

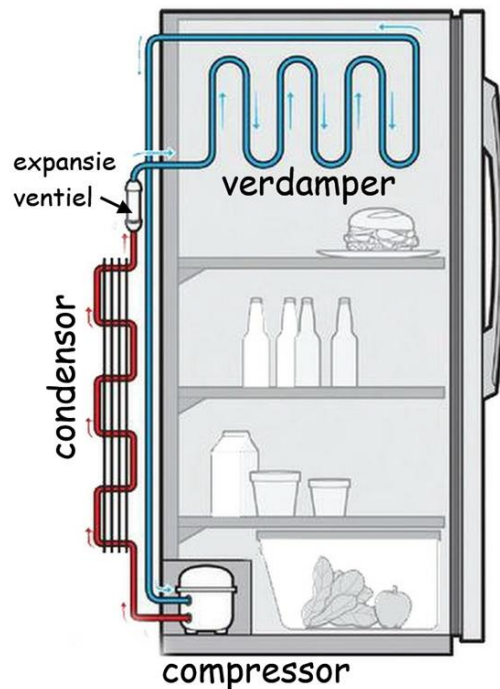
Warmte voor warmtepompen

Warmtepompen kunnen hun warmte halen uit buitenlucht of bodemwarmte. Besproken worden de voor- en nadelen van deze bronnen. We komen tot een duidelijke conclusie.

Dr JW Drijver - www.nautilus-educatief.nl

In de discussie over het gasloos maken van woningen komt (naast een goede isolatie) het inzetten van warmtepompen als alternatief voor de gas-cv naar voren. Hoewel onbekend is iedereen eigenlijk al lang vertrouwd met de warmtepomp, omdat die het hart vormt van elke koelkast.

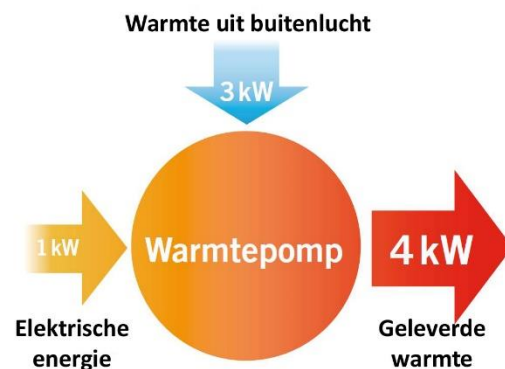
Het apparaat doet niet anders dan warmte pompen van zijn koude naar zijn warme kant, van de verdamper binnen in de koelkast naar de condensor erbuiten. De verdamper koelt daardoor af en de warmte komt vrij in de condensor achter de koelkast. Dat merk je aan de warme lucht die aan de achterzijde vrijkomt. Het proces wordt onderhouden door de compressor die meestal elektrisch wordt aangedreven en dus elektrisch vermogen opneemt.



de aloude koelkast

COP

Het aardige is dat een warmtepomp meer warmte kan verpompen dan hij aan elektrisch vermogen opneemt. De verhouding tussen de geleverde warmte en het opgenomen elektrische vermogen wordt de prestatie-index genoemd; Engelstalig: coefficient of performance, afgekort COP. Een warmtepomp heeft dus een COP groter dan 1. In het voorbeeld hiernaast wordt een warmtestroom van 3 kW uit de buitenlucht verpompt met behulp van 1 kW elektrisch vermogen. Er wordt dus $3 + 1 = 4$ kW warmte door de warmtepomp geleverd op elke opgenomen 1 kW. De COP is dus 4.



een COP-schema

De COP hangt sterk af van het temperatuurverschil tussen koude en warme kant van de warmtepomp: hoe groter dat temperatuurverschil, hoe minder warmte er bij een bepaald elektrisch vermogen wordt geleverd. Met andere woorden: de elektromotor moet meer 'zijn best doen' bij een groter temperatuurverschil. De COP wordt verder begrensd door de wetten van de thermodynamica en kan daarom niet eindeloos worden verhoogd door beter ontwerp. Nogmaals: hoe kleiner het temperatuurverschil dat moet worden overbrugd door de warmtepomp, hoe groter de COP.

Centrale verwarming

Wanneer in een huis voor verwarming of warmwater productie alleen elektriciteit voorhanden is, dan kan dat via directe elektrische verwarming. Bekende voorbeelden zijn het straal-kachelletje en de elektrische boiler. De COP is dan gelijk aan 1: het opgenomen elektrische vermogen wordt voor 100% omgezet in warmte, ook bij elektrische vloerverwarming of een olie-gevulde radiator. Een betere optie is een warmtepomp, die immers een COP heeft van groter dan 1: meer warmte voor je (elektrische) geld. Hoe groter de COP, hoe zuiniger je stookt. De constructie van een warmtepomp voor verwarming is in principe gelijk aan die in een koelkast. De warme kant wordt gekoppeld aan het centrale verwarmingssysteem. Aan de koude kant moet dus warmte worden toegevoerd. Dan hou je het temperatuurverschil tussen warme en koude kant klein en heb je een grote COP.

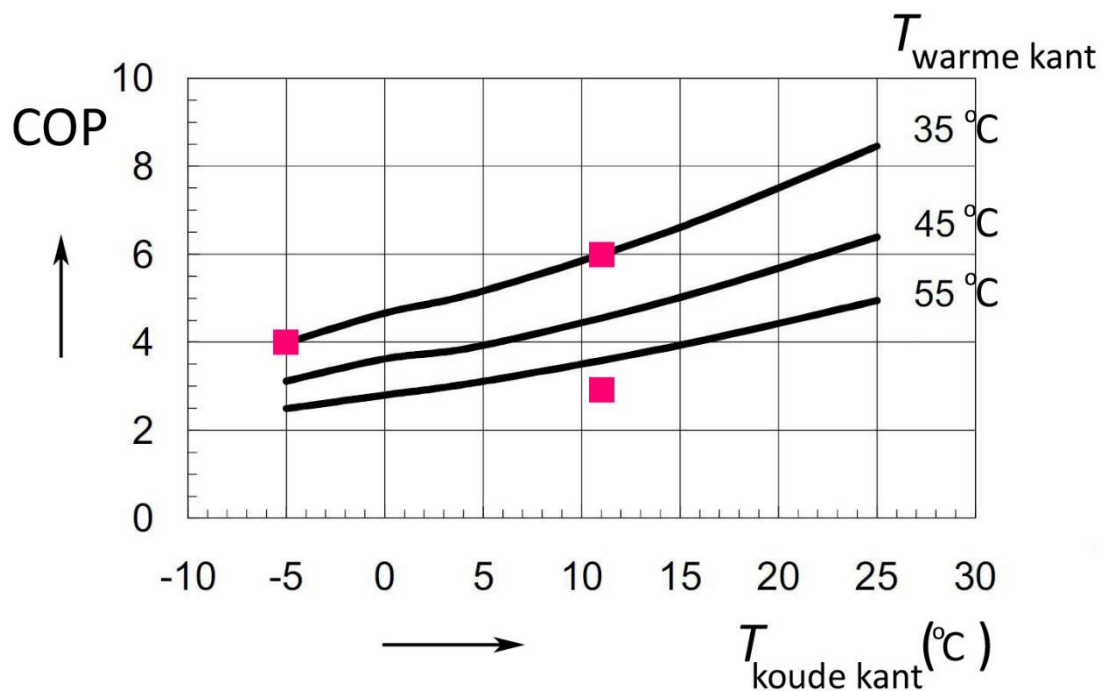
Vloerverwarming

We zeiden al: 'Hoe kleiner het temperatuurverschil, hoe groter de COP en hoe zuiniger je stookt.' Voor een efficiënte installatie moeten we dus naar een *zo laag mogelijke verwarmingstemperatuur* (de warme kant) en een *zo hoog mogelijke temperatuur voor de koude kant*. De gebruikelijke gasegestookte verwarming met radiatoren werkt bij ca. 80 °C, vloerverwarming bij ca. 35 °C. Daarom wordt bij een warmtepomp vrijwel altijd voor vloerverwarming gekozen. Radiatoren gaan pas werken vanaf 50 °C en dan nog in een ouderwets grote uitvoering. Hete-lucht verwarming heeft vergelijkbare bezwaren. Een goede isolatie van de woning is vanzelfsprekend *altijd* een vereiste.

Warmtebron

Als warmtebron voor de koude kant kiezen we in de praktijk tussen buitenlucht of bodem. In het eerste geval komt er buiten een ventilator te staan die buitenlucht blaast langs de koude kant van de warmtepomp en die zo opwarmt. In het tweede geval zijn er verschillende opties, die gemeen hebben dat water vanuit de bodem langs de koude kant wordt geleid waardoor die warm wordt gehouden. Daartoe wordt in de grond een buizenstelsel aangebracht.

We zagen al dat de prestatie van een warmtepomp sterk afhangt van de temperatuur van de koude kant. Dit wordt geïllustreerd met het onderstaande diagram dat laat zien hoe bij een doorsnee warmtepomp de COP van deze temperatuur afhangt (de drie zwarte lijnen).



verloop van de COP bij wisselende temperatuur van de koude kant, bij drie verschillende temperaturen van de warme kant

Bodem

Een warmtepomp op bodemwater (grondwater of koelvloeistof) heeft een vaste temperatuur aan de koude kant, omdat bodemwater zomer en winter een constante temperatuur heeft van ca. 11 °C. Alles speelt zich onder een putdekseltje af. Voor vloerverwarming bedraagt de COP dan 6 (lees af bij ■ in het diagram hierboven), voor het opwarmen van tapwater in een boiler tot 65 °C* is de COP 3. Ofwel, vloerverwarming kost per opgenomen elektrische kWh 2× minder dan een warmwater boiler. Dit is seizoenafhankelijk door de constante waarde van de bodemtemperatuur.



putdekseltje

Buitenlucht

Bij de luchtwarmtepomp wordt de koude kant ondergebracht in een buitenventilator die er lucht langs blaast. De COP hangt hier dus wél af van het seizoen. Bekijken we eerst de voornaamste functie - *vloerverwarming* - dan zien we (lees af in het diagram boven) dat de COP in het voor- en naseizoen, zeg bij 11 °C, gelijk is aan 6, net als bij de bodemwarmtepomp. Maar als het er 's winters op aankomt, zeg bij -5 °C, dan daalt de COP naar 4. Dat betekent allereerst dat de geleverde warmte 1½ (6/4) keer duurder wordt in € 's maar ook dat de maximaal te leveren warmtestroom 1½ keer minder is. Bij extreme koude wordt dit effect nog sterker. Bekijken we de tweede functie - *het maken van warm tapwater* - dan zien we dat dat evenredig duurder wordt en ook evenredig langzamer gaat.



de buitenventilator,
hoe groter, hoe stiller . . .

Als compensatie: het maken van warm tapwater is 's zomers voordeliger (COP > 3). Dat geldt natuurlijk ook voor de ruimteverwarming, maar die is dan niet meer nodig!

Vloerkoeling

Bij de (helaas) warmer wordende zomers heeft een warmtepomp op bodemwater een belangrijk aanvullend voordeel boven een luchtwarmtepomp. De koelte van het bodemwater kan - zonder dat de warmtepomp hoeft te werken - aan het vloerverwarmingssysteem worden doorgegeven, waardoor vrijwel gratis airco van het hele huis mogelijk is. Een luchtwarmtepomp kan in omgekeerde stand worden gezet en werkt dan ook als airco. Maar iedereen weet hoeveel elektriciteit een airco kost en hoeveel geluid die in de omgeving produceert.

Bodembron

Voor het gebruiken van bodemwarmte zijn drie systemen in gebruik, zie ook de figuren hieronder. (1) Laat koelvloeistof circuleren door een aantal lussen die horizontaal ruim een meter onder het maaiveld zijn ingegraven. (2) Laat koelvloeistof circuleren door een of meer lussen die verticaal zijn geboord tot 60 à 120 m diepte. (3) Pompt grondwater uit een put van 40 à 80 m diep en voert het water afgekoeld terug in een tweede put. In het algemeen heeft (3) de voorkeur omdat er geen enkel risico van bodemverontreiniging is (met koelvloeistof†) en weinig ruimte inneemt vergeleken met (1). Dit laatste geldt zeker in stedelijke gebieden, waar trouwens de gemeente een coördinerende rol moet spelen en vaak collectieve voorzieningen nodig zijn. Tenslotte, in de praktijk leidt (3) tot een iets hogere COP-waarde omdat bij (1) en (2) bevriezing van de bodem moet worden vermeden.

* Minimum temperatuur in verband met legionellabesmetting.

† Bij de 'heat pipe' technologie wordt niet-verontreinigende CO₂ onder hoge druk gebruikt.



(1)



(2)



(3)

De balans opmaken

Allereerst het financiële plaatje *bij aanschaf*. Voor elke warmtepomp moet lage-temperatuur verwarming worden gebruikt voor een gunstige COP-waarde. Vrijwel altijd zal dit neerkomen op vloerverwarming. De aanschaf van de eigenlijke installatie zal ook in beide gevallen op eenzelfde bedrag uitkomen omdat de techniek vrijwel identiek is. Wel treedt er verschil op bij het aanleggen van het buitendeel, want een buitenventilator is veel eenvoudiger aan te leggen dan een bodemwarmtedeel. Voor het boren van een put moet bij een vrijstaand huis worden gerekend op een bedrag vanaf € 3.000*, afhankelijk van de bodemsituatie. Dit is aanzienlijk duurder dan het plaatsen van een ventilator. Bij de aanschaf mag in beide gevallen rekening worden gehouden met de subsidie (ISDE) die de overheid dezer dagen geeft op warmtepompen: ook zo'n € 3.000. Voor wooncomplexen wordt de kostenpost per woning aanzienlijk lager omdat er makkelijk met een gedeelde warmtebron kan worden gewerkt.

Dan de *exploitatiekosten*. Die hangen natuurlijk sterk af van de te leveren hoeveelheid warmte, dus van de isolatiewaarde van de woning, van de ligging, de grootte en de warmwater behoefte. Hier beperken we ons in eerste instantie tot het maken van een vergelijking tussen warmtepompen die gebruik maken van buitenlucht- of bodemwarmte. Tussen de bodemwarmtesystemen onderling zijn de verschillen niet groot. Zoals we in de paragraafjes 'Bodem' en 'Buitenlucht' zagen, kan een warmtepomp voor vloerverwarming een COP van 6 halen: hij levert 6× meer warmte dan hij kost aan elektrische energie. Met een duidelijke restrictie voor de luchtwarmtepomp: wanneer het erop aankomt, als het gaat vriezen, levert die minder warmte op bij dezelfde stroomkosten - 1/2 keer - of nog erger bij zware vorst. Dat heeft zowel repercussies voor de verwarming van de woning, het (minder snel) maken van warm tapwater als voor de portemonnee. De extra kosten van - zeg - € 2.500 die voor de aanleg van een bodemwarmtewisselaar moeten worden gemaakt, moeten worden uitgezet tegen de levensduur van een bodembron: veel meer dan 25 jaar . . .

De sterke en de zwakke punten van beide systemen - bodemwarmte en buitenlucht - zijn ter vergelijking in de onderstaande tabel gezet.

	bodemwarmte	buitenlucht
aanschaf	€ 12.500 [#]	€ 10.000 [#]
elektrakosten	constant (COP = 6)	stijgen bij vorst (COP < 6)
warmte productie	constant	bij vorst minder
warm-tapwater productie	constant	bij vorst minder snel [#]
vloerkoeling	vrijwel gratis [§]	even duur als verwarming
geluidshinder	laag	soms hoog [†]

[#]richtbedrag [#]'s zomers sneller [§]niet mogelijk bij heat pipe [†]buitenventilator

*excl. BTW - 12 kW installatie voor vrijstaand huis - in correspondentie met www.wellcontrol.nl; een open bron onder lichte overdruk voorkomt oxidatieproblemen en is daardoor onderhoudsvrij.

Afgezien van het verschil in aanschafkosten - zo'n € 2.500 - is de bodemwarmtebron in het voordeel ten opzichte van de buitenluchtbron. Op elektrakosten zal bij die eerste een veelvoud worden bespaard, niet alleen bij de warmteproductie maar ook bij de vloerkoeling. De *geluidshinder* van de ventilatie unit vormt tevens een minpunt voor de buitenluchtbron. En bij die laatste zijn nog twee maatregelen nodig, die de COP verlagen. Wanneer de koude kant onder het vriespunt komt, zal er *ijsafzetting* optreden die periodiek ontdooid moet worden. Ook worden deze systemen meestal met een elektrisch element uitgerust voor *bijverwarming* bij lage buitentemperaturen, met noodgedwongen COP = 1. Zie het kader hieronder.

uit de bedieningshandleiding van Nefit EnviLine (www.nefit.nl):

<p>4.1 Bijverwarming voor meer vermogen Wanneer de warmtepomp onvoldoende energie levert voor het verwarmen van het huis of vanwege lage buitentemperaturen moet worden gestopt, moet worden bijverwarmd door een geïntegreerd 9 kW elektrische verwarmingselement van de binneneenheid.</p>	<p>4.3 Automatisch ontdooien Bij een buitentemperatuur onder 10 °C kan op de verdampers ijs worden gevormd. Wanneer de ijsvorming zo groot wordt, dat het luchtdebiet door de verdampers wordt gehinderd, dan wordt het ontdooien automatisch gestart door het omdraaien van de doorstroomrichting.</p>
---	--

Macroniveau

Niet alleen voor de individuele gebruiker, maar ook op macroniveau is een juiste keuze van het type warmtepomp van groot belang. Bij een massale overstap op warmtepompen behoort een verzwaring van het elektrische distributiesysteem in de wijken. Wanneer de keus is gevallen op buitenlucht als bron zal bij zware vorst de elektriciteitsvraag voor verwarming dubbel zo hoog uitvallen dan wanneer de keus zou zijn gevallen op de bodemwarmtebron. Het lokale elektriciteitsnet moet in dat geval veel zwaarder worden uitgevoerd.

De overheid heeft 's winters toch al een groot probleem omdat dan de bijdrage van zonne-energie miniem is en in geval van windstilte op de buffervoorraden moet worden teruggeleverd. En - zoals bekend - is er nog geen oplossing in zicht waar die buffervoorraden uit moeten bestaan (waterkracht uit Noorwegen?, plan-Lieverse?, biogasvoorraden?). Op macroniveau is de constante COP van warmtepompen werkend op bodemwarmte dus verre te prefereren.

Conclusie

Voor het gasloos maken van woningen is het toepassen van warmtepompen een goede optie. Deze techniek is al gedurende tientallen jaren uitontwikkeld in landen als Zweden, Duitsland en Zwitserland. We hebben gezien dat de keuze van de warmtebron hierbij van groot belang is en dat bodemwarmte te prefereren is boven buitenlucht. Dit zowel gezien vanuit de portemonnee van de individuele gebruiker als vanuit het perspectief van de overheid.

Het is aan diezelfde overheid om het belang van de juiste keuze aan publiek en industrie duidelijk te maken. In dat kader moet de subsidie op de buitenluchtbron zo snel mogelijk worden beëindigd. Voor Vereniging Eigen Huis en Consumentenbond is in deze voorlichting vanzelfsprekend ook een rol weggelegd.

