AJ Bilthoven
uitgeverij@kenteq.nl

Inhoudsopgave

1	Warmtepompen introductie	5
1.1	Wat is een warmtepomp?	6
1.2	Hoe werkt een warmtepomp?	10
1.3	Warmtepompsystemen	17
1.4	Wel of geen warmtepomp?	30
1.5	Samenvatting	36
1.6	Antwoorden	38
1.7	Vragen Warmtepompen introductie	39

BRIBBE



INHOUDSOPGAVE

1 Warmtepompen introductie

Inleiding

In het klimaatakkoord is vastgelegd dat Nederland in 2030 49% minder CO₂ moet uitstoten dan in 1990. In 2050 moet de uitstoot van broeikasgassen zelfs met 90% zijn afgenomen! Dit is afgesproken om te voorkomen dat de aarde meer opwarmt dan 1,5 °C. Eén van de manieren om dit te voorkomen is door steeds minder aardgas (een fossiele brandstof) te gebruiken voor het verwarmen van huizen. Dit houdt in dat alle woningen in Nederland uiterlijk in 2050 'van het gas af' moeten zijn.

Duurzame energiebronnen (zoals warmtepompen) kunnen hierbij een belangrijke rol spelen. Met een warmtepomp kun je je huis op een milieuvriendelijke manier verwarmen, en vaak ook koelen. Je kunt er ook warm tapwater mee maken, bijvoorbeeld voor de douche.



Nieuwbouwwoningen met pv-panelen en warmtepompen

Leerdoelen

Je kunt:

- uitleggen waarom je met een warmtepomp duurzame energie kunt opwekken
- benoemen welke functies een warmtepomp heeft in een huisinstallatie
- het werkingsprincipe van een warmtepomp beschrijven en uitleggen
- de kenmerken noemen van de verschillende bronssystemen
- de opbouw van een warmtepompinstallatie benoemen
- de belangrijkste voor- en nadelen noemen van verschillende soorten warmtepompen
- het rendement van een warmtepomp berekenen
- kritische factoren noemen voor het succesvol toepassen van een warmtepomp.

1.1 Wat is een warmtepomp?

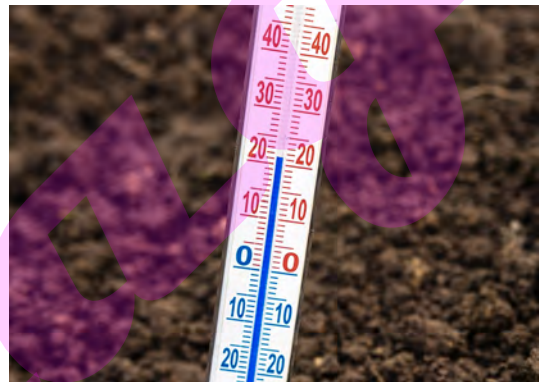
Een warmtepomp is een toestel dat duurzame energiebronnen uit de omgeving gebruikt om warmte op te wekken. Bijvoorbeeld de thermische energie in de bodem, het grondwater of de lucht. Deze energie is onbeperkt beschikbaar, het raakt niet op. Een warmtepomp wekt veel meer energie op dan hij gebruikt. Als de warmtepomp werkt op duurzame elektrische energie ('groene stroom') kun je daarmee niet alleen het gasverbruik, maar ook de CO₂-uitstoot van je huis flink verlagen.

Gebruik van omgevingswarmte

In de omgeving is veel warmte beschikbaar. Bijvoorbeeld warmte van zonlicht en restwarmte van huizen en kantoren, datacenters of industriële processen. Omdat deze warmte relatief weinig thermische energie heeft (temperatuur: -10 °C tot 30 °C) noem je dit 'laagwaardige' warmte. Een warmtepomp haalt de laagwaardige warmte uit de omgeving en voegt er thermische energie aan toe, zodat het 'hoogwaardige' warmte wordt (30 °C tot 55 °C). Deze warmte kun je nuttig gebruiken, bijvoorbeeld om je huis te verwarmen.



Warmtepomp bij een woning



Omgevingswarmte

CO₂-besparing

Een warmtepomp gebruikt relatief weinig elektrische energie voor het omzetten van laagwaardige in hoogwaardige warmte. Zo'n 65% - 80% van alle energie die de warmtepomp levert wordt 'gratis' uit de omgeving gehaald.

Daarvoor gebruikt de warmtepomp elektrische energie, dus je elektriciteitsverbruik neemt toe. Maar je CO₂-uitstoot gaat meteen omlaag doordat je geen (of minder) gas verbruikt. En die CO₂-uitstoot wordt in de toekomst steeds lager, doordat elektriciteit steeds duurzamer wordt opgewekt.

Kosten en besparingen warmtepomp

 HR-KETEL	 €870,- (€250,- gasaansluiting) 1050m ³ GAS	 2.000 kg CO ₂ uitstoot	€0,- Besparing per jaar
 Warmtepomp lucht	 €670,- 3.000 kWh	 1.400 kg CO ₂ uitstoot	€200,- Besparing per jaar +€250,- wegvallen gasaansluiting
 Warmtepomp bodem	 €500,- 2.200 kWh	 1.100 kg CO ₂ uitstoot	€370,- Besparing per jaar +€250,- wegvallen gasaansluiting

Berekend met een gasprijs van 81,4 cent per m³ en een stroomprijs van 22,5 cent per kWh (prijsspeil 2020), voor een goed geïsoleerde gemiddelde eengezinswoning met drie bewoners. (bron: Milieu Centraal)

De CO₂-uitstoot van een warmtepomp is t.o.v. een hr-gasketel:

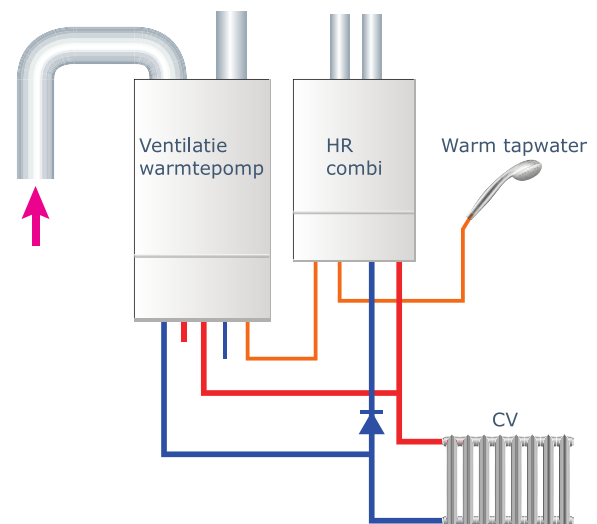
- 20% lager voor een hybride warmtepomp (gedeeltelijk gasgestookt)
- 30% lager voor een volledig elektrische warmtepomp met lucht als bron
- 45% lager voor een volledig elektrische warmtepomp met een bodembron.

Funcities

Je kunt een warmtepomp op veel verschillende manieren gebruiken.

Bijvoorbeeld om:

- water in een verwarmingssysteem te verwarmen of te koelen
- lucht te verwarmen, bijvoorbeeld bij luchtverwarming
- sanitair warm water (sww) in een boilervat op te warmen
- het water voor een zwembad op te warmen.



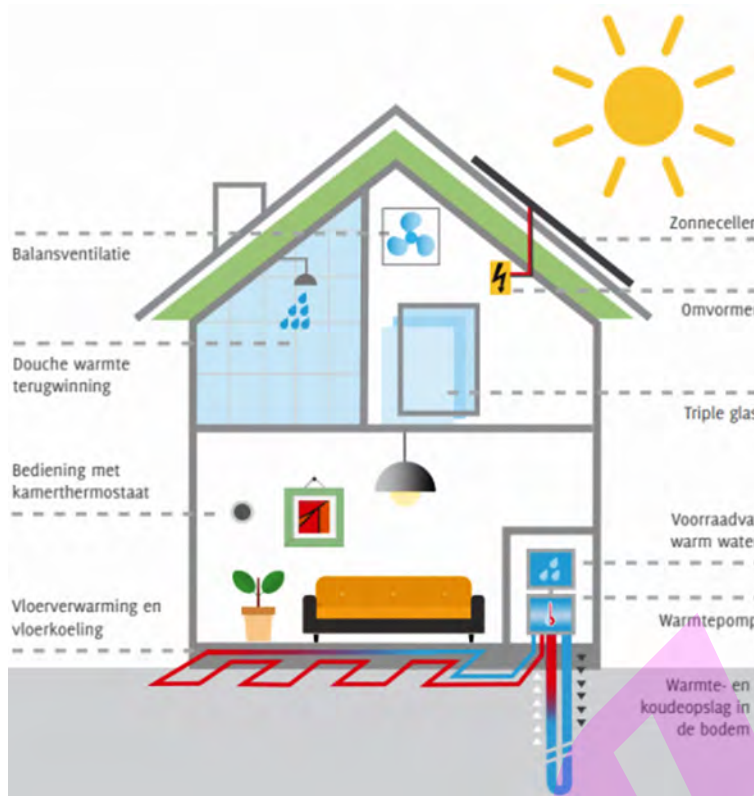
Ventilatie warmtepomp

Voordelen

Een warmtepomp heeft de volgende voordelen ten opzichte van andere verwarmingstechnieken:

- lagere CO₂-uitstoot door reductie van gebruik van fossiele brandstoffen
- energieverbruik kan flink lager zijn (afhankelijk van kritische succesfactoren)

- gunstig effect op de energieprestatie van een woning (normering)
- effectieve manier om omgevingswarmte of restwarmte nuttig te gebruiken
- niet alleen verwarmen, ook warm tapwater en koelen is mogelijk.



Comfort in de winter én in de zomer

Nadelen

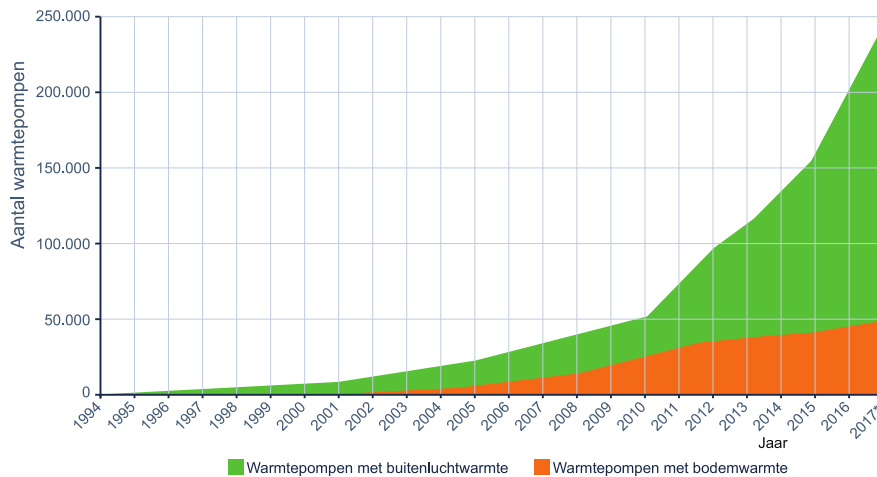
Een warmtepomp heeft ook een aantal nadelen ten opzichte van andere verwarmingstechnieken:

- De aanschaf- en installatiekosten zijn hoger.
- Of je een warmtepomp succesvol kunt inzetten hangt af van kritische succesfactoren:
 - heeft de woning goede isolatie (muur-, vloer- en dakisolatie, beglazing)?
 - heeft de woning lage temperatuurverwarming (bijvoorbeeld vloerverwarming)?
 - past de installatie in de opstellingsruimte (het zijn meestal grote installaties)?
 - is de tuin groot genoeg voor het plaatsen van collectoren (bij een grondwarmtepomp)?
 - kun je de buitenunit plaatsen zonder geluidsoverlast (bij een lucht/waterwarmtepomp)?
 - heb je een zwaardere elektriciteitsaansluiting nodig (meerkosten vastrecht bij 3×35 A)?
 - krijg je een vergunning (bijvoorbeeld voor grondboringen bij collectoren)?
- Een lucht/water-warmtepomp verbruikt elektrische energie om te koelen (daarover later meer).

Aantal warmtepompen

Bij nieuwbouwwoningen wordt er steeds vaker voor een volledig elektrische (all-electric) warmtepomp gekozen. Dat komt doordat nieuwbouwwoningen aan steeds hogere eisen moeten voldoen qua energieprestaties, voorheen EPC (energieprestatiecoëfficiënt) en nu BENG (bijna energieneutrale gebouwen).

Bij renovatieprojecten wordt er steeds vaker gekozen voor hybride warmtepompen (elektrische warmtepomp en een gasketel). Daardoor stijgt de vraag naar warmtepompen.



Aantal warmtepompen in Nederlandse woningbouw (bron: CBS)

Trends en ontwikkelingen

Hier vind je een opsomming van actuele trends en ontwikkelingen rond warmtepompen:

- In plaats van 'gasloos' wordt 'CO₂-reductie' het doel bij het verduurzamen van woningen. Dat betekent dat je als installateur niet zonder meer een warmtepomp adviseert, maar eerst nagaat of er aan de kritische succesfactoren kan worden voldaan. Dus: eerst goed isoleren, een goed ontwerp voor de installatie maken en bewustzijn kweken, in plaats van klanten opzadelen met duur advies en installatiewerk.

- Bij renovatieprojecten is het terugschroeven van de aanvoertemperatuur van de cv-ketel ('zet hem op 50 °C') een goede manier om te controleren of het zinvol is om een warmtepomp te installeren. Op deze manier kunnen bewoners ervaren wat het comfort en energieverbruik van de woning is, voordat er een warmtepomp wordt geïnstalleerd.



Zet 'm op 50 °C!

- Warmtepompen kunnen steeds hogere afgiftetemperaturen leveren (60 °C of meer) en behouden hun hoge rendement bij steeds lagere brontemperaturen (-20 °C of lager).
- Lucht/water-warmtepompen worden steeds stiller, om te kunnen voldoen aan de wettelijke geluidseisen (op de erfgrens: max. 45 dB overdag, 40 dB 's nachts).
- Schadelijke koudemiddelen als R410a worden vervangen door minder schadelijke koudemiddelen, zoals propaan (R290).
- Warmtepompen maken in de toekomst onderdeel uit van een 'slim' Energie Management Systeem (EMS) in de woning. De besturing van de warmtepomp is hierbij gekoppeld aan het EMS, waardoor de warmtepomp heel precies kan worden aangestuurd. De bewoners kunnen daardoor optimaal gebruik maken van de beschikbare hoeveelheid zonne-energie van de eigen pv-installatie.

- De meeste nieuwe warmtepompen zijn 'smart grid ready'. Dat houdt in dat het energiebedrijf de warmtepomp op afstand tijdelijk uit kan zetten of juist meer warmte kan laten produceren, op basis van de beschikbare hoeveelheid duurzame energie op het elektriciteitsnet.

?

1. Jij bent installateur van warmtepompinstallaties. Een klant wil zijn slecht geïsoleerde jaren '30 woning gaan verwarmen met een warmtepomp. Hij vraagt of jij de warmtepomp wilt installeren. Welk antwoord geef je aan deze klant?

?

2. Hoe kun je vrij eenvoudig controleren of een bestaande woning die verwarmd wordt met een gasketel geschikt is voor verwarmen met een warmtepomp?

1.2 Hoe werkt een warmtepomp?

Warmtepompen werken op elektrische energie. Ze voegen extra warmte toe aan de energie uit de omgeving, door slim gebruik te maken van natuurkundige principes (verdampen en condenseren).



Warmtepompen

Werkingsprincipe

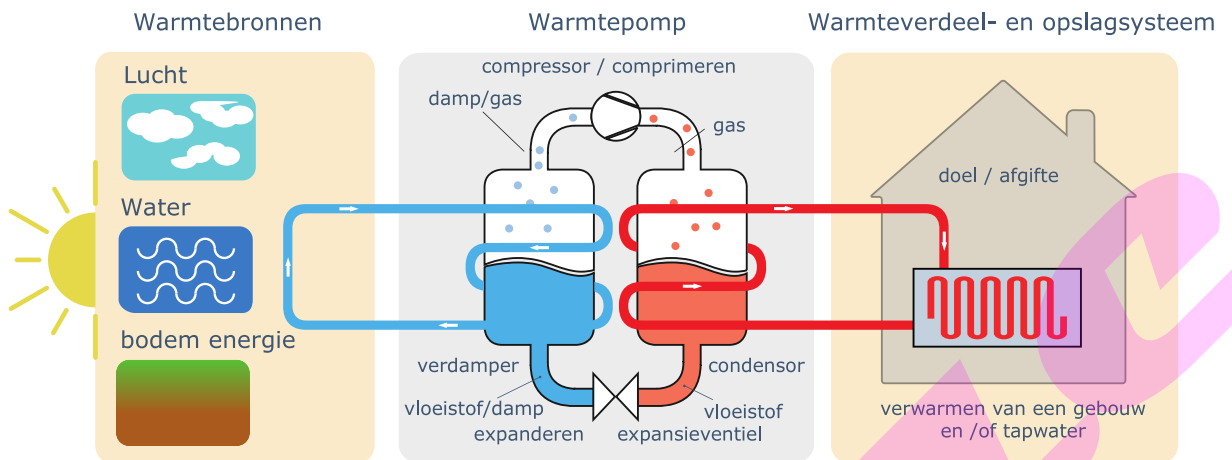
Een koelkast haalt warmte uit de lucht in de koelruimte, en voert deze warmte af naar de omgevingslucht. De warmte wordt dus van binnen naar buiten getransporteerd.

Een warmtepomp werkt precies andersom: hij haalt warmte van buiten en transporteert de warmte naar binnen.

Een warmtepomp heeft een compressor die een gasvormig koudemiddel uit de verdampers aanzuigt en samenperst/comprimeert. Door het koudemiddel samen te persen stijgen de druk en de temperatuur. Het gasvormige koudemiddel stroomt nu door een warmtewisselaar: de condensor.

In de condensor geeft het gasvormige koudemiddel zijn warmte af aan het koude water van het afgiftesysteem. Door het afkoelen condenseert het koudemiddel (het wordt een vloeistof). Daarna stroomt het vloeibare koudemiddel door een expansieventiel en komt in een grotere leiding terecht. Daardoor neemt de druk af.

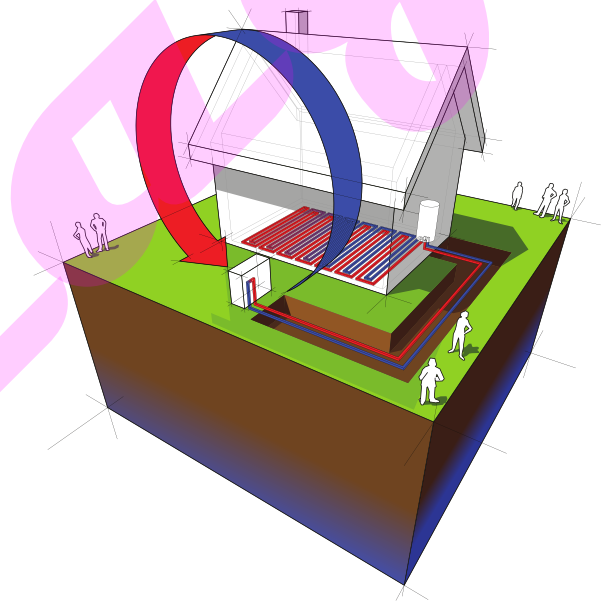
Het vloeibare koudemiddel stroomt nu door de volgende warmtewisselaar: de verdamer. In deze warmtewisselaar verdampt het koudemiddel door de warmte van de energiebron (lucht, water, bodem). Daarbij neemt het koudemiddel warmte op uit de bron. De kring is nu rond en begint opnieuw.



Verdampen, comprimeren, condensereren en expanderen

Lucht als energiebron

De buitenlucht wordt verwarmd door de zon en zit dus vol met thermische energie. Deze energie is overal gratis beschikbaar en goed te gebruiken als bron voor een warmtepomp. Moderne lucht/water-warmtepompen kunnen tot een buitentemperatuur van $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ warmte leveren. Door de lage buitentemperaturen is het rendement van de warmtepomp in de winter lager. Er zijn ook warmtepompen die ventilatielucht als energiebron gebruiken.



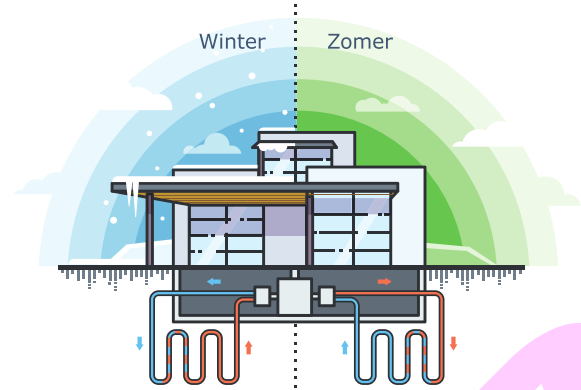
Buitenlucht als energiebron

Bodem als energiebron

De temperatuur in de bodem is veel stabielier dan de temperatuur van de lucht. In de winter (als de warmtepomp veel warmte moet leveren) is de bodem relatief warm vergeleken met de lucht. En in de zomer (als de warmtepomp gaat koelen) is de bodem relatief koel. Daarom is de bodem in principe een betere energiebron voor een warmtepomp dan de lucht.

De bodem heeft nog een andere gunstige eigenschap: het is een goede isolator. Je kunt de bodem daardoor in de zomer gebruiken om er extra thermische energie in op te slaan. Die thermische energie kun je in de winter gebruiken om er je huis mee te verwarmen.

Je kunt ook de koude die je in de winter uit je huis haalt in de bodem opslaan, en deze in de zomer gebruiken voor koeling.

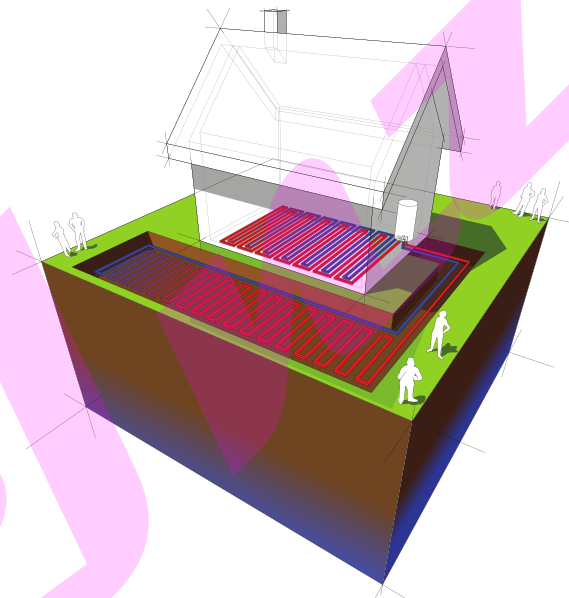


Verwarmen in de winter, koelen in de zomer

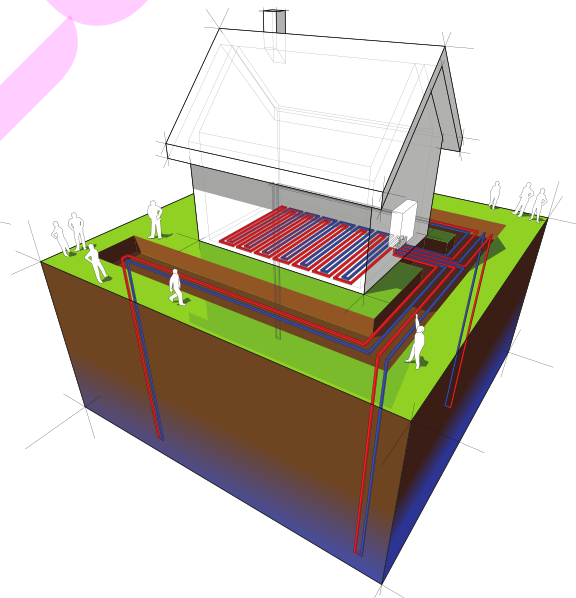
Gesloten bronsystemen

Voor individuele woningen worden meestal gesloten bronsystemen gebruikt. Een gesloten bronsysteem maakt geen contact met het grondwater. Het koudemiddel wordt door een gesloten leidingsysteem in de grond gepompt. Als de vloeistof warmer is dan de bodem, geeft het deze warmte af aan de bodem (koelen van de woning). Als de vloeistof kouder is dan de bodem dan neemt het de warmte van de bodem op (verwarmen van de woning). Hiervoor wordt een horizontale of een verticale warmtewisselaar gebruikt.

Gesloten bronsystemen hebben een temperatuurbereik tussen $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ en $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$. De warmtepomp voegt extra warmte toe om de temperatuur te verhogen voor verwarming ($> 35\text{ }^{\circ}\text{C}$) of warm tapwater ($> 60\text{ }^{\circ}\text{C}$). Een gesloten bronsysteem kan zoveel warmte aan de grond onttrekken dat de bron te veel afkoelt. Daardoor raakt de bodem 'uitgeput': er is te weinig warmte-energie over. Dit wordt voorkomen door de warmte die in de zomer uit de woning wordt gehaald in de bodem op te slaan.



Horizontale warmtewisselaar

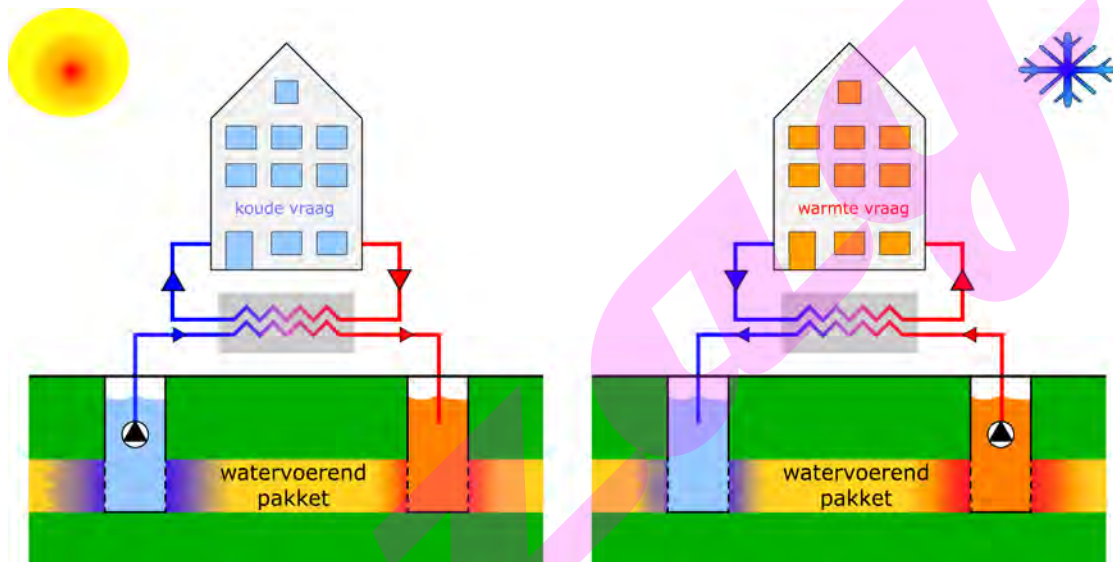


Verticale warmtewisselaar

Open bronsystemen

Een open bronsysteem pompt grondwater op uit de grond (haalbron). De warmtepomp haalt de warmte uit het opgepompte water en draagt dit over aan het afgiftesysteem. Daarna wordt het afgekoelde water weer in de grond gepompt (brenghron). Open bronsystemen leveren veel grotere piekvermogens dan gesloten bronsystemen en hebben een hoger rendement. Daarom worden open bronsystemen vooral gebruikt om grote gebouwen en zelfs complete woonwijken te verwarmen en te koelen.

Een warmte-koudeopslag (WKO) heeft ook een open bronsysteem. Bij een WKO is de stromingsrichting van beide bronnen om te draaien, afhankelijk van het seizoen. In de zomer (bij koelvraag) werkt de 'koude' bron als haalbron en de 'warme' bron als brenghron. De warmte uit het gebouw wordt dus afgevoerd naar de warme bron, die daardoor verder opwarmt. In de winter (bij warmtevraag) werkt de warme bron als haalbron en de koude bron als brenghron. Daardoor wordt de koude bron verder afgekoeld voor gebruik in de zomer.



WKO in de zomer en de winter (bron: platformduurzamehuisvesting.nl)

Water als energiebron

Naast grondwater kun je ook oppervlaktewater (uit meren, rivieren, kanalen), afvalwater uit de industrie, of rioolwater gebruiken als bron voor een warmtepomp. Grondwater is een zeer goede bron omdat de temperatuur relatief hoog is en constant blijft (8 tot 12 °C op 10 meter diepte). Oppervlaktewater is een minder goede bron, omdat de temperatuur in de winter kan dalen tot onder 0 °C. Zeewater is een erg goede bron, op een diepte van 25 tot 50 meter is de temperatuur constant 5 tot 8 °C.

Actief en passief koelen

Een warmtepomp die de buitenlucht gebruikt als warmtebron, kan vaak ook koelen. Hierbij wordt de werking van warmtepomp omgedraaid. De warmte wordt onttrokken aan het afgiftesysteem (bijvoorbeeld de vloerverwarming) en via de warmtepomp overgebracht op de omgevingslucht. Omdat de warmtepomp hiervoor in bedrijf is noem je dit *actief koelen*. De compressor gebruikt daarbij relatief veel elektrische energie, dus er zijn kosten aan verbonden.

Een warmtepomp die de bodem gebruikt als warmtebron kan meestal ook koelen. Hierbij wordt de warmte onttrokken aan het afgiftesysteem en via de horizontale of verticale warmtewisselaar afgegeven aan de bodem. Omdat de compressor hiervoor niet in bedrijf hoeft te zijn noemt men dit *passief koelen*. De warmte die wordt afgegeven aan de bodem kan in de winter weer worden gebruikt om de woning te verwarmen.

Topkoeling

Een warmtepomp koelt een woning door water van ongeveer 18 °C door het afgiftesysteem te laten stromen. Met deze *topkoeling* kun je de woning ongeveer 5 tot 8 °C onder de buitentemperatuur koelen. Je kunt de binnentemperatuur hiermee in principe op een aangename temperatuur van 23 °C houden als het buiten 30 °C is. Of dit daadwerkelijk lukt hangt af van:

- de isolatie van de woning
- het koelvermogen van de warmtepomp en het afgiftesysteem
- de luchtvochtigheid in de woning
- het toepassen van nachtkoeling (passief koelen via open ramen, actief koelen via de bypass van een balansventilatiesysteem).

Topkoeling werkt minder snel en voelt ook minder comfortabel dan airconditioning. Bij topkoeling worden alleen de vloer, de wanden of het plafond gekoeld, terwijl bij airconditioning alle lucht in de ruimte wordt gekoeld. Verder stijgt bij topkoeling de luchtvochtigheid, wat minder aangenaam aanvoelt. Toch is topkoeling een interessant alternatief, vooral omdat je je huis kunt verwarmen en koelen met hetzelfde warmtepomp- en afgiftesysteem.



Topkoeling: koelen via vloer-, wand- of plafondverwarming

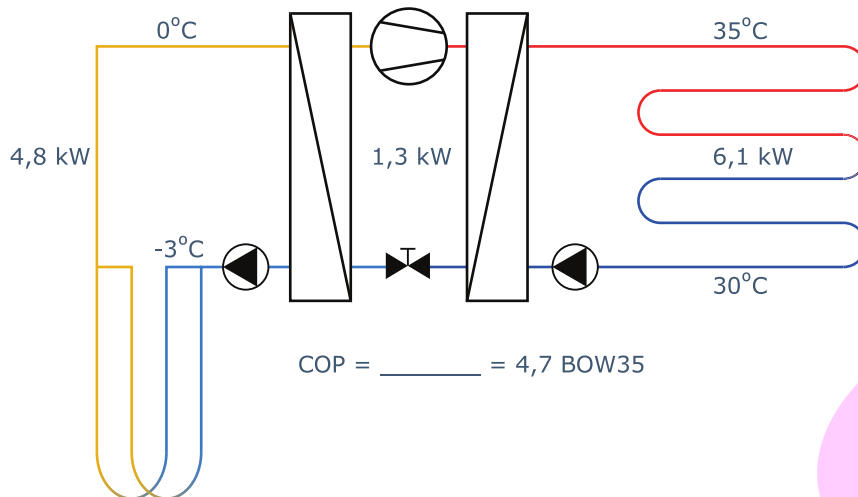
Rendement (COP)

Het rendement van een warmtepomp wordt uitgedrukt in de *Coëfficiënt Of Performance* (COP). De COP is een getal dat de verhouding aangeeft tussen de nuttig geleverde warmte (Q_{nuttig}) en het elektrisch vermogen van de compressor (P_{comp}). Oftewel:

Coëfficiënt of performance
$\text{COP} = \frac{Q_{\text{nuttig}}}{P_{\text{comp}}}$

Een warmtepomp met COP = 4,7 en een compressorvermogen van 1 kW levert dus (omgerekend) 4,7 kW nuttige warmte.

Hoe groter het temperatuurverschil tussen de bron en het afgiftesysteem, hoe harder de compressor moet werken. Bij een groot temperatuurverschil is het energieverbruik hoger en neemt de COP af. Het is dus belangrijk om het temperatuurverschil van het afgiftesysteem zo laag mogelijk te houden (zoals bij LTV). Fabrikanten van warmtepompen geven daarnaast aan over welk temperatuurverschil de COP gemeten wordt. De aanduiding B0W35 betekent bijvoorbeeld: Bron 0 °C en Wisselaar 35 °C.



Warmtepomp met COP = 4,7 (B0W35)

Jaarrendement (SPF)

Bij lucht als energiebron is het temperatuurverschil tussen de bron en het afgiftesysteem in de winter groter dan in het voorjaar of het najaar. In de winter, als de omgevingslucht kouder is, is de COP van de warmtepomp dan ook kleiner. De COP is dus een momentopname. Om echt goed te berekenen wat het rendement van de warmtepomp is kun je beter uitgaan van het gemiddelde rendement voor een heel jaar. Dit noem je de *Seasonal Coëfficiënt of Performance (SCOP)* of *Seasonal Performance Factor (SPF)*.

De SCOP of SPF geeft aan hoeveel thermische energie de warmtepomp in een heel jaar heeft afgegeven en hoeveel elektrische energie deze heeft verbruikt. Stel de warmtepomp heeft voor verwarming 1500 kWh elektrische energie verbruikt en 6300 kWh energie afgegeven, dan is de SCOP: $6300 \text{ kWh} / 1400 \text{ kWh} = 4,2$.

Fabrikanten geven de SPF aan voor een bepaald temperatuurverschil tussen de bron en het afgiftesysteem. Bijvoorbeeld 0/35 °C , 7/35 °C of 10/35 °C. Om een goede vergelijking te kunnen maken tussen verschillende merken en typen moet je dus uitgaan van dezelfde brontemperatuur en aanvoertemperatuur.

Voorbeeld

In het Europees energielabel staat bijvoorbeeld:

- Seasonal space heating energy efficiency (average climate): $7/35 = 188\%$
- Water heating energy efficiency (average climate) = 108% .

Dit betekent:

- SPF voor verwarming bij $7/35\text{ °C}$ in een gemiddeld klimaat (NL): $188\% / 40 = 4,7$
- SPF voor warm tapwater in een gemiddeld klimaat (NL): $108\% / 40 = 2,7$.

Het getal 40 is Europees vastgelegd, dit is het rendement van een elektriciteitscentrale (grijze stroom). Fabrikanten moeten in de opgave van de SPF verplicht rekening houden met dit rendementsgetal. Als er bijvoorbeeld 200% rendement in het warmtepompfiche staat, is de SPF $200\% / 40 = 5$.

Temperature application	35	55	°C
Declared load profile for water heating	XXL		
Seasonal space heating energy efficiency class, average climate:	A++	A++	
Water heating energy efficiency class, average climate:	A		
Rated heat output, average climate:	9	8	kW
Annual energy consumption for space heating, average climate	3797	4433	kWh
Annual electricity consumption for water heating, average climate	1995		kWh
Seasonal space heating energy efficiency, average climate:	188	141	%
Water heating energy efficiency, average climate:	108		%
Sound power level LWA indoors	45		dB
Rated heat output, cold climate:	9	8	kW

Warmtepompfiche met gegevens over de SCOP

Onderhoud en levensduur

Het is aan te raden om een warmtepompinstallatie jaarlijks te laten inspecteren en onderhouden. Een warmtepomp is een relatief duur apparaat en de goede werking van een warmtepomp hangt af van veel factoren. Toch hoeft je aan een warmtepomp weinig onderhoud uit te voeren: een jaarlijkse visuele inspectie en het reinigen van vuilfilters kan al voldoende zijn. Verder controleer je als onderhoudsmonteur of het toestel nog goed werkt.



Visuele inspectie van een buitenunit