

Slagkracht voor de vernieuwende installateur

Deel II. Warmtepompen



*Deze publicatie is beschikbaar onder de licentie Creative Commons: Naamsvermelding-NietCommercieel-GelijkDelen
Deze licentie laat toe het werk te kopiëren, distribueren, vertonen, op te voeren, en om afgeleid materiaal te maken, zolang Techlink, WPP en COGEN Vlaanderen vermeld worden als makers van het werk, het werk niet commercieel gebruikt wordt en afgeleide werken onder identieke voorwaarden worden verspreid.*

Voorwoord

De doelstelling van het 'Slagkracht'-project is installatiebedrijven slagkracht geven om keuzes te bieden en zelf op onderbouwde wijze keuzes te maken op weg naar een duurzame leefwereld.

Dit project wil installateurs, die op heden nog vooral focussen op condenserende ketels (een geschatte 70% van het totale aantal), mee op het pad van innovatie nemen door hen vertrouwd te maken met de opportuniteiten die de nieuwe technologieën, met name **WKK en warmtepompen als de nieuwe generatie verwarmingstoestellen**, bieden voor henzelf, hun klanten en de gemeenschap.

De installatiebedrijven winnen hierdoor slagkracht door op onderbouwde wijze keuzes te maken naar gelang de omstandigheden en hun klanten en opdrachtgevers te kunnen ondersteunen bij het maken van hun keuzes. Dankzij dit project zullen de installatiebedrijven eindgebruikers kunnen ondersteunen op hun weg naar transitie en zullen zij een sterke partner zijn naar duurzame studie bureaus die op hun beurt hun klanten helpen op weg naar een duurzame energievoorziening. Dit project speelt niet enkel in op realisaties tijdens het project, maar ook op het ondersteunen van blijvende realisaties ook na het afronden van het project door lange termijn ondersteuning en tools te bieden.

Dit cursusdeel behandelt de warmtepomptechnologie. Stap-voor-stap wordt uitgelegd hoe warmtepompen werken en welke stappen er nodig zijn om tot een goed werkende warmtepompinstallatie te komen. Verder komt de huidige wetgeving en bestaande steunmaatregelen aan bod.

'Slagkracht voor de vernieuwende installateur' is een project van Techlink, het Warmtepomp Platform van ODE en COGEN.



Techlink (voorheen gekend als Fedelec en ICS) is sinds jaren de meest representatieve beroepsfederatie voor elektrotechnische en HVAC ondernemers in heel België. Techlink verenigt nu ongeveer 3000 ondernemingen: zelfstandigen, KMO's en grote ondernemingen, actief op alle gebieden van de installatietechniek. Techlink verdedigt de sectorbelangen bij de overheid, de economische beleidsmakers en de bouwpartners. Door aanwezig te zijn op lokaal, gewestelijk, nationaal en Europees niveau vertegenwoordigt Techlink de elektro en HVAC-installatiesector bij talrijke organisaties en instanties zoals het sectorale paritaire comité (149.01), technische commissies, politieke instanties, administraties en voorschrijvers. Techlink verdedigt de elektro- en HVAC installatiebedrijven in talrijke overleg- en adviesinstanties die direct of indirect de belangen van de installatiebedrijven beïnvloeden.



COGEN is het centrale aanspreekpunt voor kennis en objectieve informatie over warmte-krachtkoppeling (WKK) en de gerelateerde onderwerpen, en dit met het oog op het correct informeren en ondersteunen van al wie professioneel betrokken is bij WKK. COGEN is de partner voor bedrijven, organisaties en overheden. Vanuit een breed en constructief overleg creëren we een draagvlak voor WKK vanuit de duurzame efficiëntiewinsten en systeemvoordelen. COGEN is daarnaast ook een ledenorganisatie. Leden kunnen steeds rekenen op onze expertise en ons sterk netwerk.



ODE, de Organisatie Duurzame Energie is de sectororganisatie voor duurzame energie in Vlaanderen. ODE brengt meer dan driehonderd bedrijven, kenniscentra, universiteiten en organisaties samen in technologieplatformen en werkgroepen, om kennis uit te wisselen en aan belangenbehartiging te doen. ODE is de belangrijkste stakeholder inzake hernieuwbare energie voor de betrokken overheden. Warmtepompen kennen een groot potentieel als toepassing van hernieuwbare energie voor gebouwverwarming, zowel in de woningbouw als utiliteitsbouw. Zij vormen hiermee een belangrijk alternatief voor fossiele energiebronnen. Dit potentieel is slechts beperkt aangeboord. Verschillende partijen uit de sector, zowel bedrijven als kenniscentra en andere betrokkenen hebben zich gegroepeerd in het **Warmtepomp Platform (WPP)** om de markt van de warmtepompen te stimuleren.

Het Warmtepomp Platform wil de warmtepompsector ondersteunen door:

- interne informatie-uitwisseling;
- mee te werken aan aangepaste regelgeving en een stimulerend beleid;
- een kwaliteitsbewakingssysteem te ondersteunen;
- communicatie naar en samenwerking met betrokken professionelen;
- informatieverspreiding en promotieacties naar verschillende doelgroepen.

Met de steun van



'Slagkracht' wordt financieel gesteund door VLAIO, het Vlaams Agentschap Innoveren en Ondernemen, het aanspreekpunt van de Vlaamse overheid voor alle ondernemers in Vlaanderen. Vlaio stimuleert en ondersteunt innovatie en ondernemerschap en draagt bij aan een gunstig ondernemersklimaat.

De focus ligt op:

- **het stimuleren van groei en innovatie**
Dit doet Vlaio door ondernemingen financieel te ondersteunen via subsidies om te kunnen groeien, transformeren of innoveren. Voorbeelden van dergelijke subsidies zijn de kmo-portefeuille, de kmo-groeisubsidie, kmo innovatieprojecten en onderzoeks- & ontwikkelingsprojecten.
- **het bevorderen van ondernemerschap**
Vlaio werkt hiervoor samen met sterke partners die kmo's kunnen begeleiden van (pre)start over groei tot overname en ondersteunt ook netwerking gericht op groei-bedrijven.
- **het ondersteunen van clusters**
Vlaio steunt organisaties die samenwerking en dynamiek op gang brengen binnen een groep van ondernemingen en kennisinstellingen.
- **het bevorderen van omgevingsfactoren**
Vlaio faciliteert o.a. de ontwikkeling van bedrijventerreinen en het voorzien van adequate bedrijfs-huisvesting. Via één geïntegreerd loket wordt de brug gelegd naar sterker ondernemerschap.

Links:

- www.techlink.be
- www.cogen.be
- www.ode.be
- www.vlaio.be

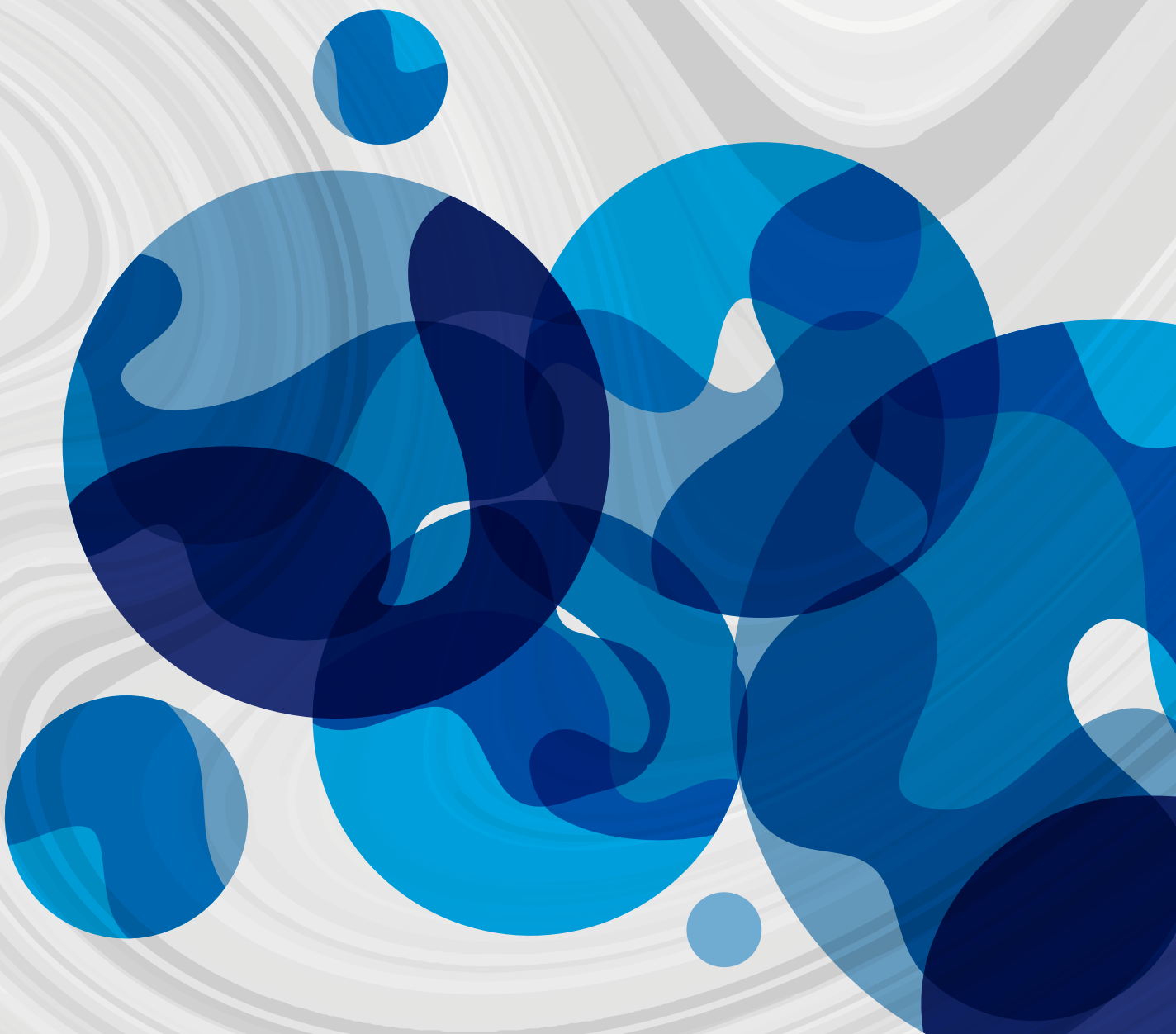
Nuttige factoren	
860 kcal/h	1 kW
1 liter stookolie	9.945 kWh \approx 10 kWh
1 m ³ aardgas	11 kWh

Inhoud

Slagkracht voor de vernieuwende installateur	1
MODULE 1: De basis	7
1 Inleiding	8
2 De globale context	9
3 Thermisch comfort in gebouwen	16
4 Werking van een warmtepomp in gebouwen	23
5 Warmteafgifte	30
6 Verschillende warmtebronnen	32
7 Warmtepomptypes	43
8 Koelen met warmtepompen	49
9 Energiebalans en prestatiefactoren	52
10 Opstellingswijze	71
11 Hoeveel kost een warmtepomp?	75
12 Warmtepompen vergelijken met gas- en stookolieketels	77
13 Nuttige links	84
MODULE 2: Stap-voor-stap	95
14 Haalbaarheid van een warmtepomp	86
15 Betrokken partijen	89
16 Benodigde plaats	90
17 Stap-voor-stap: een renovatie	91
18 Bijlage	107
MODULE 3: Detailontwerp	115
19 Gedetailleerde warmtepompwerking	116
20 Ontwerp en plaatsing van de warmtebron	145
21 Ontwerp van de warmtepomp	154
22 Warmtepompen vergelijken: berekeningen	176
MODULE 4: Regelgeving en steun	191
23 ERP: Ecodesign en Energielabel	192
24 EPB	204
25 Steun (situatie juni/2019)	218
26 Rescert	227
27 Vergunningen voor warmtebronnen	230
28 F-gas wetgeving	235

Module 1

De basis

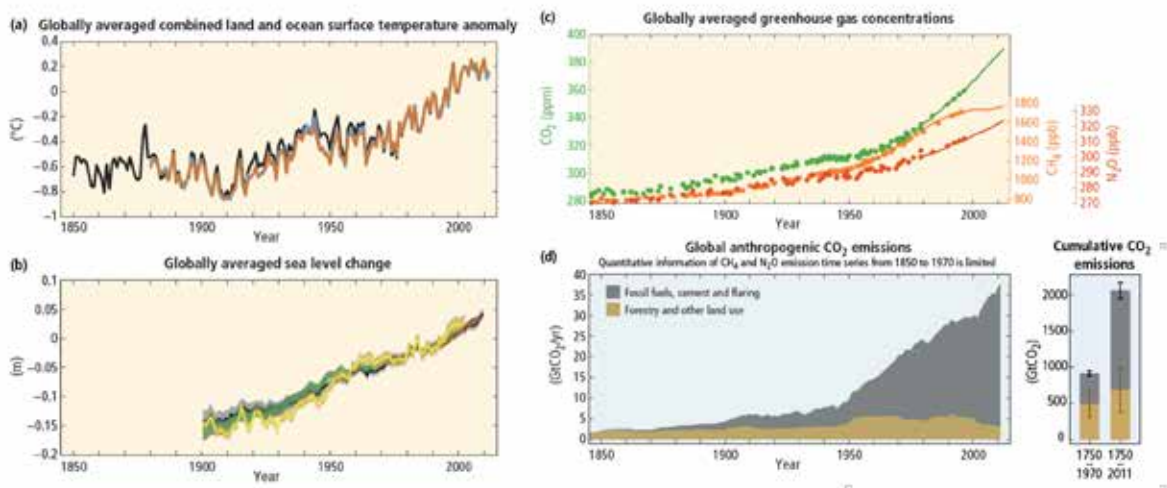


1. Inleiding

In deze cursusmodule wordt de basiswerking van een warmtepomp uitgelegd. Thermisch comfort en sanitair warm water productie komen aan bod, waarbij de nadruk wordt gelegd op het bepalen van de randvoorwaarden die nodig zijn voor de dimensionering van een warmtepompinstallatie. De interne werking van een warmtepomp wordt uitgelegd zonder specifiek diep op de achterliggende fysica in te gaan. Wel wordt benadrukt waarom een warmtepomp bijvoorbeeld best met een lage temperatuur verwarming zoals vloerverwarming wordt gekoppeld. Ook koelen met warmtepompen komt aan bod. De opbouw van elektrische en gasabsorptiewarmtepompen wordt behandeld. Omdat een goed werkende warmtepomp afhangt van zowel een correct gedimensioneerd en correct geïnstalleerd afgiftesysteem, als van een juist gekozen en goed werkende warmtebron, toont deze cursusmodule hiervan een duidelijk overzicht. Om over de prestatie van warmtepompen te kunnen spreken, is het belangrijk de verschillende prestatiefactoren duidelijk uit te leggen en met elkaar te vergelijken. De link met het energielabel komt hier ook aan bod. De verschillende mogelijke installatieconfiguraties komen schematisch aan bod, samen met voorbeeldfoto's. De kostprijs van een warmtepompinstallatie en een beeld van de besparing die warmtepompen leveren worden vervolgens getoond.

2. De globale context

De menselijke invloed op het klimaatsysteem is duidelijk en recente emissies door menselijke oorzaken van de broeikasgassen zijn de hoogste in de geschiedenis. Recente klimaatveranderingen hebben wijdverspreide gevolgen gehad op menselijke en natuurlijke systemen.

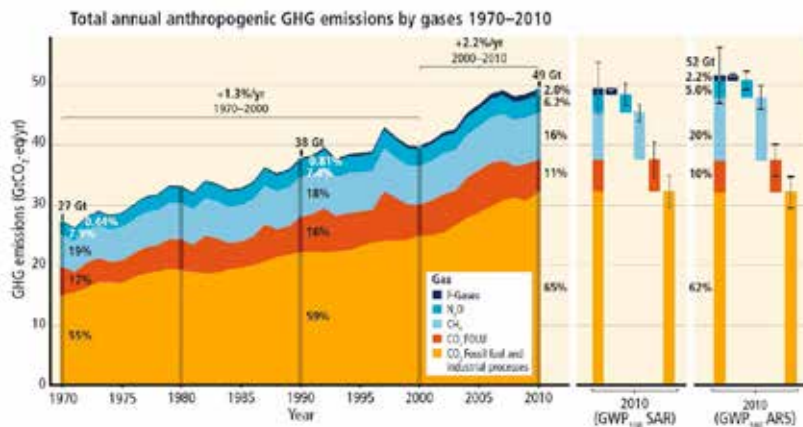


[IPCC]

Figuur 1: (a) Gemiddelde land- en oceaan oppervlakte temperatuur; (b) Gemiddeld zeeniveau; (c) gemiddelde broeikasgas-concentratie in de atmosfeer; (d) globale CO₂-emissie door o.a. fossiele brandstoffen.

De opwarming van het klimaat valt niet meer te ontkennen. Wetenschappers hebben sinds 1950 waarnemingen gedaan en veranderingen ontdekt die lange tijd onbekend gebleven waren. De atmosfeer en de oceaan zijn opgewarmd, de hoeveelheden sneeuw en ijs zijn afgenomen en het zeeniveau is gestegen.

De uitstoot van broeikasgassen door menselijke activiteiten is sinds het pre-industriële tijdperk toegenomen grotendeels door economische groei en bevolkingsgroei, en zijn nu hoger dan ooit. Dit heeft geleid tot atmosferische concentraties van koolstofdioxide, methaan en stikstofoxide die ongekend hoog zijn, in ieder geval sinds de laatste 800.000 jaar. Hun effecten, samen met die van andere menselijke effecten, hebben een impact op het gehele klimaatsysteem en zijn zeer waarschijnlijk de dominante oorzaak van de waargenomen opwarming sinds het midden van de 20^e eeuw.



Figuur 2: Stijging van de menselijke uitstoot van broeikasgassen.

Het Kyoto-protocol werd in 1997 goedgekeurd en trad in 2005 in werking. Met het protocol stelden 37 landen en de Europese Unie, een doelstelling om de uitstoot van broeikasgassen in de periode 2008-2012 met 5% te verminderen ten opzichte van het niveau van 1990. De Europese Unie heeft toegezegd haar uitstoot met 8% te verminderen in plaats van met 5%. Onder het Kyoto-protocol zoals gewijzigd in Doha in 2012, heeft de EU en haar lidstaten toegezegd hun broeikasgasemissies te verminderen tegen 2020 met 20% ten opzichte van het niveau van 1990. In de Parijs-akkoorden kwamen de regeringen overeen om de stijging van de mondiale gemiddelde temperatuur deze eeuw 'ruim onder' 2°C boven het pre-industriële niveau te houden, met als doel het te beperken tot 1,5°C. De volgende ambitieuze energiedoelstellingen voor 2020 in de strijd tegen klimaat-verandering (t.o.v. het niveau van 1990) zijn:

Tegen 2020

- 20% reductie van broeikasgasemissies (vanaf 1990);
- 20% aandeel hernieuwbare energie in finaal energieverbruik;
- indicatieve doelstelling om de energie-efficiëntie met 20% te verbeteren in vergelijking met projecties van toekomstige energie consumptie.

Tegen 2030

- een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen met ten minste 40% (vanaf het niveau van 1990);
- ten minste 27% aandeel hernieuwbare energie in het eindverbruik van energie, bindend op EU-niveau;
- indicatieve doelstelling om de energie-efficiëntie met ten minste 27% te verbeteren in vergelijking met projecties van toekomstige energie consumptie, te herzien in 2020, rekening houdend met een EU-niveau van 30%

Tegen 2050

- de EU is voornemens de uitstoot van broeikasgassen in de EU met 80% tot 95% te verminderen ten opzichte van hun niveau in 1990

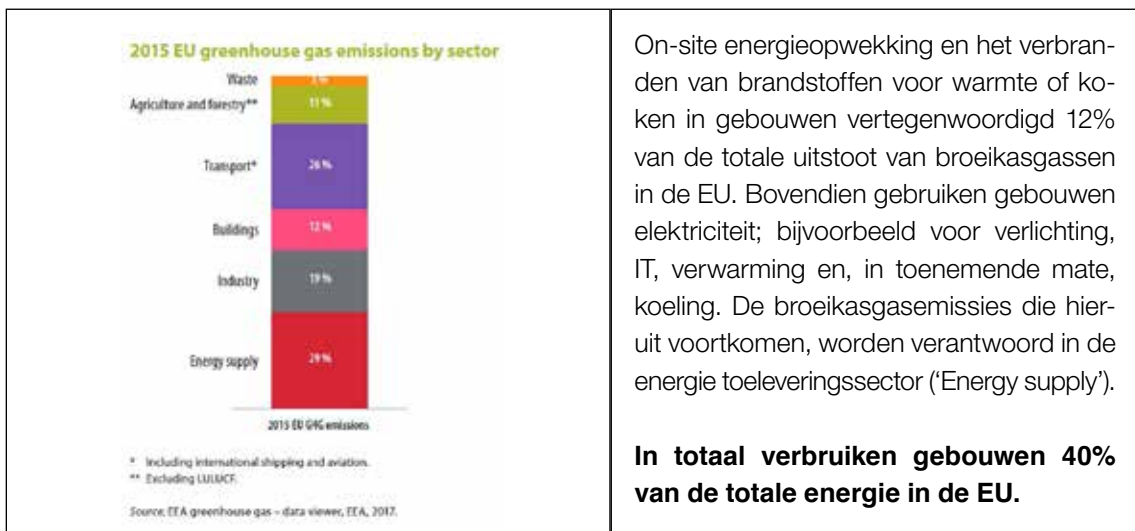
Terwijl de 2030-doelstellingen op Europees niveau al vastgelegd zijn, lopen nog steeds de onderhandelingen over hun verdeling tussen de lidstaten. Voor België stelt de Commissie een doelstelling voor van -35% in 2030 t.o.v. 2005.

Omgezet naar Belgische doelstellingen wordt dit voor de 2020 deadline:

- 15% minder broeikasgassen uitstoten (t.o.v. 2005),
- 20% minder energie verbruiken (t.o.v. 1990),
- 13% van het totale energieverbruik uit hernieuwbare energie halen.

Wat deze laatste doelstelling betreft gaat Vlaanderen uit van een ambitieuze hernieuwbare energie-doelstelling van 10,5% in 2020. Om deze doelstelling te halen, moeten het aandeel groene stroom en het aandeel groene warmte nog sterk verhogen en moet ook de energie-efficiëntie nog sterk verbeteren.

Alle economische sectoren, zoals industrie, transport en landbouw, gebruiken energie. De energiesector, voornamelijk elektriciteits- en warmteproductie produceert 29% van de totale uitstoot, waardoor het de grootste producent van broeikasgasemissies is. Het wordt gevolgd door de transportsector (26% van de emissies), de industrie (19%) en de gebouwen (12%).



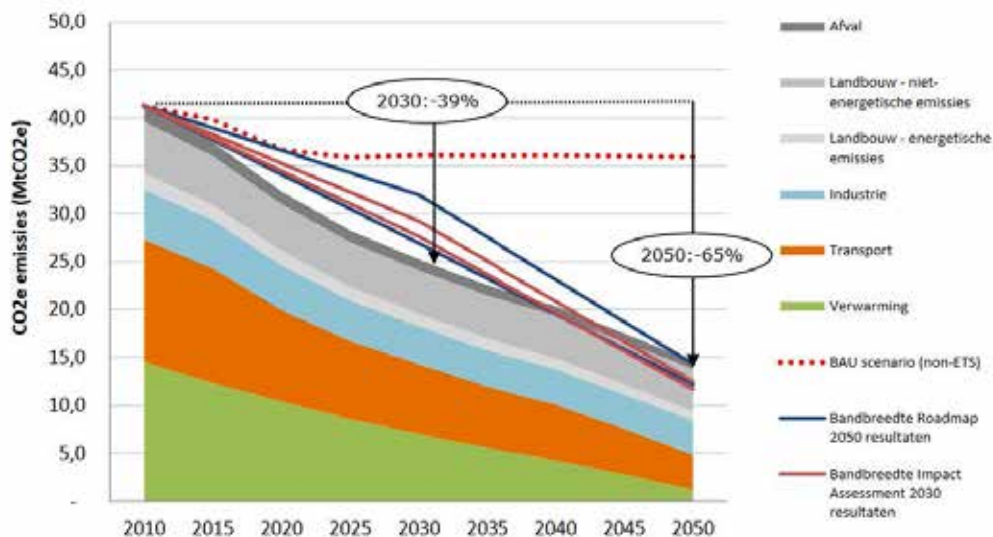
On-site energieopwekking en het verbranden van brandstoffen voor warmte of koken in gebouwen vertegenwoordigt 12% van de totale uitstoot van broeikasgassen in de EU. Bovendien gebruiken gebouwen elektriciteit; bijvoorbeeld voor verlichting, IT, verwarming en, in toenemende mate, koeling. De broeikasgasemissies die hieruit voortkomen, worden verantwoord in de energie toeleveringssector ('Energy supply').

In totaal verbruiken gebouwen 40% van de totale energie in de EU.

[Landscape Review: EU action on energy and climate change]

Figuur 3: Aandeel van verschillende sectoren in de uitstoot van broeikasgassen.

De gebouwen- en de transportsector zijn verantwoordelijk voor het grootste aandeel aan broeikasgasemissies in Vlaanderen en leveren in het verkenningsscenario dan ook de grootste bijdrage in de reducties tegen 2030 en 2050. De grote afname in de gebouwensector kan worden verklaard door betere isolatie van gebouwen en alternatieve verwarmingstechnieken (in het bijzonder door warmtepompen). De dalingen in emissies in de transportsector zijn voornamelijk toe te schrijven aan het personenvervoer. Een gevolg van een verbeterde efficiëntie van voertuigen in combinatie met de overgang naar alternatieve brandstoffen (biobrandstoffen en elektriciteit) en een verschuiving binnen het personenvervoer van wagens naar openbaar vervoer.



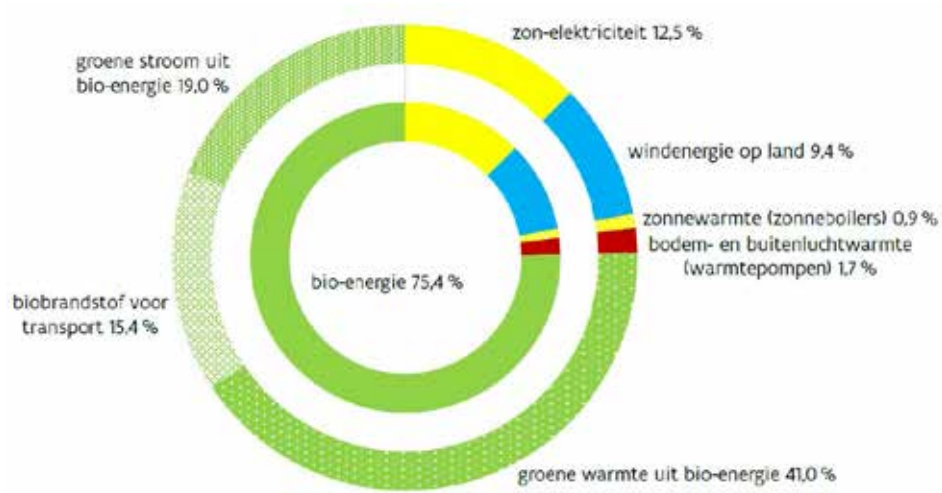
[http://www.vlaamseklimaatop.be/sites/default/files/atoms/files/2014-09-24_Eindrapport_verkennende_studie_0.pdf]
 Figuur 4: Mogelijk traject naar de doelstelling van 2050 voor Vlaanderen.

Voor Vlaanderen geeft de onderstaande tabel een overzicht van de stand van zaken in 2016 (meest recente cijfers). Dit geeft duidelijk aan dat er nog de weg die nog af te leggen is om de doelstellingen van 2020 te halen, bijzonder ambitieus is.

Doelstelling hernieuwbare energie Vlaanderen 2020	13%
% hernieuwbare energie/totaal bruto finaal energieverbruik	6.7%
% energie uit hernieuwbare bronnen in het bruto eindverbruik van elektriciteit	13.4%
% energie uit hernieuwbare bronnen in het bruto eindverbruik voor verwarming en koeling	5.2%
% energie uit hernieuwbare bronnen voor vervoer in het bruto eindverbruik van vervoer	6.5%

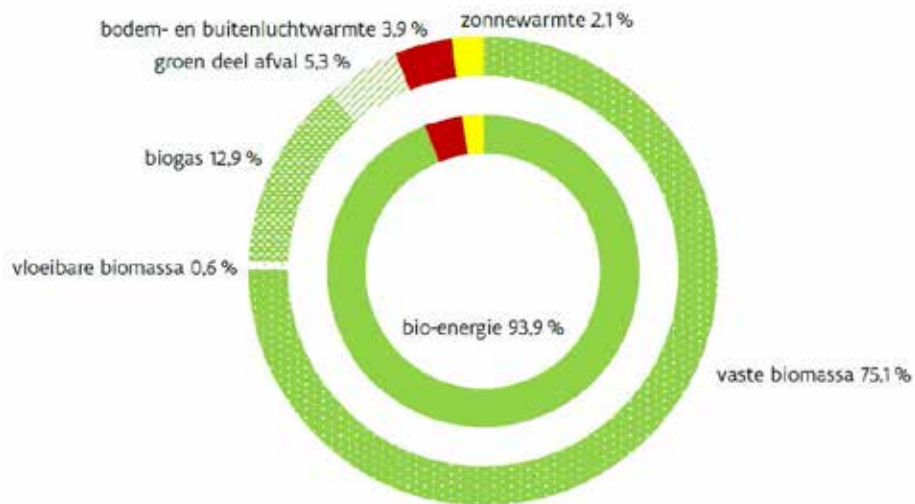
Tabel 1: Overzicht cijfers hernieuwbare energie Vlaanderen.
 [Inventaris hernieuwbare energiebronnen Vlaanderen, 2005-2017].

Het aandeel van warmtepompen in het totale aandeel groene warmte is met 4.7% heel klein.



[Inventaris hernieuwbare energiebronnen Vlaanderen, 2005-2016]

Figuur 5: De bijdrage van de verschillende hernieuwbare energiebronnen aan de hernieuwbare energieproductie in Vlaanderen in 2016.



[Inventaris hernieuwbare energiebronnen Vlaanderen, 2005-2016]

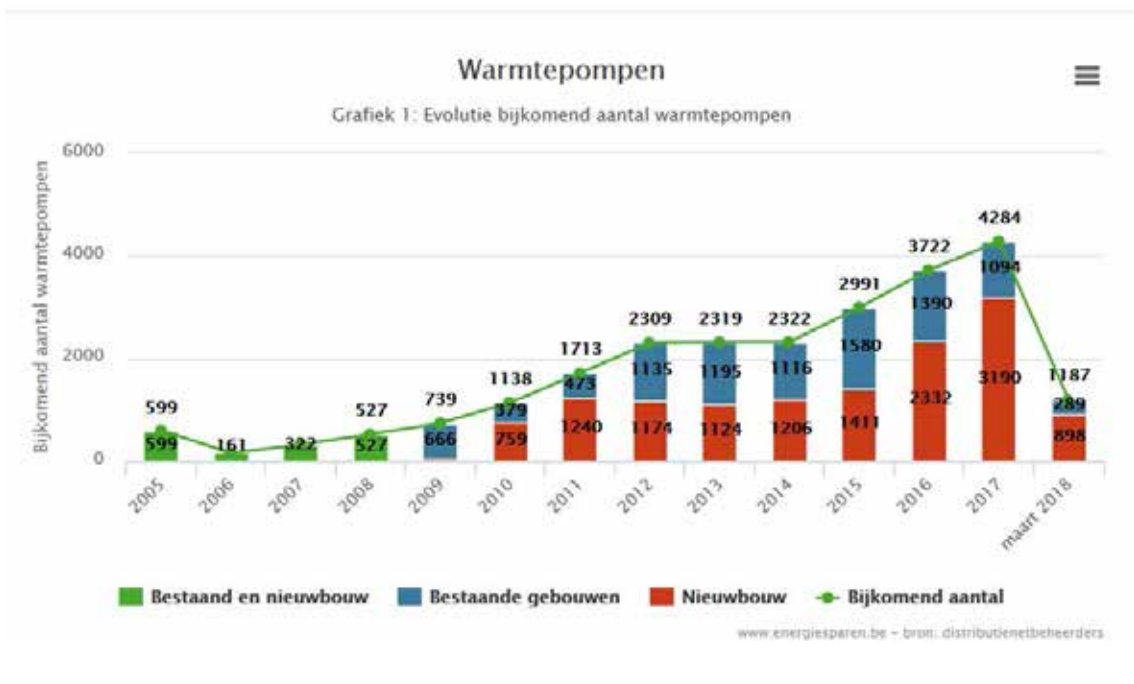
Figuur 6: De verdeling van de productie van groene warmte per hernieuwbare energiebron in Vlaanderen in 2016.

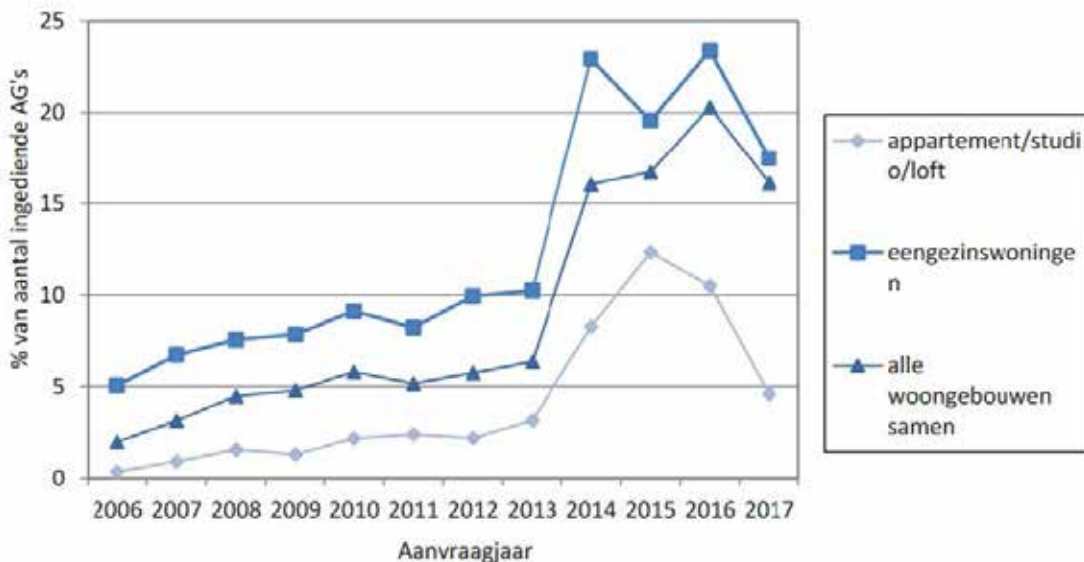
Naast de doelstellingen voor energie speelt ook de evolutie naar decentrale en variabele productie van elektriciteit een belangrijke rol in de sector van warmtepompen. Elektrische warmtepompen zijn immers in staat om, mits ze een thermische buffer hebben, elektriciteit te gebruiken en om te zetten in warmte, ook op momenten dat er niet direct warmtevraag is.



Figuur 7: Decentrale productie van elektriciteit en warmte wordt de norm.

De meest recente cijfers van warmtepompen die een premie kregen of die via EPB geregistreerd zijn, geven een duidelijk beeld van de stijging van het aantal geplaatste warmtepompen. De voornaamste reden voor de stijging vanaf 2014 is het verplichte aandeel hernieuwbare energie voor nieuwbouwwoningen in het kader van de EPB wetgeving.

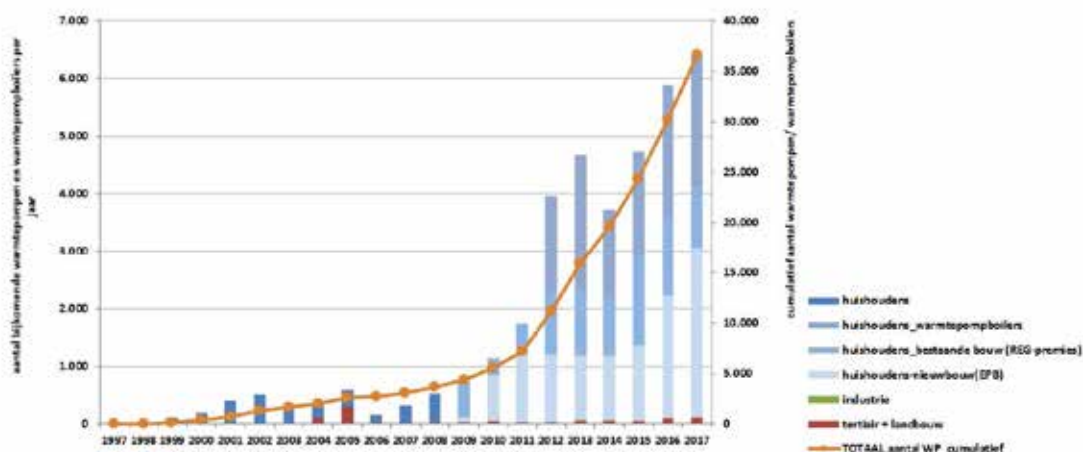




Grafiek 61 - % van de EPB-aangiften woongebouwen met warmtepomp, per aanvraagjaar

Figuur 8: Bijkomende warmtepompen per jaar (cijfers van premies en EPB-aangiften) en procentuele evolutie [EPB-cijferrapport 2006-2018].

Anderzijds is te merken dat de stijgende elektriciteitsprijzen ook aanleiding hebben gegeven tot een correctie van deze stijgende trend. De Inventaris Hernieuwbare Energiebronnen 1997-2017 toont evenwel dat er een duidelijke evolutie is in het totaal aantal warmtepompen in Vlaanderen.



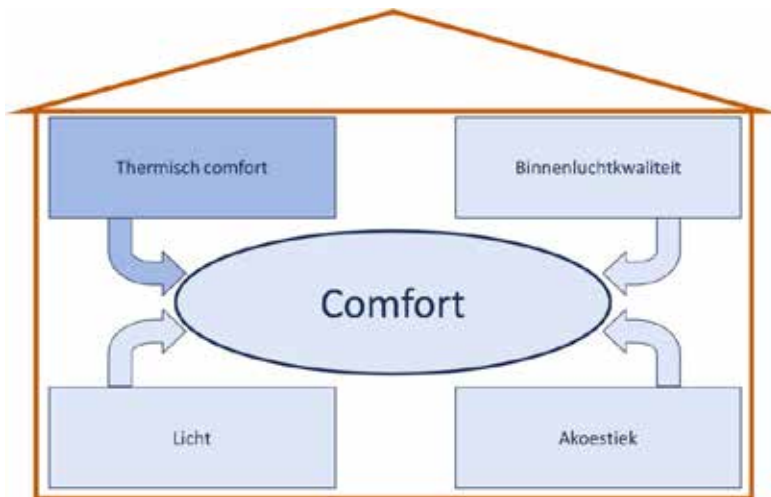
Figuur 15: Aantal bijkomende warmtepompen per jaar en het cumulatief aantal warmtepompen voor 1997-2017.

Figuur 9: Aantal bijkomende warmtepompen 1997-2017 (Inventaris hernieuwbare energie 1997-2017).

3. Thermisch comfort in gebouwen

Om ons in het algemeen comfortabel te voelen, moet er voldaan zijn aan (Figuur 10):

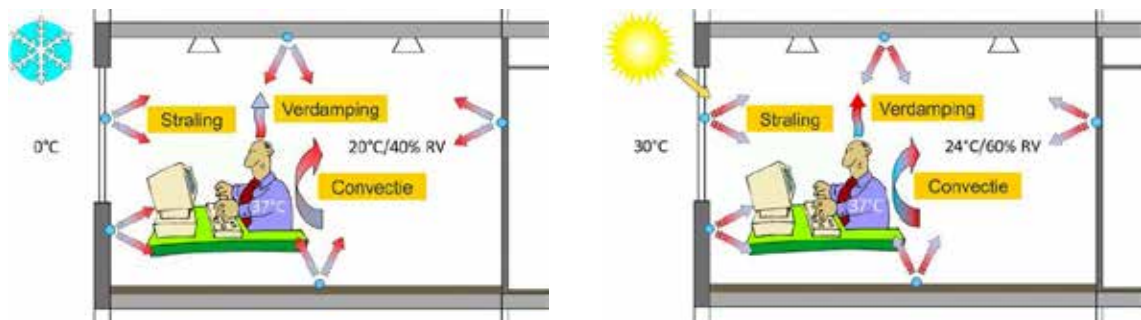
- Thermisch comfort
- Luchtkwaliteit: voldoende ventilatie
- Licht: voldoende licht
- Akoestiek: geen hinderende geluiden



Figuur 10: Algemeen comfort: thermisch, luchtkwaliteit, licht, akoestiek.

3.1. Temperatuur

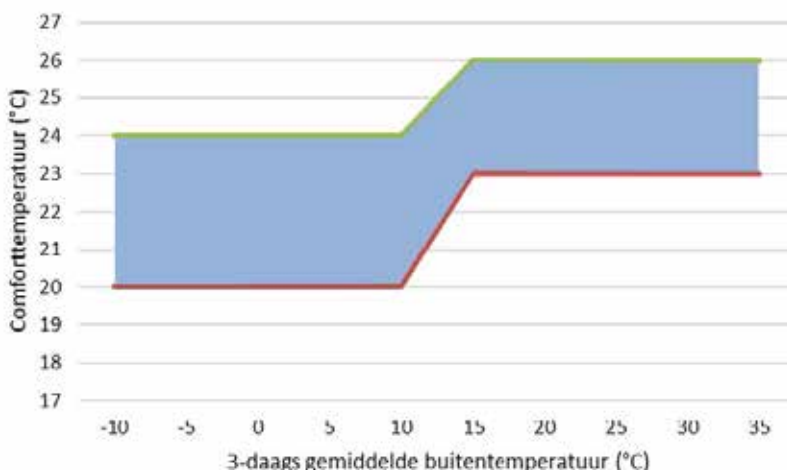
Zowel in winter en zomer wil ons lichaam in thermische balans met de omgeving rondom ons zijn (Figuur 11). De luchttemperatuur, de stralingstemperatuur van de wanden rondom ons, de luchtvochtigheid, maar ook de inspanning die we leveren en de kledij die we dragen, spelen een rol.



Figuur 11: Thermische balans in winter- (links) en zomer- (rechts) situatie.

De comforttemperatuur is de temperatuur waarbij we ons comfortabel voelen. Het is een combinatie van de luchttemperatuur en de temperatuur van de wanden rondom ons. Vereenvoudigd wordt dit:

$$T_{\text{comfort}} = \frac{T_{\text{lucht}} + T_{\text{wanden, gemiddeld}}}{2}$$



Figuur 12: Grenzen voor de comforttemperatuur van een woonruimte volgens EN15251 (90% van de mensen is tevreden bij deze temperaturen).

Figuur 12 toont de grenzen waarbinnen de comforttemperatuur moet blijven voor een woonkamer in functie van de gemiddelde buitentemperatuur. Aan ieders comfort voldoen is niet mogelijk, deze grenzen gaan ervan uit dat er minder dan 10% ontevreden mensen zijn.

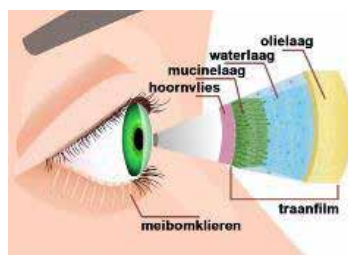
Voor andere ruimten geeft EN12831 (de norm over der warmteverliesberekening) de temperaturen uit Tabel 2 als richtwaarde.

Aard van het vertrek of ruimte	Tcomfort [°C]
Vertrekken waar gewoon geklede mensen in rust zijn of een zeer lichte werkzaamheid hebben bv. woonkamer, keuken, kantoor, klaslokaal, werkkamer, hotelkamer, cafetaria, restaurant, vergaderzaal, auditorium, winkelruimte, ...	20
Vertrekken waar licht- of niet-geklede mensen in rust zijn of een zeer lichte werkzaamheid hebben bv. badkamer, raadpleegkamer, ontkleedkamer, ...	24
Slaapkamer	18
Vertrekken waar gewoon geklede mensen een lichte werkzaamheid uitoefenen bv. werkplaats, handelsruimte, kerk, museum, galerij, ...	16
Vertrekken waar licht geklede mensen een grote werkzaamheid hebben bv. turnzalen, sportzalen, nijverheidsruimte, ...	16
Vertrekken die alleen voor doorgang of kortstondig verblijf dienen voor gewoon geklede mensen bv. gangen, bergingen, wasplaats, trapzalen, kleedkamers, WC, ...	16
Technische ruimte	10
Vertrekken die men alleen vorstvrij wenst te houden bv. garage, ...	5

Tabel 2: Richtwaarden voor de minimale comforttemperatuur uit EN12831.

3.2. Relatieve vochtigheid

Relatieve vochtigheid (RV) speelt slechts een kleine rol in het aanvoelen van thermisch comfort [EN15251 – ISO7730]. In normale situaties komt een 10% hogere RV overeen met een gevoel van 0.3°C stijging van de comforttemperatuur. Bij hogere temperaturen en intensere activiteit is het effect groter. Wel kan lange blootstelling aan te hoge vochtigheid schimmel creëren (vaak aan koudebruggen) en veroorzaakt te droge lucht (< 15-20% RV) irritatie aan de ogen en luchtwegen (uitdrogen traanvocht en slijmvliezen).



[gezondheidsmilieu.be]

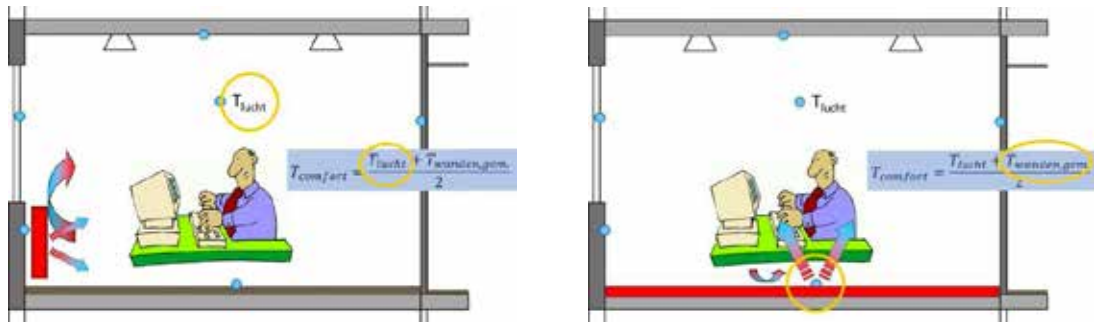
Figuur 13: (L) Schimmelvorming in huis en (R) opbouw traanfilm over het hoornvlies.

Be- of ontvochtigen van de lucht heeft een grote impact op het ontwerp van de installatie (investeringskost) én op het energieverbruik van de installatie (grote extra koellast bij ontvochtigen en extra verwarmingsvermogen bij bevochtigen).

Be- of ontvochtiging is dus normaal gezien niet nodig. Richtwaarden voor relatieve vochtigheid kunnen zijn [EN15251 klasse III]: 20% < RV < 70%.

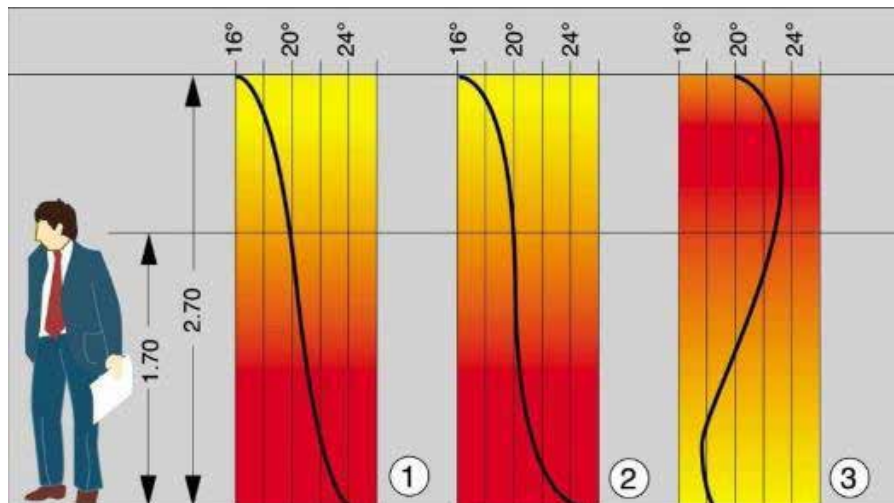
3.3. Thermisch comfort creëren

Om thermisch comfort te creëren, kan dus ofwel de luchttemperatuur aangepast worden (zoals bv. convectoren, ventiloconvectoren) of de stralingstemperatuur (zoals gebeurt bij vloer-, wand- of plafondverwarming). Radiatoren beïnvloeden zowel de luchttemperatuur als de stralingstemperatuur. Figuur 14 geeft dit weer.



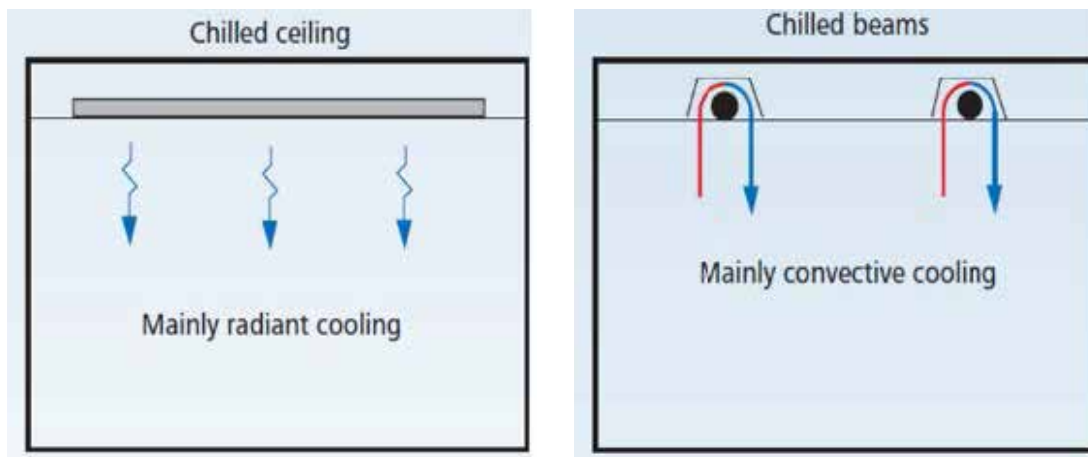
Figuur 14: Comforttemperatuur kan je aanpassen door de lucht- en/of de stralingstemperatuur aan te passen.

Omdat thermisch comfort ook bepaald wordt door het verschil in temperatuur tussen voeten en hoofd ('verticale temperatuursgradiënt') wordt vloerverwarming als comfortabel ervaren. De comforttheorie zegt dat mensen een warm hoofd eerder onaangenaam vinden. Bij vloerverwarming is het verticale temperatuurverschil kleiner dan bij radiatoren (zie Figuur 15).



Figuur 15: Het effect van vloerverwarming en radiatoren op de temperatuurverdeling: (1) ideaal, (2) vloerverwarming, (3) radiatoren.

Voor koeling geldt ook dat koeling via straling als aangenamer wordt ervaren dan via convectie (Figuur 16) omwille van de lagere luchtsnelheden (tocht).



Figuur 16: Warmteoverdracht bij een koelplafond (links) en koelbalken (rechts) [CIBSE].

3.4. Sanitair warm water

De sanitair warm water installatie moet aan de volgende eigenschappen voldoen:



Een warmtepompinstallatie werkt altijd met volledige buffering van het sanitair warm water. Het vermogen en de opstarttijden zijn immers te klein om als doorstroomtoestel te werken.

Het ontwerpdebiet wordt bepaald door de aanwezig toestellen.

Toepassing	Gebruikstemperatuur [°C]	Debiet [Liter/min @ 60°C]	
		DIN1988 (advies WTCB)	Reële productinfo
Lavabo	40	4.2	< 6
Douche	40	9	6 - 30
Bad	40	9	9 - 18
Keukenaanrecht	55	6	3.6 - 12

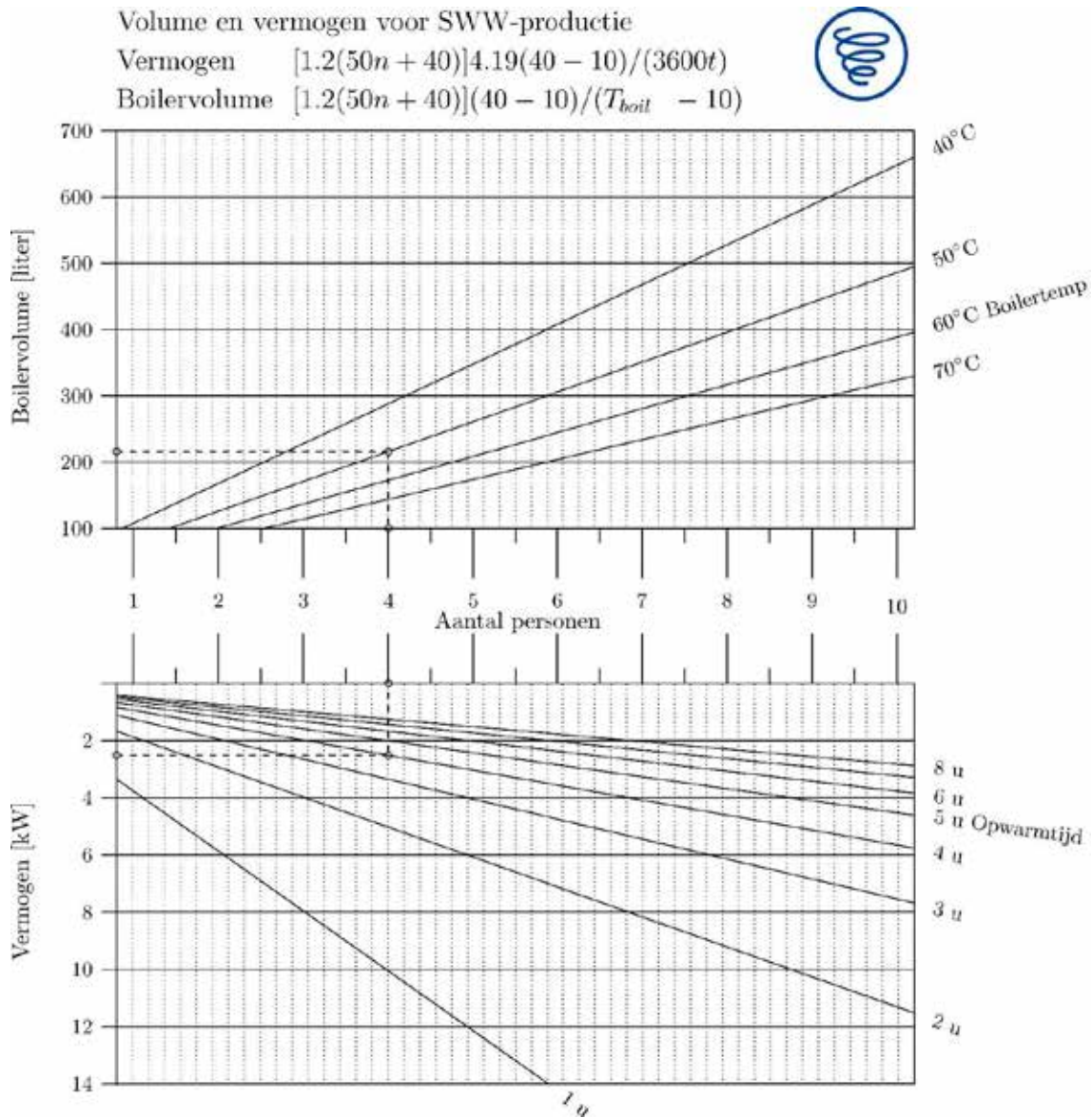
Tabel 3: Ontwerpdebieten voor warm water.
[Kenniscentrum Energie, WTCB, <https://www.instal2020.be>]

Het warm water verbruik wordt bepaald door het aantal personen in de woning.

Bron	Richtwaarde [liter/pers.dag]	Verbruikstemperatuur [°C]
WTCB	50	40°C
VDI 2067, hoge eisen	70-140	40°C
VDI 2067, gemiddelde eisen	35-70	40°C
VDI 2067, lage eisen	20-35	40°C

Tabel 4: Warm water verbruik in woongebouwen.

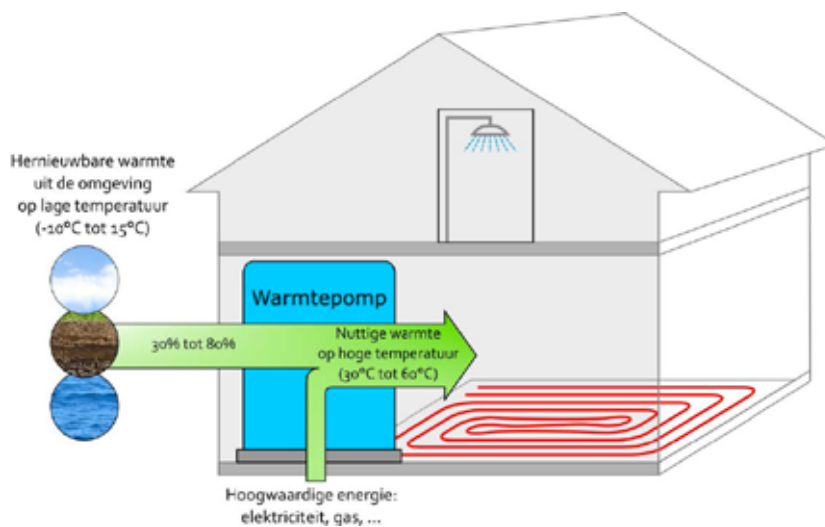
Met een beperkte reserve ingerekend geeft de onderstaande figuur een idee van het nodige buffer-volume, in functie van het aantal personen en de opslagtemperatuur.



Figuur 17: Boilervolume inclusief reserve en te voorzien vermogen in functie van de opslagtemperatuur volgens de WTCB richtlijnen.

In Module 3 wordt in detail de berekeningsmethode besproken, waaruit het piekvermogen, opslag-volume en vermogen voor de opwarming van de buffer voor sanitair warm water volgt.

4. Werking van een warmtepomp in gebouwen



Figuur 18: Basiswerking van een warmtepomp.

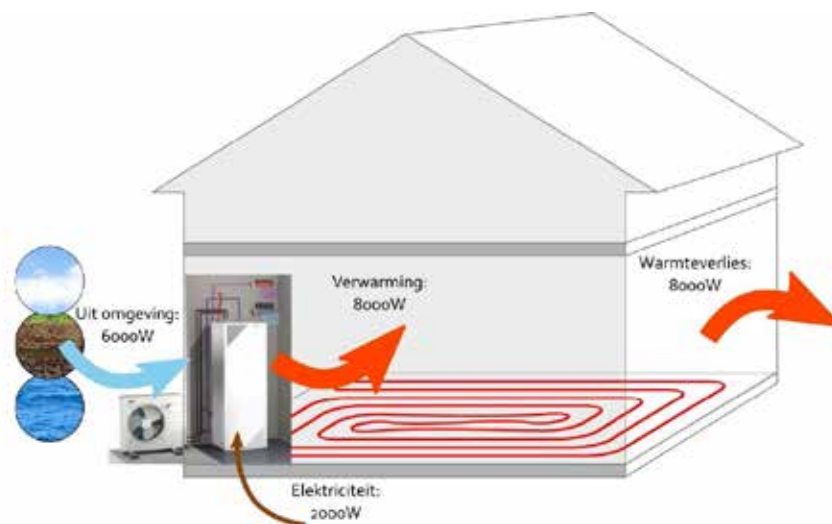
Een warmtepomp is een verwarmingstoestel dat 30 tot 80 % van de verwarmingsenergie uit de omgeving (lucht, bodem, water,...) haalt. De rest is elektriciteit of aardgas (of een andere warmtebron) om de warmtepomp aan te drijven. Een warmtepomp 'pompt' de lage-temperatuur-warmte uit de omgeving (bv. -10°C tot $+10^{\circ}\text{C}$) naar een hogere, bruikbare temperatuur (bv. 30°C tot 60°C).

Een warmtepomp gebruikt dus voor 30 tot 80% hernieuwbare energie uit de omgeving en draagt zo bij tot een oplossing voor het klimaatprobleem.

De efficiëntie van een warmtepomp hangt sterk af van het verschil tussen 'bron'-temperatuur en 'afgifte'-temperatuur: lage-temperatuur-verwarming (LTV) zoals vloer- of wandverwarming zijn aan te raden, al kunnen radiatoren of ventilo-convectoren eventueel ook.

4.1. Hoe werkt een warmtepomp?

Warmte stroomt op een natuurlijke manier van hoge temperatuur naar lage, bv. 's winters via de muren van een huis. Warmtepompen kunnen de warmte in de andere richting doen stromen, van lage naar hoge temperatuur, door een relatief kleine hoeveelheid aandrijfenergie van hoge kwaliteit (elektrische of mechanische energie of afvalwarmte met een hoge temperatuur) te gebruiken.

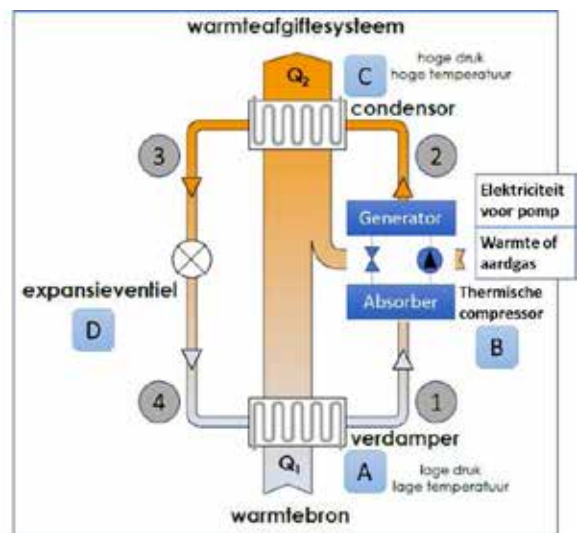
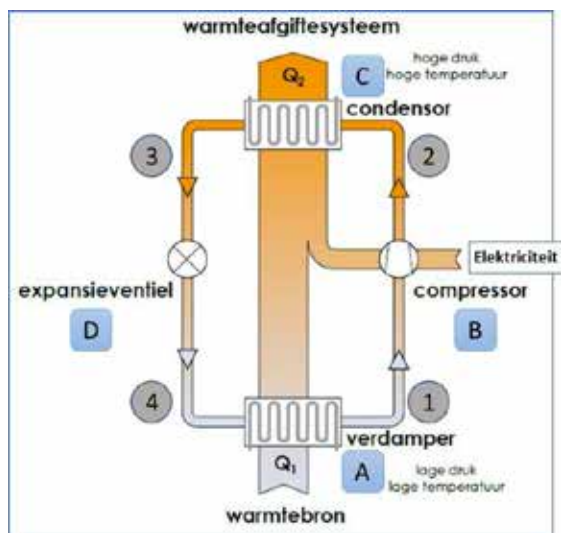
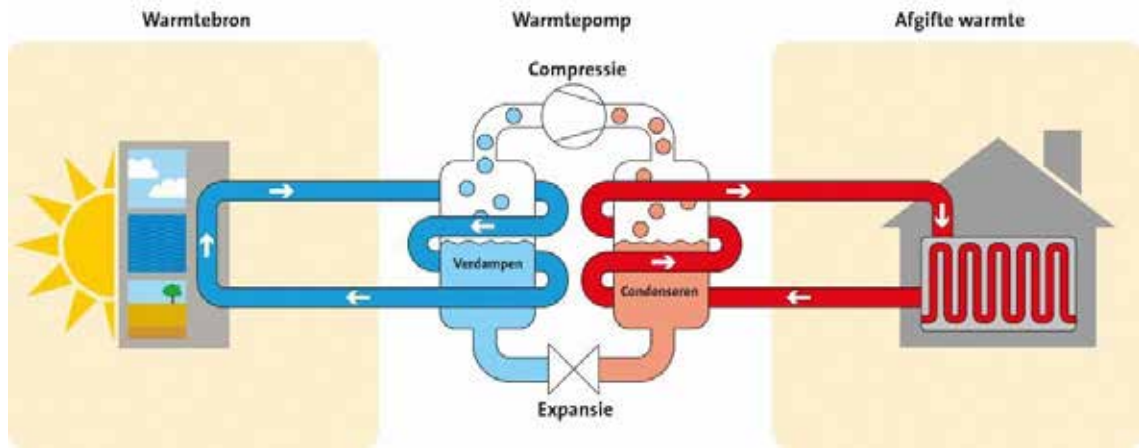


Figuur 19: Verwarmen met een elektrische warmtepomp.

Warmtepompen kunnen dus warmte uit verschillende warmtebronnen met een lage temperatuur onttrekken, zoals lucht, aarde of water, industrieel of huishoudelijk afval. Ze kunnen die warmte omzetten naar een hogere temperatuur in het verwarmingssysteem van een gebouw of industriële toepassing.

Binnen in de warmtepomp circuleert een koudemiddel. Dat koudemiddel zorgt ervoor dat de lage temperatuur warmte uit de omgeving omgezet wordt in hoge temperatuur warmte voor de verwarming of het sanitair warm water. Deze thermodynamische cyclus voor compressiewarmtepompen wordt in vier verschillende stappen onderverdeeld (zie Figuur 20):

- Verdamping
- Compressie
- Condensatie
- Expansie



4 → 1: verdamping 1 → 2: compressie 2 → 3: condensatie 3 → 4: expansie

Figuur 20: Werkwijze van een warmtepomp. [infowarmtepomp.be; ODE-WPP]
 BOVEN/ONDER LINKS: compressiewarmtepomp met elektrische compressor en
 ONDER RECHTS: absorptiewarmtepomp met thermisch compressor.

Onderdeel		Wat doet het koudemiddel?				
		Nr	Toestand	Druk	Temp.	
A	Verdamper					Warmte opnemen uit omgeving Koudemiddel is kouder dan omgeving Koudemiddel warmt op en verdampt Omgeving koelt af
		1	Gas	Laag	Laag	
B	Compressor					Koudemiddel wordt gecomprimeerd Druk stijgt en temperatuur stijgt
		2	Gas	Hoog	Hoog	
C	Condensor					Warmte afgeven op hoge temperatuur Koudemiddel is warmer dan het afgiftesysteem of sanitair warm water Koudemiddel koelt af en condenseert Afgiftesysteem of sanitair warm water warmt op
		3	Vloeistaf	Hoog	Hoog	
D	Expansieventiel					Koudemiddel wordt 'gesmoord': de druk verlaagt Een deel van de koudemiddel-vloeistof wordt al gas
		4	Vloeistaf + beetje gas	Laag	Laag	
A	Verdamper					De cyclus herbegint...

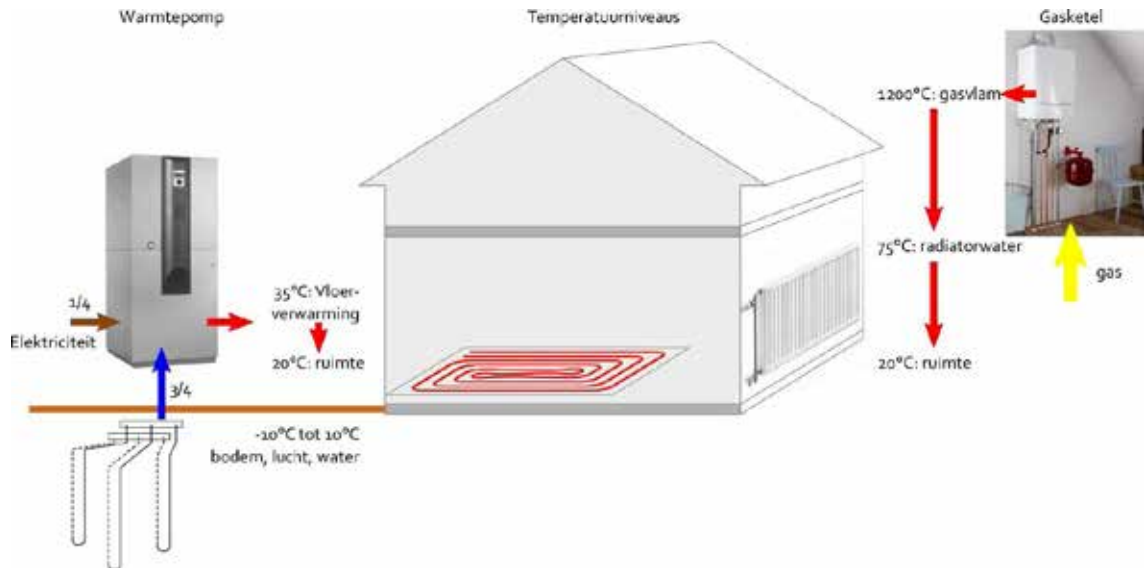
Tabel 5: De verschillende stappen in een warmtepomp.

Een warmtepomp in gebouwen moet twee hoofdtaken uitvoeren:

- Verwarmen van een gebouw: 20°C
- Productie sanitair warm water: 40°C

Een gasketel verzorgt de verwarming door gas te verbranden (1200°C), daarmee radiatorwater van 75°C te maken om zo de ruimte op 20°C te houden.

Een elektrische warmtepomp verwarmt het gebouw door $\frac{3}{4}$ van de warmte uit de omgeving te halen (-10°C tot 10°C), en deze met $\frac{1}{4}$ elektriciteit om te zetten in water van 35°C voor de vloerverwarming.



Figuur 21: Temperatuurniveaus van een warmtepomp en een gasketel bij verwarming.

De meeste warmtepompen in huishoudelijke toepassingen zijn gebaseerd op elektrisch aangedreven compressoren, maar er bestaan ook absorptiewarmtepompen waarbij de compressie met een speciaal systeem gebeurt dat aangedreven wordt door warmte (aardgas, afvalwarmte, ...).

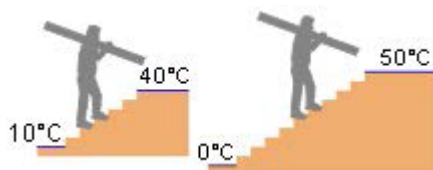
De COP (Coefficient of Performance) geeft aan hoe efficiënt de warmtepomp werkt: de COP geeft aan hoeveel elektriciteit er nodig was om een hoeveelheid warmte op de hoge temperatuur te maken.

$$COP = \frac{\text{Verwarmingsvermogen}}{\text{Aandrijvermogen}}$$

Een warmtepomp die 8 kW warmte levert aan de woning, en daarvoor 2 kW elektriciteit nodig had (zie voorbeeld hogerop) heeft dus een COP van 4.

$$COP = \frac{8 \text{ kW}}{2 \text{ kW}} = 4$$

Hoe kleiner de temperatuur is tussen de bronzijde en de afgiftezijde van de warmtepomp, hoe hoger de COP!



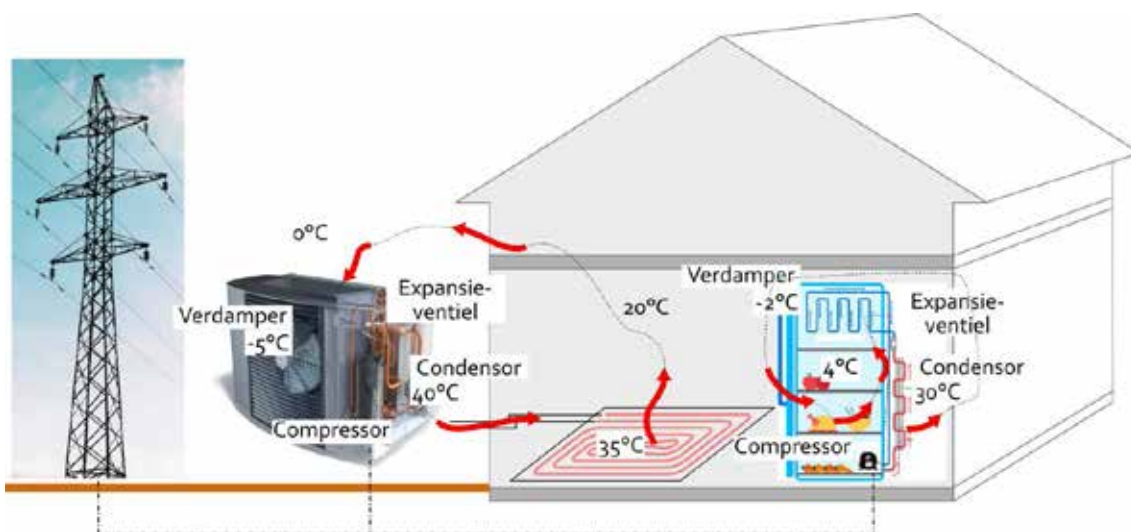
$$COP_{(10^{\circ}\text{C} \rightarrow 40^{\circ}\text{C})} > COP_{(0^{\circ}\text{C} \text{ tot } 50^{\circ}\text{C})}$$

[Energie+]

Figuur 22: Een groter temperatuurverschil tussen verdampers en condensator betekent meer compressor-energie.

4.2. Warmtepomp en koelkast: hetzelfde principe

Een warmtepomp werkt volgens hetzelfde principe als een koelkast. Bij een koelkast wordt de warmte uit de koelkast onttrokken en afgegeven aan de ruimte waarin de koelkast staat (dat gebeurt langs het zwarte metalen rooster aan de achterzijde van de koelkast). Bij een warmtepomp wordt warmte uit de omgeving onttrokken en afgegeven in de ruimte.



[fantasticfridges.com; danfoss.com]
 Figuur 23: Koelkast en warmtepomp.

Waterpomp		Koelkast	
Warmte uit omgeving (bodem, grondwater, lucht) → omgeving koelt af	0°C	Warmte uit de koelkast → eten en drank in koelkast koelen af	4°C
Warmte uit omgeving naar verdamper → koudemiddel verdampt	-5°C	Warmte uit koelkast naar verdamper → koudemiddel verdampt	-2°C
Compressor stuurt samengedrukt koudemiddel naar condensor → hoge druk = hoge temperatuur	40°C	Compressor stuurt samengedrukt koudemiddel naar condensor → hoge druk = hoge temperatuur	30°C
Warmte afgegeven via vloerverwarming aan de woonruimte	20°C	Warmte afgegeven via de zwart metalen rooster achteraan de koelkast aan de woonruimte	20°C

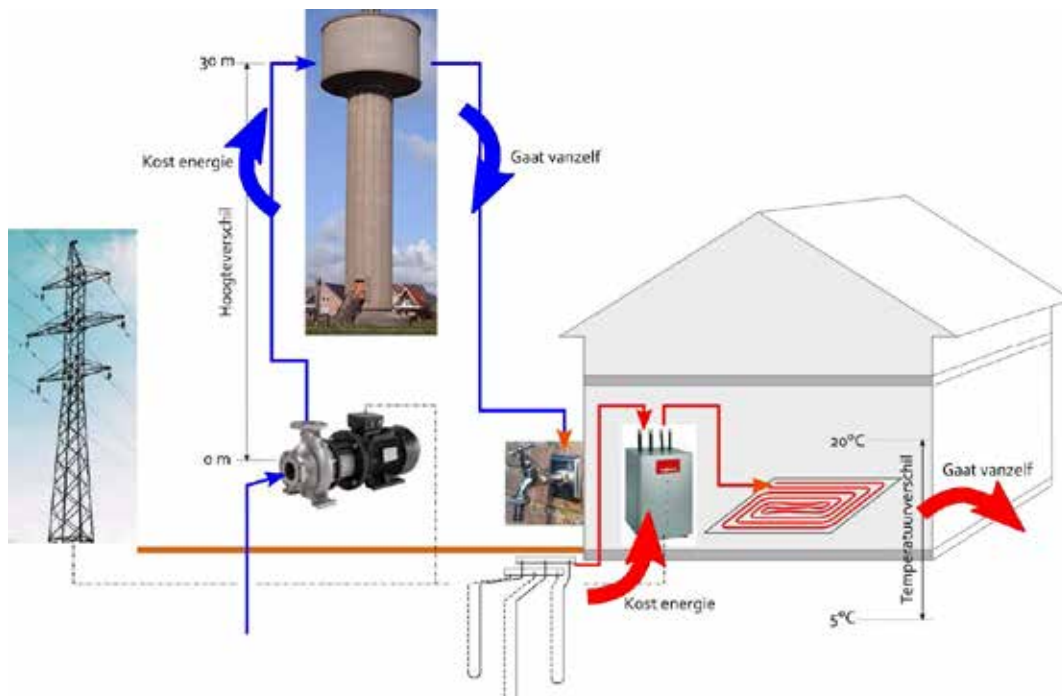
4.3. Analogie waterpomp - warmtepomp

Een warmtepomp kan vergeleken worden met een pomp voor water:

Water	stroomt vanzelf	van hoog naar laag
Warmte	stroomt vanzelf	van hoge naar lage temperatuur

Een waterpomp	pompt water	naar een grotere hoogte
Een warmtepomp	pompt warmte	naar een hogere temperatuur

Zowel een waterpomp als een warmtepomp hebben daar energie voor nodig. Het water loopt terug naar de 'omgeving' vanwaar het door de pomp terug omhoog gepompt moet worden. Bij warmte verliest het huis warmte naar de omgeving, van waaruit de warmtepomp het terug 'oppompt' naar de woning op hogere temperatuur.



Figuur 24: Analogie tussen een warmtepomp en een waterpomp.

5. Warmteafgifte

De aanvoertemperatuur moet bij warmtepompen liefst zo laag mogelijk zijn om een hoge SPF te verkrijgen. Typisch worden verwarmingssystemen ingedeeld volgens de onderstaande tabel (WTCB rapport nr 14).

LET OP: niet enkel de aanvoertemperatuur is belangrijk, ook het temperatuurverschil tussen aanvoer en terugvoer.

Warmteafgifte-systeem	Hogetemperatuur-verwarming	Lagetemperatuur-verwarming	Zeer-lagetemperatuurverwarming
	$\theta_{w,i} > 55 \text{ °C} \text{ (}^1\text{)}$ $15 \leq \Delta\theta_w \leq 20 \text{ K} \text{ (}^2\text{)}$	$40 \leq \theta_{w,i} \leq 55 \text{ °C} \text{ (}^1\text{)}$ $10 \leq \Delta\theta_w \leq 15 \text{ K} \text{ (}^2\text{)}$	$30 \leq \theta_{w,i} < 40 \text{ °C} \text{ (}^1\text{)}$ $5 \leq \Delta\theta_w \leq 10 \text{ K} \text{ (}^2\text{)}$
Radiator / Convecteur	←—————→		
Vloer-, plafond- of wandverwarming	←—————→		
Thermoactieve bouw-elementen	←————→		
⁽¹⁾ $\theta_{w,i}$: temperatuur van het vertrekwater. ⁽²⁾ $\Delta\theta_w$: temperatuurverschil tussen het vertrek- en het retourwater.			

[bron: WTCB rapport nr. 14]

Figuur 25: Conventies voor de watertemperaturen in verschillende warmteafgitesystemen.

Verschillende laag-temperatuur afgiftesystemen zijn samengevat in de onderstaande figuur.

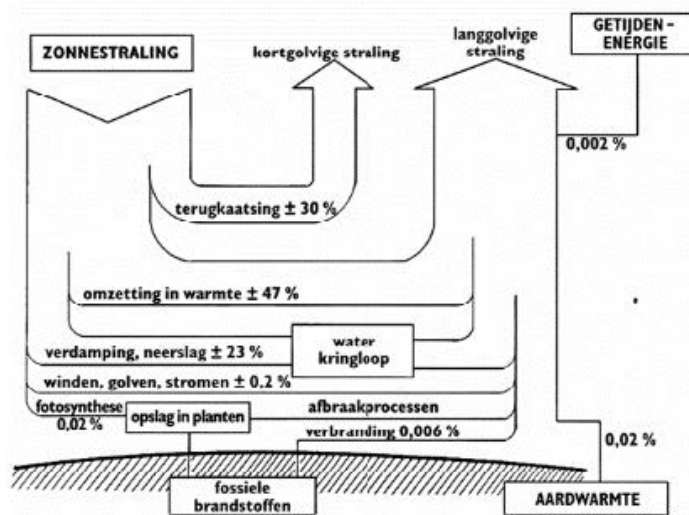


Figuur 26: Verschillende types afgiftesystemen voor verwarming.

6. Verschillende warmtebronnen

6.1. Inleiding

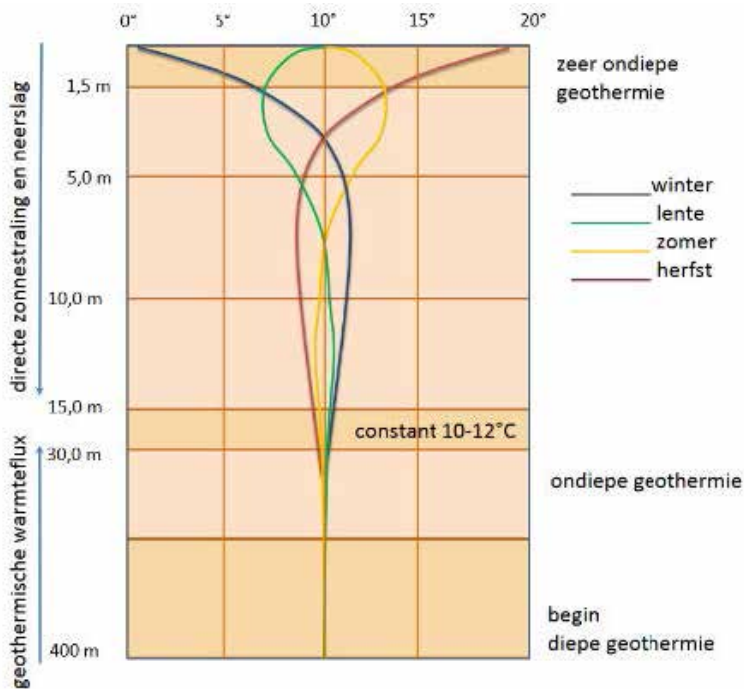
De zon is onze grootste warmtebron. Ze verwarmt de lucht, de bodem, het grondgesteente, het grondwater en het oppervlaktewater. Tegenwoordig gebruiken we slechts een fractie van die beschikbare zonne-energie.



Figuur 27: Warmtecyclus van de zon (bron : De Nayer Instituut).

Naast de zonnewarmte is er ook aardwarmte. Volgens schattingen zou de temperatuur van de binnenkern van de aarde tussen de 4500°C en 6500°C bedragen. Een deel van de warmte in de kern van de aarde is vrijgekomen bij het ontstaan van de aarde. Het grootste deel van de warmte echter komt uit het natuurlijk verval van radioactieve materialen. Er is een constante toevoer van deze warmte naar het bovenste deel van de aardkorst.

Tot 20m onder het aardoppervlak wordt de grondtemperatuur bijna uitsluitend door de zonnewarmte en de insijpeling van water bepaald. Omdat de bodem de warmte slecht geleidt, is er van 20 tot 100m een toenemende invloed van de hitte van de kern en zijn temperatuurschommelingen door het klimaat niet meer waarneembaar. De temperatuur in deze zone bedraagt dan ongeveer de gemiddelde plaatselijke jaartemperatuur. In België heerst er vanaf een diepte van 18m een constante temperatuur van 10°C à 12°C. Per 100m diepte stijgt de grondtemperatuur verder met 3°C.



[smartgeotherm.be]

Figuur 28: Temperatuursverloop in de ondiepe ondergrond.

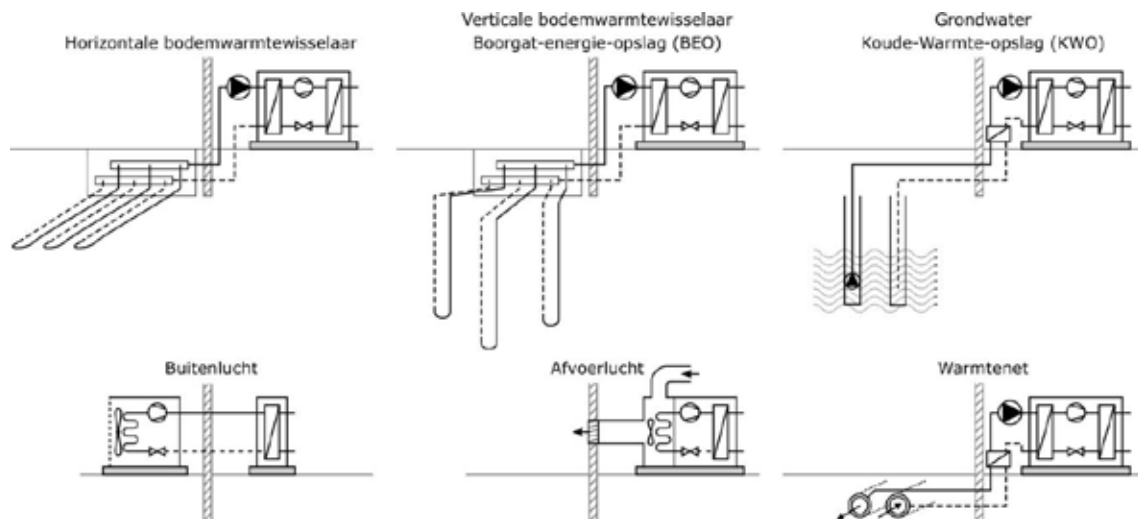
Een warmtepomp gebruikt de laag-temperatuur-warmte die in die verschillende hernieuwbare bronnen opgeslagen wordt: buitenlucht, bodem en (grond)water. Verder kan restwarmte van gebouwen of processen ook gebruikt worden.

De warmtebronnen lucht, bodem, water en restwarmte via warmtenetten kunnen onderverdeeld worden in verschillende categorieën zoals weergegeven in Figuur 29. De vakjes onder de bronnen geven aan waar die bron geëxploiteerd kan worden.

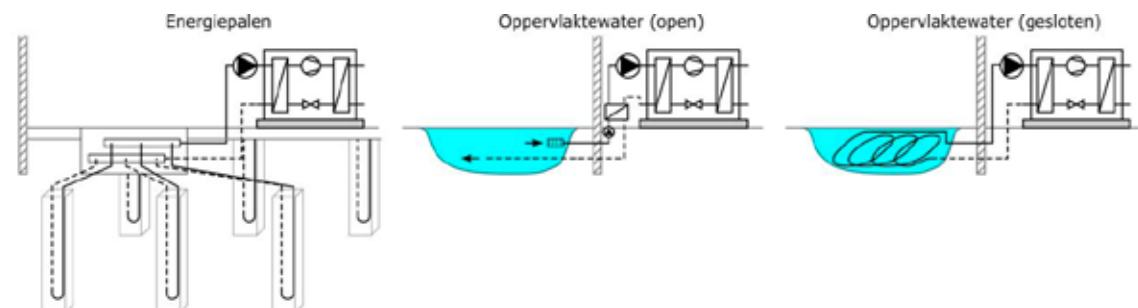
Lucht	Bodem	Water	Warmtenetten
Buitenlucht	Vertikale sondes	Grondwater	Industrieel
Afvoerlucht	Horizontale lussen	Oppervlaktewater	Diepe geothermie
	Energiepalen	Rioolwater	WKK
			...

Figuur 29: Overzicht van mogelijke warmtebronnen voor warmtepompen.

De meest toegepaste warmtebronnen (omwille van de brede beschikbaarheid) zijn weergegeven in Figuur 30 en Tabel 6.



Figuur 30: De meest courante warmtebronnen voor warmtepompen in gebouwen.



Figuur 31: Alternatieve warmtebronnen voor warmtepomp in gebouwen.

Buitenlucht	
Hoe	Een ventilator blaast lucht over de verdamper
Vermogen	ifv het luchtdebiet dat over de verdamper gestuurd wordt
Energie-inhoud	'Oneindig'
Temperatuur	Sterk variërend in temperatuur (-10 – 15°C, dalende SPF)
Regeneratie	Vanzelf
Mogelijkheid	Overall mogelijk
Onderhoud	Bescherming tegen corrosie en reiniging (aanzuig bladeren, ...) vereist
Kostprijs	Goedkoop
Aandachtspunten	Geluid (~40-60 db(A)) Ontdooiing van de verdamperwarmtewisselaar nodig

Tabel 6: Eigenschappen van de meest courante warmtebronnen voor warmtepompen in gebouwen.

Afvoerlucht

Hoe	Een extractieventilator van bv een verluchtingssysteem blaast lucht over de verdamper
Vermogen	ifv het luchtdebiet dat over de verdamper gestuurd wordt
Energie-inhoud	Volgens de temperatuur en het debiet van de beschikbare afvoerlucht
Temperatuur	Stabiel in temperatuur (als de afvoerlucht-bron stabiel is)
Regeneratie	Niet van toepassing
Mogelijkheid	Enkel mogelijk indien er afvoerlucht is met voldoende debiet en een voldoende hoge temperatuur
Onderhoud	Reiniging (meegevoerd stof, ...) vereist, filterreiniging
Kostprijs	Goedkoop
Aandachtspunten	Geluid is een aandachtspunt Vaak gebruikt voor sanitair warm water productie ('warmtepompboiler')

Grondwater

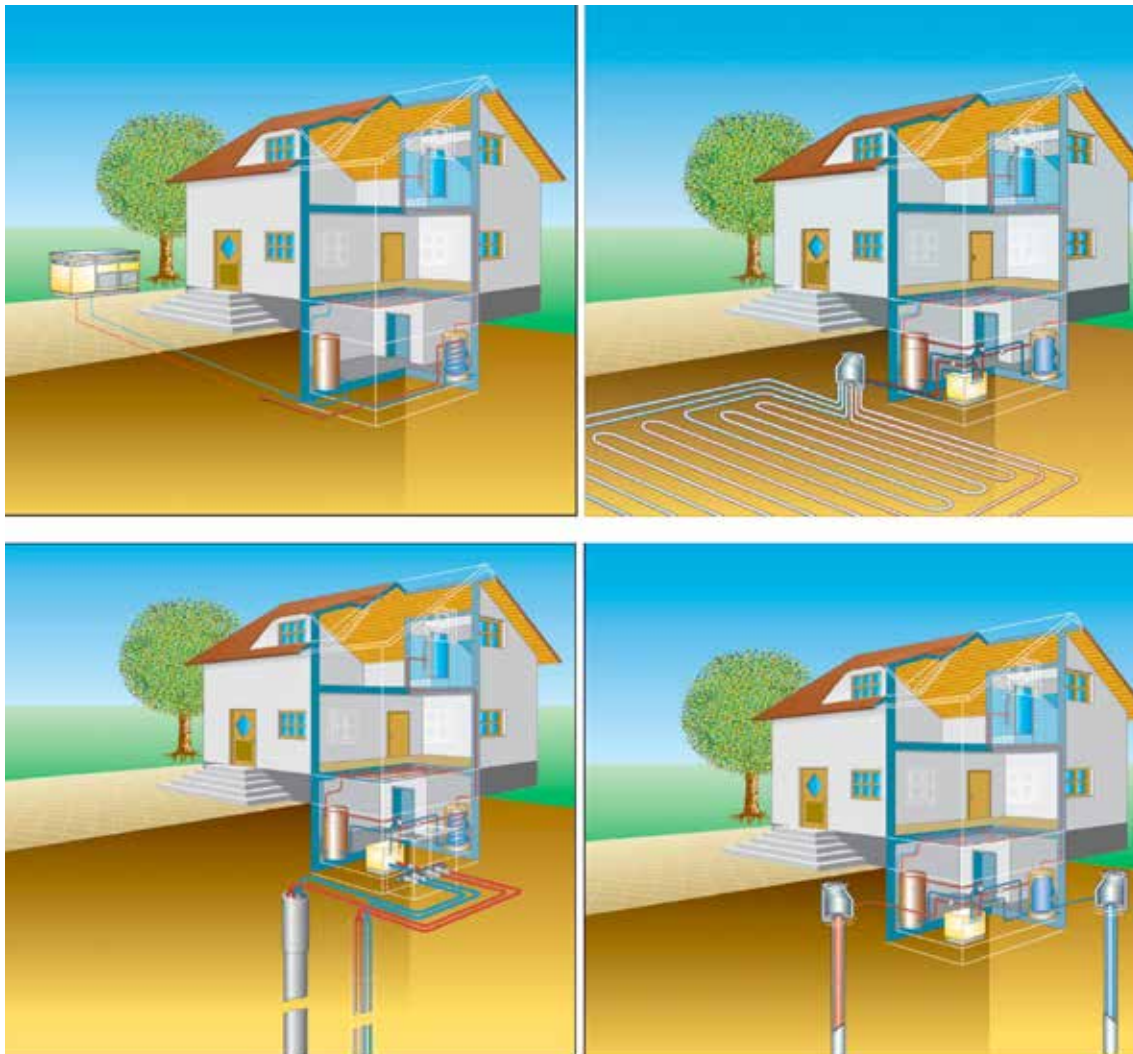
Hoe	Een pomp pompt water op uit een pompput, pompt het over de verdamper en pompt het terug in de grond in een retourput Extra scheidingswarmtewisselaar
Vermogen	ifv het waterdebiet dat opgepompt kan worden, bij voldoende debiet zijn heel hoge vermogens mogelijk
Energie-inhoud	ifv de inhoud van de waterlaag tussen pomp- en retourput
Temperatuur	Hoge constante brontemperatuur (10-12°C, hoge SPF)
Regeneratie	ifv van de bodemeigenschappen en grondwatersnelheid
Mogelijkheid	Beschikbaar indien voldoende debiet (zie paragraaf over grondwater)
Onderhoud	Reiniging scheidingswarmtewisselaar en filters, regenereren bron bij te grote weerstand
Kostprijs	Hoge investeringskost
Aandachtspunten	Koeling en verwarming mogelijk (KWO – Koude Warmte Opslag) Aandacht voor onderhoud en corrosie van de bronnen/bronsysteem Pompenergie kan aanzienlijk zijn (typisch >10% van het elektriciteitsverbruik) en de SPF negatief beïnvloeden Raadpleeg specialist voor dimensionering Vaak vergunning nodig

Verticale bodemsondes

Hoe	Een pomp pompt glycolwater (ook wel 'brine' genoemd) door buizen die in een geboorde put worden aangebracht: 30 tot 150m diep typisch
Vermogen	ifv de bodemeigenschappen
Energie-inhoud	ifv de beschikbare plaats (boorputten voldoende ver uit elkaar, bv. > 7m)
Temperatuur	Relatief constante temperatuur (0-10°C)
Regeneratie	ifv van de bodemeigenschappen
Mogelijkheid	Vrijwel overal mogelijk
Onderhoud	Gering
Kostprijs	Relatief hoge investeringskost
Aandachtspunten	Correct uitgevoerde boring en plaatsing Pompenergie kan hoog zijn (typisch 5% van het elektriciteitsverbruik) en de SPF negatief beïnvloeden Raadpleeg specialist voor dimensionering Meldingsplicht tot 50m diepte, vergunning voor > 50m diepte

Horizontale bodemwarmtewisselaars

Hoe	Een pomp pompt glycolwater (ook wel 'brijn' genoemd) door buizen die horizontaal in sleuven van bv 1m diep worden gelegd: 1 à 2 m diepte typisch
Vermogen	ifv de bodemeigenschappen, tussen 10 en 40 W/m ²
Energie-inhoud	ifv de beschikbare plaats
Temperatuur	Variërend in temperatuur (negatieve temperaturen mogelijk)
Regeneratie	Vanzelf door regen, zonneschijn en de warmere lucht (tijdens de zomer)
Mogelijkheid	Overall mogelijk indien voldoende plaats
Onderhoud	Gering
Kostprijs	Matige investeringskost
Aandachtspunten	Impact op de tuin van het perceel Pompenergie kan hoog zijn (typisch 5% van het elektriciteitsverbruik) en de SPF negatief beïnvloeden



[www.ehpa.org]

Figuur 32: Warmtebronnen (Buitenlucht, Horizontale Bodem-WW, Verticale Bodem-WW, Grondwater).

6.2. Horizontale bodemwarmtewisselaar

Bij horizontale bodemwarmtewisselaars worden verzamelleidingen (PE) onder de grond gelegd (dieper dan de vorstlaag). Een circulatiepomp zorgt voor de circulatie van brijn (een mengeling van water en antivries) door de kunststof leidingen. Het brijn vangt daardoor de energie op die in de ondergrond opgeslagen is. Dit systeem wordt een indirect systeem genoemd: de warmte van de bodem gaat via het brijn naar de verdamer van de warmtepomp.

De verzamelleidingen of de collector kunnen op verschillende manieren opgesteld zijn. In Figuur 33 wordt een horizontale warmtewisselaar met uitgerolde leidingen en een horizontale spiraalcollector getoond.

Afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden kan er tussen 10 W/m² (droge bodem) en 40 W/m² (natte bodem) per vierkante meter aardoppervlak gewonnen worden tijdens de koudste periode van het jaar.



[warmtepomp-weetjes.nl]



[ecothermo.be]

Figuur 33: Uitvoeringsvormen van horizontale bodemwarmtewisselaars.

Beschikbaar vermogen	Tussen 10 W/m ² (droge bodem) en 40 W/m ² (natte bodem)
Benodigde plaats	Startrichtwaarde: 2 keer de binnenvloeroppervlakte

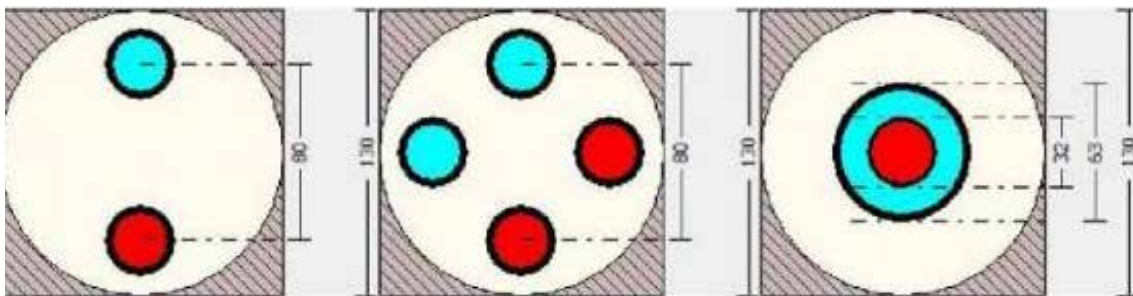
Tabel 7: Basis-ontwerprichtlijnen voor horizontale bodemwarmtewisselaars.

6.3. Verticale bodemwarmtewisselaar

Verticale bodemwarmtewisselaars zijn indirecte of gesloten systemen, zoals U-vormige kunststof leidingen gevuld met brijn. Die leidingen worden in een boorgat neergelaten. Wanneer de warmtepomp draait, brengt het brijncircuit warmte uit de grond over naar de verdampers van de warmtepomp. In dit proces wordt er geen grondwater onttrokken.

Verticale bodemwarmtesondes komen meestal in drie types uitvoering voor:

- Enkele U-lus
- Dubbele U-lus (meest voorkomend)
- Coaxiale opstelling



Figuur 34: Enkele U-lus, dubbele U-lus en coaxiale verticale bodemsondes.

[EED]



[Putboringen Verheyden]

Figuur 35: Uitvoeren van een verticale bodemwarmtewisselaar.

Beschikbaar vermogen (dubbele U-lus)	Tussen 20 en 50W/m boorlengte
Benodigde plaats	Bv. 2 boringen met een tussenafstand van 10m

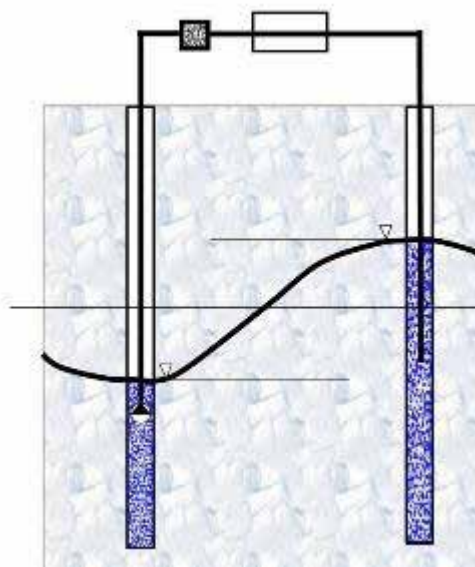
Tabel 8: Basis-ontwerprichtlijnen voor verticale bodemwarmtewisselaars.

6.4. Grondwater en KWO

Het principe is om grondwater door de verdampelaar of door een tussengeschakelde warmtewisselaar in het brijncircuit naar de verdampelaar te pompen. Het grondwater wordt uit een boorgat onttrokken en dan terug in de grond gebracht via een tweede boorgat dat zich achter de warmtepomp bevindt. Het voordeel van deze techniek is dat het grondwater een hogere temperatuur vasthoudt, wat een groter vermogen en een betere COP-waarde oplevert.

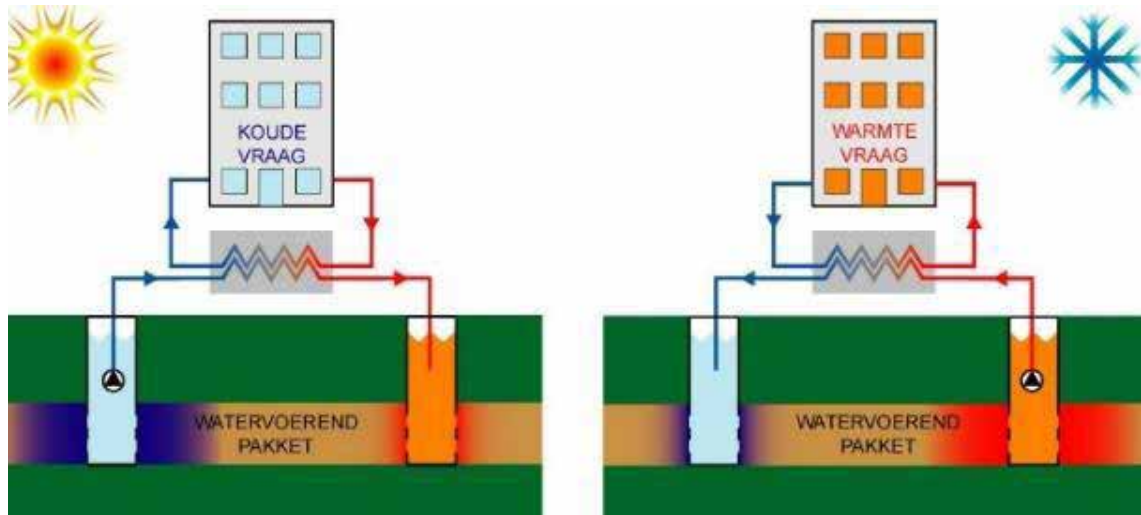
Er is slechts een lichte variatie in de grondwatertemperatuur bij een diepte van bijvoorbeeld 10 meter of meer (in Centraal-Europa een gemiddelde van ongeveer 10 °C). Afhankelijk van de bron en de diepte waarop het grondwater onttrokken wordt, ligt de temperatuur van het grondwater normaal gezien precies enkele graden lager dan het gemiddelde in de winter. Zolang een voldoende hoeveelheid grondwater beschikbaar is, het een voldoende kwaliteit heeft en zich op een redelijke diepte bevindt, heeft de warmtebron een bijzonder goed thermisch gedrag.

Voor ontwerp van een grondwater systeem is het aan te raden een gespecialiseerd ontwerpbureau te raadplegen.



*Figuur 36:
Effect van grondwater pompen
en injecteren op de grondwaterspiegel.*

Bij Koude-Warmte-Opslag (KWO) wordt het water van een aquifer (watervoerende laag) gebruikt om in de winter warmte te onttrekken en in de zomer koude.



Figuur 37: KWO principe voor zomer en winter.

[smartgeotherm.be]

6.5. Buitenlucht

Lucht is het eenvoudigste om aan te wenden als warmtebron voor een warmtepomp. Buitenlucht is een warmtebron, die gratis overal en in onbeperkte mate ter beschikking staat. Wanneer de buitentemperatuur echter daalt, neemt de warmtebehoefte voor het gebouw evenredig toe en daalt de verwarmingscapaciteit en de COP van de warmtepomp. Daarom worden lucht-water- en lucht-lucht-warmtepompen soms geïnstalleerd bij een bivalent systeem. Tegenwoordig bestaan er ook lucht-warmtepompen met geavanceerde regeling die hun maximaal vermogen behouden bij de laagste buitentemperaturen.

Het nadeel is de sterk variërende temperatuur (laag wanneer er veel warmte nodig is) en de in België hoge relatieve vochtigheid, waardoor ijsafzetting zich voordoet op de verdampers-warmtewisselaar. Dit maakt ontdooiing nodig. Beide effecten, lage temperatuur en ontdooiing hebben een belangrijke impact op de SCOP van de warmtepomp.



Figuur 38:
Ijsafzetting op de verdampers
van een lucht-warmtepomp
(met ventilator) en een
statische lucht-warmtewisselaar
(zonder ventilator).

6.6. Energiepalen

Een energiepaal combineert de functie van fundering en middel om warmte of koude uit de bodem te halen of in de bodem op te slaan. Energiepalen zijn betonnen funderingspalen waar in lengterichting kunststoffen leidingen zijn aangebracht. Net zoals bij horizontale bodemcollectoren of verticale bodemsondes circuleert hierin een glycolmengsel dat warmte aan de betonpalen en de omliggende bodem onttrekt.



(bron: ijbgroep.nl; geoptimize.ca).

Figuur 39: Buizen gemonteerd op een wapeningsnet (atrio.at) en afgewerkte energiepalen.

7. Warmtepomptypes

De meest courant voorkomende warmtepompen zijn elektrische warmtepompen of gas-absorptie-warmtepompen.

Er bestaan ook nog types (vaak grotere vermogens) waarbij de compressor door een gas-motor wordt aangedreven.

7.1. Aanduiding in databladen

Warmtepompen krijgen in databladen van fabrikanten een aanduiding volgens de bron en volgens het afgiftemedium waarmee ze werken.

Bron	Lettercode bron	Afgifte	Lettercode afgifte
Buitenlucht ('Air')	A	Water ('Water')	W
Bodem ('Brine')	B	Binnenlucht ('Air')	A
Grondwater ('Water')	W		

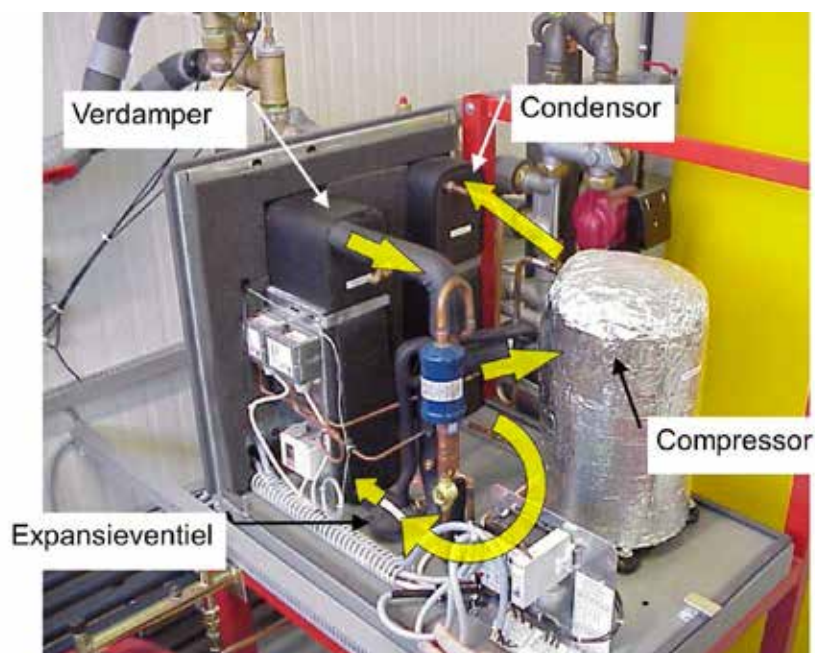
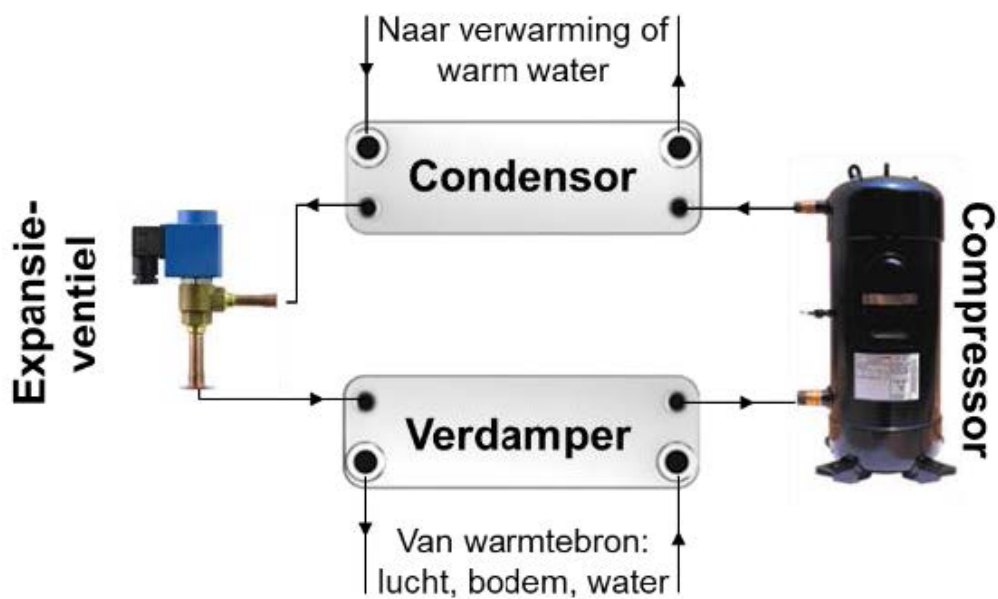
Tabel 9: Lettercodes benaming warmtepompen.

Dit maakt dat in databladen van warmtepompen de volgende benamingen terug te vinden zijn:

- A/A (NL: L/L): lucht/lucht warmtepomp
- B/W (NL: B/W): bodem/water warmtepomp
- W/W (NL: W/W): water/water warmtepomp
- ...

7.2. Elektrische warmtepompen

De meeste warmtepompen zijn elektrisch aangedreven, dat wil zeggen dat een compressor die aangedreven wordt door een elektromotor voor de compressie van het koudemiddel zorgt.



Figuur 40: Hoofdcomponenten van een elektrische warmtepomp.

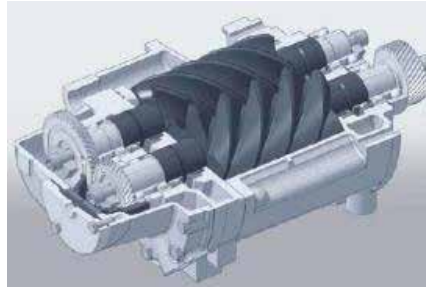
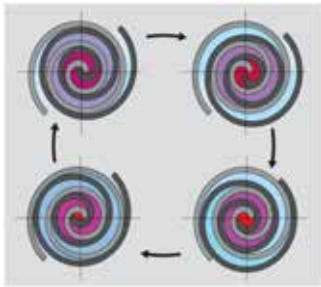
[De Nayer Instituut]

De compressor is het hart van de warmtepomp. Vaak voorkomende types zijn scrollcompressoren, al worden voor grotere vermogens ook schroef- of zuigercompressoren gebruikt.



[Copeland; Bitzer]

[Viessmann Planungshandbuch; Atlas Copco]



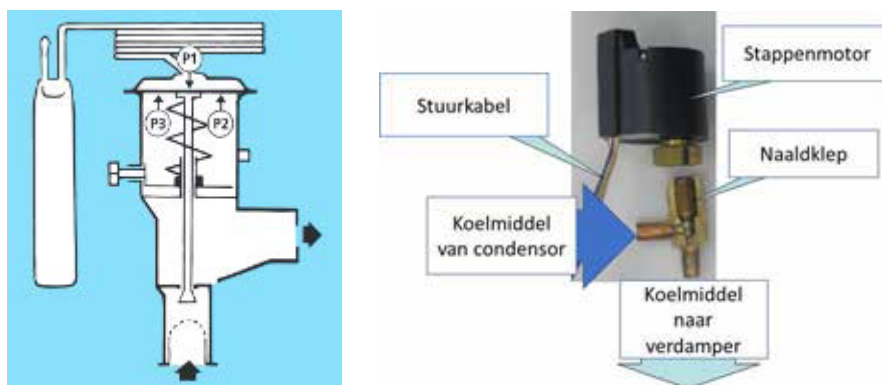
Figuur 41: Elektrische compressoren (type scroll en schroef).

De verdampers en condensoren in een warmtepomp zijn vaak platenwarmtewisselaars, maar bij warmtewisseling met lucht komt het koudemiddel direct in contact met de lucht, zonder tussencircuit met water of brijn.



Figuur 42: Lucht/koudemiddel warmtewisselaar (buis/vin) en platenwarmtewisselaar.

Het expansieventiel werkt als een regelbare smoorklep. Het houdt het drukverschil tussen de hoge- en lagedrukzijden van het koudemiddelcircuit constant. Het regelt het debiet van het koudemiddel dat naar de verdamper stroomt om zo een juiste oververhitting in stand te houden. Er zijn thermostatische en elektronische expansieventielen.



Figuur 43: Thermostatisch en elektronisch expansieventiel.

In een warmtepomp functioneert het koudemiddel als een warmtetransportmedium dat in de verdamper warmte opneemt op lage temperatuur uit de omgeving en vervolgens in de condensor weer afgeeft op hogere temperatuur aan de verwarmingsinstallatie. Een koudemiddel is onmisbaar om een warmtepomp te laten functioneren.

Koudemiddelen kunnen grote hoeveelheden warmte transporteren omdat ze in de cyclus die ze doorlopen toestandsveranderingen ondergaan: in de verdamper verdampt het koudemiddel (vloeistof wordt damp) en in de condensor condenseert het koudemiddel (damp wordt weer vloeistof).

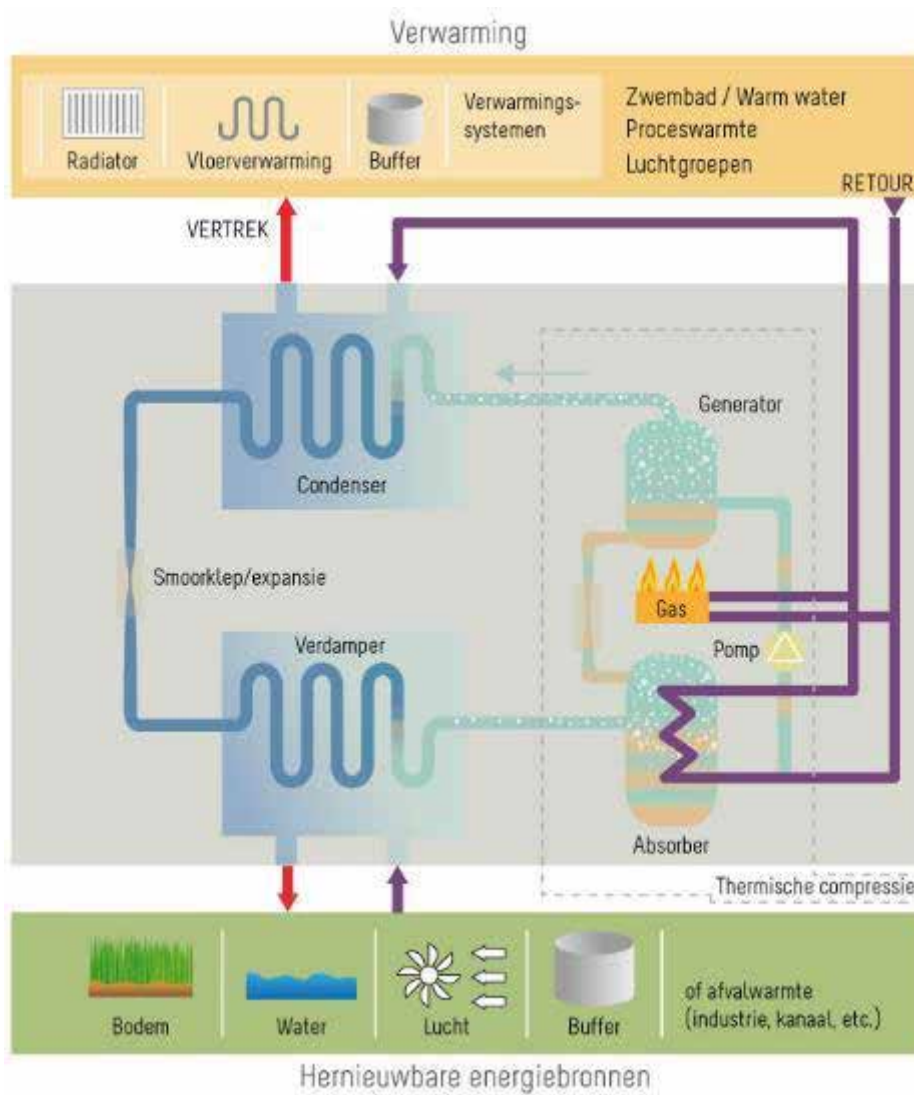
De huidige warmtepompen op de markt hebben veelal HFK's R134A, R407C en R410A als koudemiddel. Deze hebben geen ozonafbrekend vermogen maar dragen wel bij tot het broeikas effect. Ze vallen onder de F-gas wetgeving. Vanaf dat een toepassing 5 of meer ton CO₂ equivalent aan koudemiddel bevat, gelden er strengere bepalingen (10 ton voor hermetisch gesloten toestellen). Nieuwe, nog wel toegelaten koudemiddelen zijn bijvoorbeeld propaan, isobutaan, R32, CO₂ of ammoniak.

Twee belangrijke milieuproblemen worden mede veroorzaakt door koudemiddelen

- Afbraak van de ozonlaag: eigenschap ODP (Ozon Depletion Potential)
- Broeikas effect: eigenschap GWP (Global Warming Potential)

7.3. Gasabsorptie-warmtepompen

Zoals Figuur 44 weergeeft wordt bij een absorptiewarmtepomp het compressorgedeelte vervangen door een thermische compressor.



Figuur 44: Werkingsprincipe van een absorptiewarmtepomp.

[Coolingways.be]

In een absorptiewarmtepomp verdampt en condenseert een koudemiddel, net zoals in een elektrische warmtepomp. Het compressiegedeelte verschilt. De thermische compressor bestaat uit:

Onderdeel	Werking
Absorber	Het koudemiddel wordt op lage druk en lage temperatuur geabsorbeerd in een 'absorbent' (dit is een vloeistof waarin het koudemiddel wordt geabsorbeerd). De absorber moet gekoeld worden om dit absorberen op gang te houden.
Pomp	De pomp comprimeert het mengsel koudemiddel-absorbent naar een hoge druk. Omdat hier een vloeistof wordt gecomprimeerd, kost dat minder energie dan bij een elektrische compressor die een gas moet comprimeren.
Generator	Het koudemiddel-absorbent-mengsel op hoge druk wordt verwarmd (door aardgas of afvalwarmte). Hierdoor ontsnapt het koudemiddel in gasvorm uit het mengsel en gaat naar de condensor
Expansieventiel	In het expansieventiel wordt het absorbent terug in druk verlaagd om naar de absorber terug te gaan. Hierna herhaalt de cyclus zich.

De meest gebruikte combinaties van koudemiddel en absorbent zijn:

- Lithium-Bromide/water
- Ammoniak/water



Figuur 45: Lucht/water gasabsorptiewarmtepomp.

[Coolingways.be]

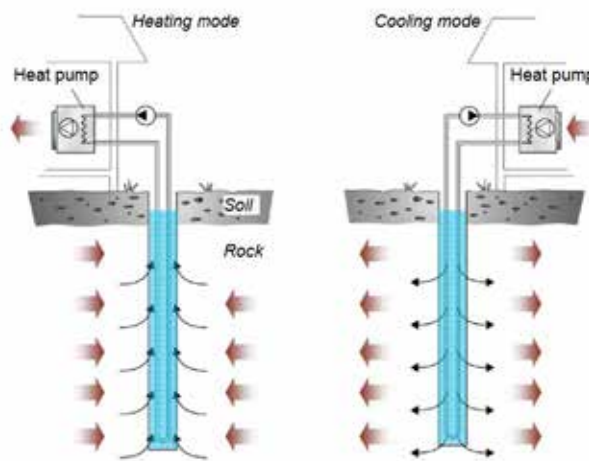
Opmerking: kampeerkoelkasten op gas werken ook volgens dit principe van gasabsorptie.

8. Koelen met warmtepompen

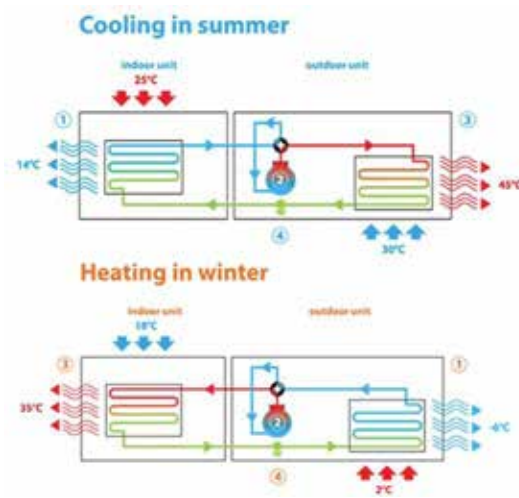
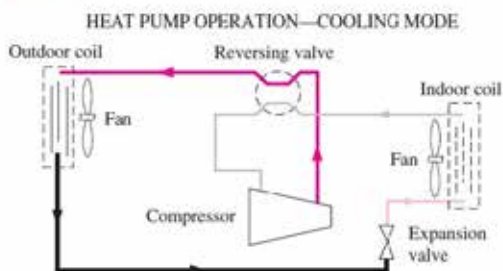
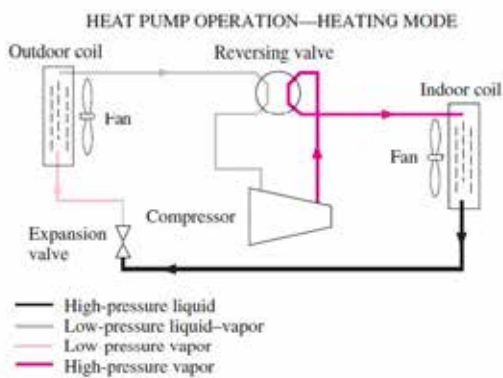
Door betere isolatie en luchtdichtheid van gebouwen, wordt de koelvraag steeds belangrijker.

8.1. Actieve koeling

Door de warmtepompwerking om te keren (verdampert onttrekt warmte uit de woning en geeft die af aan de omgeving, werkt een warmtepomp als een actieve koelmachine.



[IEA annex 32-Ghelin, 2002]



Figuur 46: Warmtepomp als verwarming of als koelmachine.

[Cengel & Boles; Daikin]

8.2. Bodemkoeling of geothermische passieve koeling

[tekst gebaseerd op gidsduurzamegebouwen.brussels]

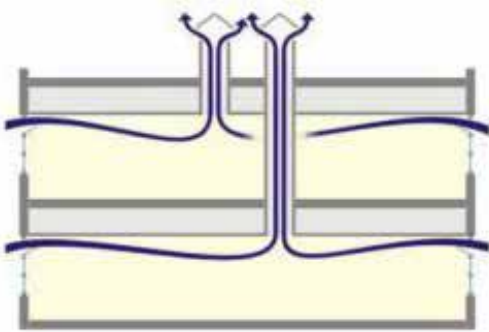
Passieve koeling is een algemene term die gebruikt wordt als alternatief voor een actief koelsysteem. Het principe is gebaseerd op het gebruik van bronnen van “gratis koeling” uit de koudere omgeving zoals de bodem en de lucht en dus het vermijden van een koelmachine (actieve koeling). Het maakt het mogelijk een oplossing te bieden voor het probleem van oververhitting in goed geïsoleerde gebouwen, terwijl ook het energieverbruik sterk wordt verminderd. Verschillende types van passieve koeling bestaan:

- **Free-cooling** is een passieve koeltechniek voor gebouwen. Deze techniek maakt gebruik van de buitenlucht wanneer de temperatuur van die laatste lager is dan de omgevingstemperatuur van het gebouw. Het kan als enige koelsysteem worden gekozen of met andere systemen worden gecombineerd. Deze naargelang van het geval mechanische, natuurlijke of hybride free-cooling heeft in het voorjaar en in de zomer overdag een beperkt koelpotentieel.
- Een **aardwarmtewisselaar** (naargelang van de toepassing ook “Canadese put” of “Provençaalse put” genoemd) laat verse lucht door ondergrondse buizen circuleren, voordat deze lucht het huis binnenkomt. Met dit systeem kan het gebouw in de winter op natuurlijke wijze worden verwarmd en in de zomer worden gekoeld. Het kan zowel in het kader van een nieuwbouw als bij renovaties worden toegepast, maar het vereist buitenruimte die afhangt van de grootte van het gebouw.
- **Adiabatische koeling** is een voordelige oplossing om in de zomer de lucht te koelen en bestaat erin warme lucht door een vochtige warmtewisselaar te leiden. Het water verdampt en absorbeert op die manier de calorieën van de lucht, die afkoelt. Als de adiabatische module juist is gedimensioneerd, kan het extra elektriciteitsverbruik voor de ventilatoren laag blijven. Dat geldt ook voor het waterverbruik, als daarvoor gerecupereerd regenwater gebruikt wordt. Waterbehandeling is wel een aandachtspunt.
- **Bodemkoeling** (als de context enkel warmtepompen bevat wordt dit ook wel geothermische passieve koeling of natuurlijke koeling genoemd) doelt op een installatie waarbij het binnenklimaat wordt gekoeld doordat koud water door het bestaande vloer- of wandverwarmingsstelsel stroomt in plaats van airconditioning/luchtcirculatie, zoals bij de actieve koelsystemen. De gekoelde muren nemen warmte uit de kamer en de mensen in de kamer op door convectie en straling. De geabsorbeerde warmte wordt via een warmtewisselaar naar de bodemsondes overgebracht. Naast de elektriciteit om de circulatiepompen te doen werken, is er geen ander energieverbruik.

Bij een warmtepomp met verticale bodemwarmtewisselaar of grondwater als warmtebron, kan de bodem dus gebruikt worden als bron van koude en zo het gebouw helpen afkoelen.

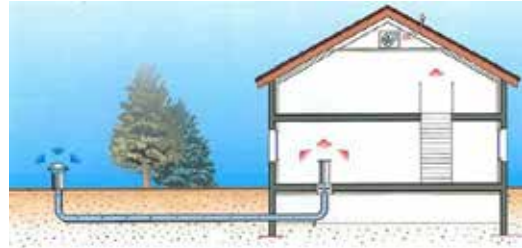
Free-cooling
(hier via schoorsteeneffect)

[UCL]



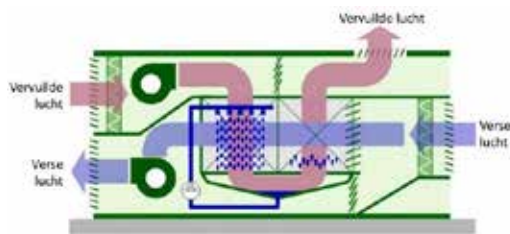
Canadese put
(met ventilatielucht)

[Cerema]

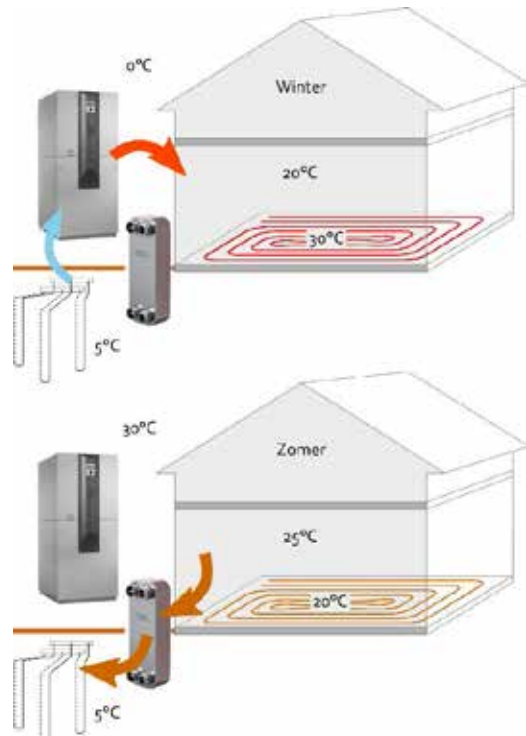


Adiabatische koeling

[Energie+]



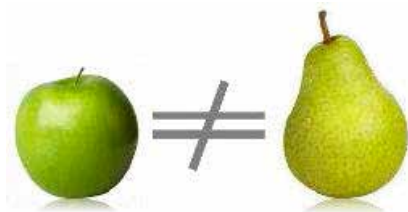
Bodemkoeling



Figuur 47:
Verschillende vormen van passieve koeling..

9. Energiebalans en prestatiefactoren

Bij het opstellen van de energiebalans van een warmtepomp, vergelijken we warmtestromen met elektrische energiestromen. De uitdrukking ‘appelen met peren vergelijken’ is dus zeker op zijn plaats hier. Elektriciteit komt immers niet vanzelf uit het stopcontact en moet ook geproduceerd worden.



In principe mogen in een energiebalans enkel dezelfde soort energiestromen met elkaar vergeleken worden. Eén manier om de vergelijking tussen warmte- en elektrische energiestromen te maken is door alle energiestromen om te rekenen naar ‘primaire’ energie.

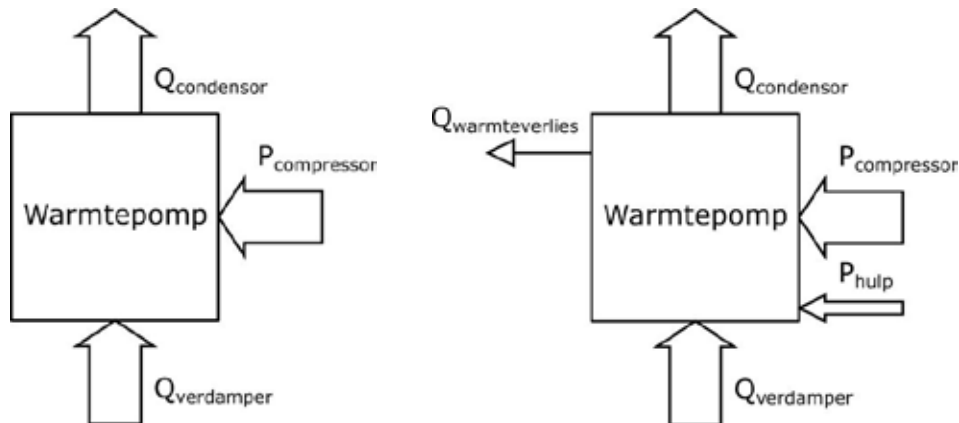
Elektriciteit wordt geproduceerd in, voor het grootste deel, elektriciteitscentrales. Gemiddeld heeft elektriciteitsproductie een rendement van 40%, dat wil zeggen:

voor 1kWh elektriciteit is 2,5kWh (=1/0,4) ‘primaire’ energie nodig (aardgas, steenkool, nucleair,...)

Door het stijgende aandeel hernieuwbare elektriciteit, stijgt ook het gemiddelde productierendement. In de toekomst zal dit dus veranderen naar 48%:

voor 1kWh elektriciteit is 2.1 kWh (=1/0,48) ‘primaire’ energie nodig (aardgas, steenkool, nucleair,...)

9.1. De energiebalans van een warmtepomp



Figuur 48: Theoretische en werkelijke energiebalans van een warmtepomp.

9.1.1. Het condensatorvermogen van de warmtepomp

Het condensatorvermogen $Q_{condensator}$ is het nuttig verwarmingsvermogen dat de warmtepomp afgeeft aan het verwarmingssysteem of aan het sanitair warm water systeem.

9.1.2. Het compressorvermogen

Een elektrische compressor heeft een elektrisch vermogen $P_{compressor}$ dat nodig is om de elektrische compressor aan te drijven.

In een thermische compressor van een absorptiewarmtepomp drijft een warmtebron, meestal aardgas, de generator aan. Verder is er ook nog een klein deel elektriciteit nodig om de vloeistofpomp aan te drijven. Vaak wordt hier ineens met 'primaire' energie gerekend:

$$P_{therm. compressor} = Q_{generator} + 2,5 P_{pomp}$$

9.1.3. Het verdampervermogen

Het verdampervermogen $Q_{verdampere}$ is het warmtevermogen dat uit de omgeving wordt onttrokken.

9.1.4. Het hulpvermogen

Het hulpvermogen is alle (elektrisch) vermogen dat nodig is om de warmtepomp te laten werken: de regelaar, de capaciteitsregeling, de ventilator, ontdooiing, enz.

9.1.5. Energiebalans

Voor een elektrische warmtepomp geldt de volgende energiebalans:

$$Q_{condensor} = Q_{verdamer} + P_{compressor}$$

Merk op dat op deze manier warmte-energie ($Q_{condensor}$, $Q_{verdamer}$) en elektrische energie ($P_{compressor}$) zonder omzettingfactor bij elkaar worden opgeteld!

In een thermische compressor van een absorptiewarmtepomp drijft een warmtebron, meestal aardgas, de generator aan. Verder is er ook nog een klein deel elektriciteit nodig om de vloeistofpomp aan te drijven. Vaak wordt hier ineens met 'primaire' energie gerekend:

$$Q_{condensor} = Q_{verdamer} + (Q_{generator} + 2,5 P_{pomp})$$

Deze vergelijkingen kunnen ook geschreven worden als:

$$Q_{nuttige\ warmte} = Q_{uit\ omgeving} + P_{te\ betalen}$$

In werkelijke warmtepompen is er ook nog warmteverlies en elektrisch verbruik voor sturing en regeling. De energiebalans wordt dan:

$$Q_{condensor} + Q_{warmteverlies} = Q_{verdamer} + (P_{compressor} + P_{hulp})$$

9.2. COP of 'Coefficient of Performance'

De COP is de prestatiefactor van de warmtepomp:

$$COP = \frac{\text{Verwarmingsvermogen [kWth]}}{\text{Aandrijfvermogen [kWe]}} = \frac{Q_{\text{condensor}} \text{ [kWth]}}{P_{\text{compressor}} \text{ [kWe]}}$$

Voor een absorptiewarmtepomp wordt dit:

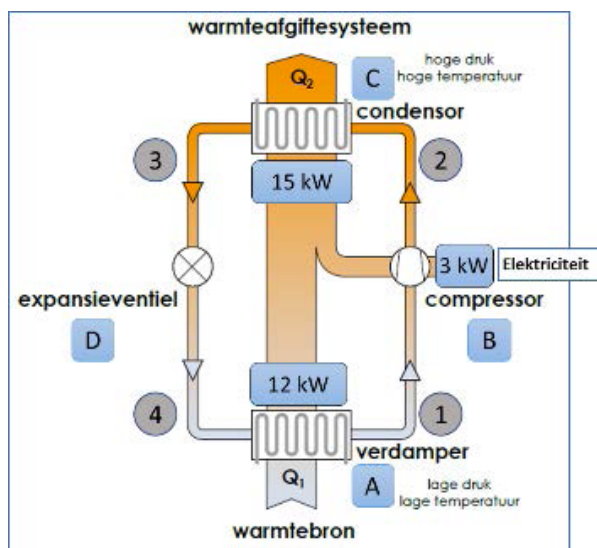
$$COP_{\text{absWP}} = \frac{Q_{\text{condensor}}}{P_{\text{compressor}} + 2,5 P_{\text{pomp}}}$$

Ter info: bij een koelmachine (is dan het nuttig effect) wordt er van een EER (Energy Efficiency Ratio) gesproken:

$$EER = \frac{Q_{\text{condensor}} \text{ [kWth]}}{P_{\text{compressor}} \text{ [kWe]}}$$

De COP zegt hoeveel kW warmte de warmtepomp levert voor 1kW compressievermogen. Het verbruik van de compressor moet betaald worden (elektriciteit, gas, ...).

Voorbeeld: Een elektrische warmtepomp die 3kW elektriciteit gebruikt ($P_{\text{compressor}}$) om 12kWh gratis warmte uit de omgeving te onttrekken ($Q_{\text{verdampert}}$), geeft 15kW warmte af ($Q_{\text{condensor}}$). Dat komt overeen met een COP van 5.



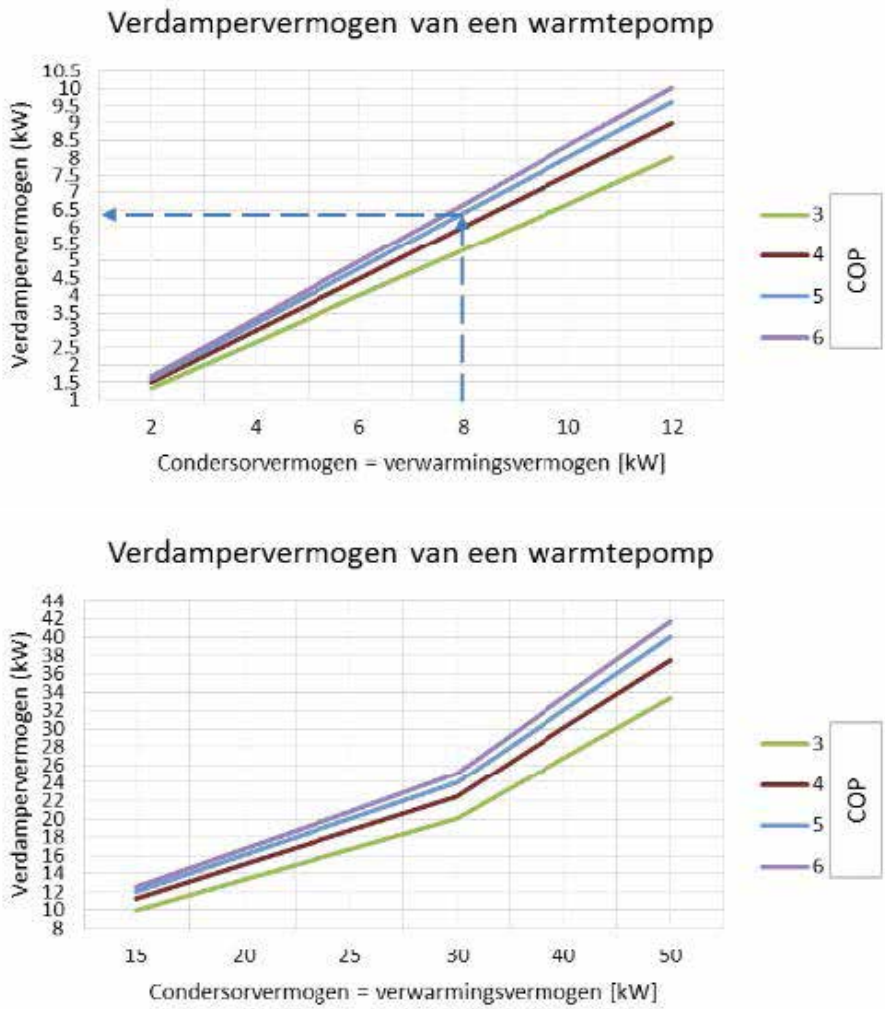
$$COP = \frac{Q_{\text{condensor}}}{P_{\text{compressor}}} = \frac{15 \text{ kWth}}{3 \text{ kWe}} = 5$$

Typische COP-waarden voor wärmepompen gaan van 3 tot 5,5 of meer. Als de COP van een wärmepomp gekend is, kan dan ook het verdampervermogen worden berekend uit ofwel het condensor- of het compressorvermogen.

$$Q_{\text{verdamp}} = \left(1 - \frac{1}{\text{COP}}\right) Q_{\text{condens}} = (\text{COP} - 1) P_{\text{compressor}}$$

Figuur 49 geeft deze vergelijking in grafiekvorm.

Voorbeeld: Een wärmepomp met een verwarmingsvermogen van 8kW en een COP van 5 heeft een verdampervermogen van 6,4kW



Figuur 49 : Verdampervermogen in functie van het verwarmingsvermogen (condensator) en de COP.

9.3. COP uit databladen

De COP uit databladen van warmtepompen is de in labo gemeten prestatiefactor van de warmtepomp in stationair regime:

$$COP_{datablad} = \frac{\text{Gemeten verwarmingsvermogen}}{\text{Gemeten aandrijf + hulpvermogen}} = \frac{Q_{condensor} \quad [kW_{th}]}{P_{compressor} + P_{hulp} \quad [kW_e]}$$

Het is dus de COP op basis van de werkelijke energiebalans van de warmtepomp (zie Figuur 48).

De Europese norm EN14511 legt de manier vast waarop de $COP_{datablad}$ moet opgemeten worden. Typische testcondities volgens EN14511 voor elektrische laag-temperatuurwarmtepompen (bv. bij het EHPA kwaliteitslabel):

- Lucht/water: A2/W35 en A7/W35
- Bodem/water: B0/W35
- Water/water: W10/W35
- Directe expansie/water: E4/W35
- Lucht/lucht: A-7/A20, A-2/A20, A7/A20, A12/A20

Naast het ingangsvermogen van de compressor, wordt er bij het vastleggen van de COP dus ook rekening gehouden met het ingangsvermogen van de warmtepomp.

Het effectieve ingangsvermogen van het toestel is een combinatie van het volgende: het ingangsvermogen dat de compressor in werking stelt (en eender welk ingangsvermogen voor het ontdooien van de verdamper), het ingangsvermogen van alle regelaars en veiligheidsonderdelen van het toestel, en het evenredige ingangsvermogen van onderdelen (bv. ventilatoren, pompen) die instaan voor de stroom van warmtegeleidende middelen in het toestel (EN14511).

Een blik op een datablad van een warmtepomp leert dadelijk dat de getabelleerde COP niet de theoretische maar de werkelijke COP is.

Type BWC/BW/BWS 301.B		06
Vermogensgegevens volgens EN 14511 (B0/W35, 5 K spreiding)		
Nom. vermogen	kW	5,69
Koelvermogen	kW	4,54
Elektrisch opgenomen vermogen	kW	1,24
Prestatiecoëfficiënt (COP)		4,60

$$Q_{condensator} = 5.69 \text{ kWth ('Nom. vermogen')}$$

$$Q_{verdampert} = 4.54 \text{ kWth ('Koelvermogen')}$$

$$P_{compressor} = Q_{condensator} - Q_{verdampert} = 1.15 \text{ kWe} \neq P_{hulp} = 1.24 \text{ kWe (+8\%)}$$

$$COP = \frac{5.69}{1.15} = 4.9 > COP_{datablad} = \frac{5.69}{1.15} = 4.6 (-6\%)$$

De norm EN 16147 geldt voor warmtepompen die dienen voor de productie van sanitair warm water.

Bij een gasabsorptiewarmtepomp wordt in plaats van de COP eerder de term GUE (Gas Utiliation Efficiency, EN 12309) gebruikt. De definitie is net dezelfde als bij COP, maar omdat een gasabsorptiewarmtepomp gas als aandrijfvermogen heeft, is de noemer van de breuk anders.

$$GUE_{datablad} = \frac{\text{Gemeten verwarmingsvermogen [kW]}}{\text{Gemeten aandrijf + hulpvermogen [kW]}} = \frac{Q_{condensator} \text{ [kW]}}{Q_{compressor} + 2,5 P_{hulp} \text{ [kW]}}$$

De GUE houdt dus rekening met de primaire energiefactor voor de productie van elektriciteit.

9.4. Wanneer heeft een warmtepomp een hoge COP?

De energie die een warmtepomp verbruikt is de compressor energie:

- Elektriciteit bij een elektrische compressor en
- Warmte/aardgas bij een thermische compressor van een absorptiewarmtepomp

Weinig compressor-energie betekent een hoge COP, veel compressor-energie betekent een lage COP.

$$COP = \frac{Q_{condensor}}{P_{compressor}}$$

De hoeveelheid compressor-energie wordt bepaald door het drukverschil dat de compressor moet overbruggen. Het drukverschil dat de compressor moet overbruggen hangt af van het verschil tussen verdampingstemperatuur en condensatietemperatuur.

De verdampingstemperatuur wordt bepaald door de temperatuur van de warmtebron en de condensatietemperatuur wordt bepaald door de temperatuur van het afgiftesysteem.

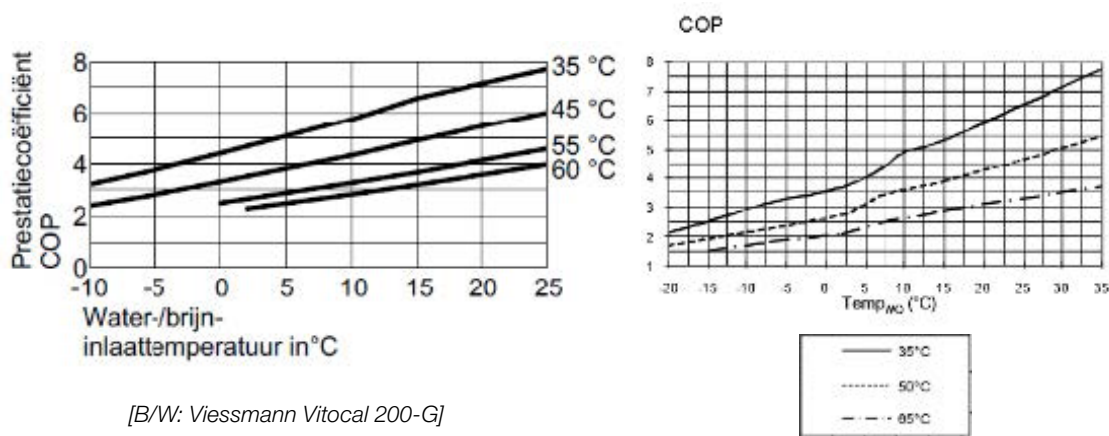
Dus:

Temperaturen van bron en afgifte	Wat doet compressor?	Effect op COP
Klein temperatuurverschil tussen warmtebron en afgiftesysteem	Compressor moet klein drukverschil overbruggen	Lage compressor-energie, hoge COP
Lage temperatuurverwarming, bv. vloerverwarming	Compressor moet klein drukverschil overbruggen	Lage compressor-energie, hoge COP
Hoge brontemperatuur, bv. buitenlucht in maart, of bodem of grondwater	Compressor moet klein drukverschil overbruggen	Lage compressor-energie, hoge COP
Hoge temperatuurverwarming, bv. radiatoren	Compressor moet groot drukverschil overbruggen	Hoge compressor-energie, lage COP
Lage brontemperatuur, bv. buitenlucht in januari	Compressor moet groot drukverschil overbruggen	Hoge compressor-energie, lage COP

De standaard temperaturen waarbij warmtepompen worden getest, geven aan in welk regime ze normaal gezien werken:

- Testcondities 'lage temperatuur' warmtepomp: 35-30 (5°C temperatuurverschil)
- Testcondities 'hoge temperatuur' warmtepomp: 55-45 (10°C temperatuurverschil)

Het 35-30 regime is de nominale conditie voor vloerverwarming. Het effect van een lagere afgiftemperatuur op de COP van de warmtepomp is heel groot, zoals de onderstaande figuur toont.



[B/W: Viessmann Vitocal 200-G]

[L/W: Alpha-Innotec LWD 70A]

Figuur 50: Effect van bron- en afgiftemperatuur op de COP van een warmtepomp.

9.5. SPF of Seasonal performance factor

De SPF is de in reële omstandigheden gemeten prestatiefactor van een warmtepomp tijdens een bepaalde periode (bv. een stookseizoen).

$$SPF = \frac{\text{Gemeten verwarmingsenergie}}{\text{Gemeten verbruikte aandrijf + hulpenergie}} = \frac{\sum Q_{condensor} \text{ [kWh}_{th}]}{\sum (P_{compressor} + P_{hulp}) \text{ [kWh}_{e}]}$$

Voor een absorptiewarmtepomp wordt dit:

$$SPF_{absWP} = \frac{\sum Q_{condensor}}{\sum (P_{compressor} + 2,5 (P_{pomp} + P_{hulp}))}$$

De SPF is de verhouding tussen de warmte die gegenereerd wordt door de warmtepomp en de totale aandrijf- en hulpenergie die verbruikt wordt tijdens een stookseizoen.

De efficiëntie van warmtepompen wordt door een groot aantal factoren beïnvloed: voor warmtepompen in gebouwen zijn de volgende factoren van belang:

- Klimaat - jaarlijkse warmte- en koelbehoefte en maximale piekbelasting
- Temperatuur van de warmtebron en het warmtedistributiesysteem
- Energieverbruik van de hulpstukken (pompen, ventilatoren, regelaars, enz.)
- Kwaliteit van het ontwerp en de fabricage van de warmtepomp
- Grootte van de warmtebron in verhouding tot de warmtebehoefte en de werkwijze van de warmtepomp
- Regelsystemen van de warmtepomp en het gebouw

Opdat het SPF een voldoende representatieve parameter is, is het van belang dat de systeemgrenzen bepaald worden. Die bepalen welke hulpenergie van bepaalde toestellen (pompen en ventilatoren) mee in beschouwing genomen worden.

Typisch aandeel hulpenergie:

- Toestellen (pompen, e.d.) van een hoge kwaliteit: ongeveer 10% van de totale energiebehoefte
- Toestellen van een lage kwaliteit: kan meer dan 15% zijn

Welke toestellen worden typisch meegerekend voor de SPF:

- De compressor (uiteraard)
- De regelaar en gemotoriseerde kranen/kleppen
- Ontdooiing van de verdamper
- Ventilator (lucht/water),
- Brinecirculatiepomp (glycol/water) (kan een hoog aandeel hebben)
- Bronpompen (water/water)
- Frequentieomvormers op de compressor en/of pompen en ventilator
- Circulatiepompen tussen warmtepomp en buffervat

Over het algemeen wordt het energieverbruik van de verwarmingscirculatiepomp (voor "natte" verwarmingssystemen) enkel in beschouwing genomen als de circulatiepomp geïntegreerd is in het warmtepomptoestel.

OPGELET: een warmtepomp is getest volgens EN14511 in bepaalde condities (zie vorige paragraaf), maar als de warmtepompinstallatie op andere temperaturen werkt, kan de SPF hoger zijn dan de COP, bv. voor een bodem/water warmtepomp:

- jaargemiddelde brontemperatuur = 4°C
- jaargemiddelde afgiftetemperatuur = 32°C

Het verschil tussen bron en afgifte ($32 - 4 = 28$) is kleiner dan bij de testcondities ($35 - 0 = 35$), dus kan de SPF hoger zijn als de randtoestellen zuinig werken.

9.6. PER of Primary Energy Ratio

De primaire energiefactor PER geeft aan hoeveel primaire energie er nodig is om de warmtepomp te laten werken.

$$PER = \frac{\text{Gemeten verwarmingsenergie [kWh}_{th}]}{\text{Gemeten primaire energie [kWh}_{prim}]}$$

Bij een elektrische warmtepomp moet de elektriciteit ook geproduceerd worden en daarvoor is ook weer energie nodig: Momenteel is dit typisch 2,5 keer meer, maar dit verandert naar 2.1 keer meer. De primaire energie-factor (of PER = Primary Energy Ratio) van een elektrische warmtepomp is dus:

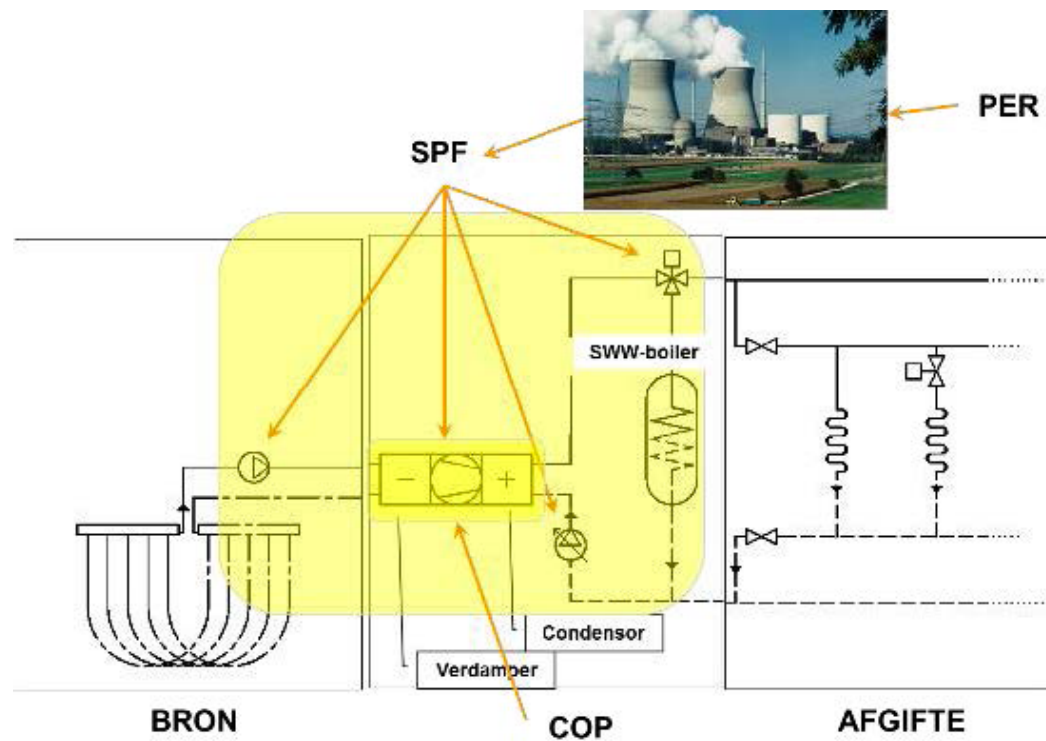
$$PER = \frac{\sum Q_{condensor}}{2,5 \sum (P_{compressor} + P_{hulp})} = \frac{SPF}{2,5}$$

OPMERKING: voor een absorptiewarmtepomp die op aardgas draait, is de SPF = PER want er wordt aangenomen dat aardgas geen omzetting behoeft (wat uiteraard de energie voor ontginning en transport verwaarloost).

9.7. Verband tussen COP, SPF en PER

De onderstaande figuur geeft duidelijk het verband tussen COP, SPF en PER

- COP: enkel voor de warmtepomp, onder testomstandigheden
- SPF: voor de volledige installatie, onder werkelijke omstandigheden
- PER: voor de volledige installatie, met inbegrip van de productie van de compressor-energie



Figuur 51: Verband tussen COP, SPF en PER.

9.8. SCOP of Seasonal COP

De SCOP is de berekende prestatiefactor van een elektrische warmtepomp tijdens een volledig stookseizoen.

$$SCOP = \frac{\text{Berekende verwarmingsenergie}}{\text{Berekende aandrijf + hulpenergie}} = \frac{\sum Q_{condensor} \quad [kWh_{th}]}{\sum (P_{compressor} + P_{hulp}) \quad [kWh_e]}$$

In tegenstelling tot de SPF (gemeten), kan met de SCOP (berekend) dus op voorhand een inschatting gemaakt worden van het verbruik van de warmtepomp. De Europese Energielabel richtlijn legt een methode voor de berekening van de SCOP vast.

9.9. De seizoensefficiëntie η en energielabel

Omdat de Europese Energielabel richtlijn niet alleen voor warmtepompen geldt, maar ook voor gas- en stookolieketels, elektrische boilers, ... , en omdat COP, SPF en SCOP typische factoren zijn voor warmtepompen, wordt er meer en meer enkel nog over de 'seizoensefficiëntie η ' gesproken.

De seizoensefficiëntie η is de berekende verhouding tussen de nuttige warmte voor ruimteverwarming of warm water productie tijdens een bepaald periode (bv. verwarmingsseizoen) geleverd wordt en het primair energiegebruik dat nodig is om aan deze energievraag te voldoen.

$$\eta = \frac{\text{Berekende verwarmingsenergie}}{\text{Berekende primaire energie}} = \frac{\sum Q_{condensor} \quad [kWh_{th}]}{2.5 \sum (P_{compressor} + P_{hulp}) \quad [kWh_{prim}]}$$

In de toekomst verandert de factor 2.5 naar 2.1.

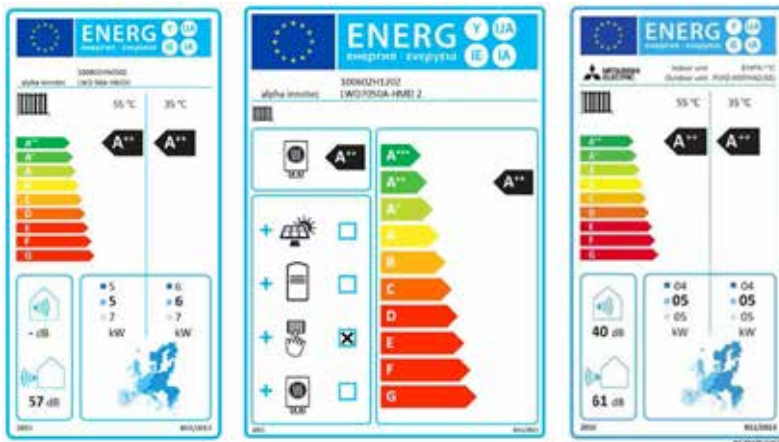
Om de seizoensefficiëntie te kunnen berekenen volgens de Europese Energielabel richtlijn, moet de COP gemeten worden bij minstens de volgende brontemperaturen:

- -7°C
- +2°C
- +7°C
- +12°C
- Bivalentie-temperatuur (indien van toepassing)
- Uiterste minimale bedrijfstemperatuur

De afgiftetemperaturen waarbij de seizoensefficiëntie gemeten wordt zijn:

- 35°C (lage temperatuur warmtepomp)
- 55°C (hoge temperatuur warmtepomp)

Op basis van de seizoensefficiëntie worden warmtepompen ingedeeld in een energielabel, gelijkwaardig aan wat er al bestond voor koelkasten en diepvriezers bijvoorbeeld.



Figuur 52: Energielabel van een elektrische L/W, B/W en L/L warmtepomp.

In Europa zijn enkel warmtepompen met de volgende energielabels toegelaten:

Toepassing	Toegelaten energieklassen
Ruimteverwarming	A++ tot G
Ruimteverwarming vanaf september 2019	A+++ tot D (lager mag niet meer verkocht worden)
Water verwarming vanaf september 2017	A+ tot F (lager mag niet meer verkocht worden)

9.10. Overzicht van de prestatiefactoren

Om door het bos de bomen nog te blijven zien, geeft de onderstaande tabel een overzicht van de verschillende prestatiefactoren van warmtepompen.

Prestatiefactor	Definitie	Op basis van vermogen of energie	Gemeten of berekend
COP	$\frac{\text{Verwarmingsvermogen [kW]}}{\text{Aandrijfvermogen [kW]}}$	Vermogen	-
COP _{datablad}	$\frac{\text{Gemeten verwarmingsvermogen [kW]}}{\text{Gemeten aandrijf + hulpvermogen [kW]}}$	Vermogen	Gemeten
GUE _{datablad}	$\frac{\text{Gemeten verwarmingsvermogen [kW]}}{\text{Gemeten aandrijf + hulpvermogen [kW]}}$	Vermogen	Gemeten
SPF	$\frac{\text{Gemeten verwarmingsenergie [kWh]}}{\text{Gemeten verbruikte aandrijf + hulpenergie [kWh]}}$	Energie	Gemeten
PER	$\frac{\text{Gemeten verwarmingsenergie [kWh]}}{\text{Gemeten primaire energie [kWh]}}$	Energie	Gemeten
SCOP	$\frac{\text{Berekende verwarmingsenergie [kWh]}}{\text{Berekende aandrijf + hulpenergie [kWh]}}$	Energie	Berekend
η	$\frac{\text{Berekende verwarmingsenergie [kWh]}}{\text{Berekende primaire energie [kWh]}}$	Energie	Berekend

9.11. Werkelijke prestatie van warmtepompen

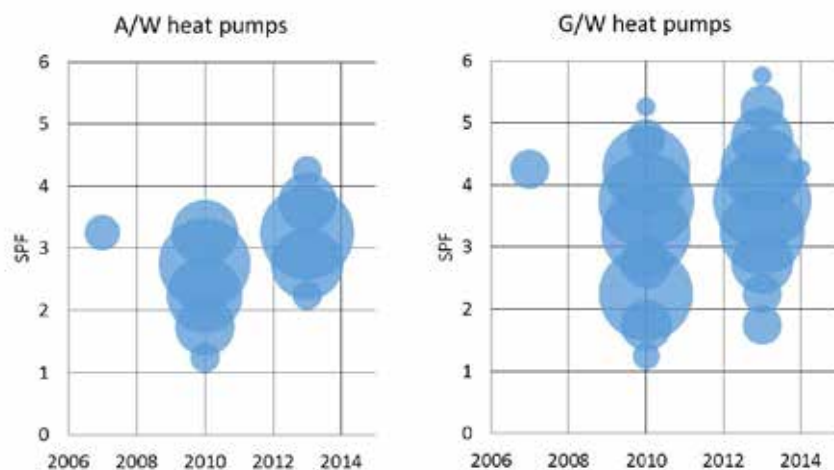
De werkelijke prestatie van warmtepompinstallaties opmeten en de resultaten van meetcampagnes samenvatten is niet altijd een eenvoudige zaak omdat er vaak specifieke punten zijn waarop de gemonitorde systemen of de meetmethodes verschillen. Nochtans heeft KU Leuven recent een overzicht gemaakt van een groot aantal onderzoeksprojecten waarin warmtepompinstallaties werden gemonitord.

Het gaat om resultaten van de volgende studies:

- IWT-TETRA 110183: Zongekoppelde Warmtepompsystemen ZON-WARM, KU Leuven, 2011-2014 (Govaerts et al. 2014)
- The Energy Saving Trust, Getting warmer: a field trial of heat pumps, 2010
- IWT-WP-DIRECT Project: SPF-metingen op bestaande residentiële warmtepompinstallaties in warmtepompinstallaties in Vlaanderen: vergelijking van verschillende installatieconcepten
- IEA HPP Annex 32: Economical heating and cooling systems for low energy houses
- Fraunhofer ISE, Heat Pump Efficiency, Analysis and Evaluation of Heat Pump Efficiency, in Real-life Conditions, 2005-2010
- Günther D., Miara M., Langner R., Helmling S., Wapler J., „WP Monitor“ Feldmessung von Wärmepumpenanlagen, Fraunhofer ISE, 2014
- R. Nordman (Editor), SEPEMO, SEasonal PErformance factor and MOnitoring for heat pump systems in the building sector SEPEMO-Build, FINAL REPORT (With contributions from: O. Kleefkens, P. Riviere, T. Nowak, A. Zottl, C. Arzano-Daurelle, A. Lehmann, O. Polyzou, K Karytsas, P. Riederer, M. Miara, M. Lindahl, K. Andersson, M. Olsson), 2012

Het gaat om een groot aantal warmtepompen, meer bepaald in totaal om:

- 99 L/W warmtepompen
- 210 B/W warmtepompen



Figuur 53: Gemeten warmtepompprestaties van verschillende monitoringsprojecten, (LINKS) L/W, (RECHTS) B/W (een grotere cirkel betekent meer warmtepompen met die waarde).

L/L warmtepompen kwamen bijna niet voor in deze projecten (slechts 4 gemeten installaties), maar met een SPF tussen 3 en 4 scoorden ze zeker niet slecht. Het ontbreken van een primaire en secundaire kringloop bevoorreedt duidelijk hun prestaties. Het is echter een te kleine set om echte conclusies uit te kunnen trekken.

Er is duidelijk een evolutie naar hogere SPF waarden. Het moet wel gezegd worden dat sommige studies (Energy Saving Trust, WP Monitor) gedaan zijn na een eerste test-fase, waarbij dus ontwerp- en installatiefouten werden verholpen. Een juist ontwerp en goede installatie zijn dus cruciaal.

De onderstaande tabel toont de gemiddelde waarden (en standaard deviatie).

SPF	A/W	G/W
	Gemiddeld	Gemiddeld
2010	2.5 ± 0.55	3.2 ± 0.90
2013	3.2 ± 0.46	3.7 ± 0.85

Tabel 11: Gemiddelde SPF waarden van warmtepompen.

Over bodemkoeling is niet heel veel wetenschappelijke data beschikbaar. Het Duitse WP-monitor project geeft de volgende conclusies:

- “Er wordt weinig van de koelmogelijkheid gebruik gemaakt”
- De **bodem pomp** bij gesloten bodemlussen verbruikt voor koeling gemiddeld **4.5% (2.0 .. 8.2%)** van het totale elektriciteitsverbruik, in systemen met de nieuwste pompen daalt dit tot 3.9% gemiddeld
- De **grondwaterpomp** bij open systemen verbruikt voor koeling gemiddeld **11.4% (7.8 .. 16%)** van het totale elektriciteitsverbruik
- Bodem koeling heeft doet de SPF met gemiddeld 0.2 punten stijgen.

Het IEA HPP Annex 32 geeft de volgende conclusies over koeling:



Figuur 54:
IEA HPP Annex 32 resultaten voor koeling, verwarming en warm water.

- SPF waarden

Warmtepomp type	SWW	Verwarming	Koeling	Totaal
L/L	2.4	3.7	4.1	3.3
L/W	3.3	3.3	2.4	3.1
B/W	3.5	4.4	12.9 Bodem koeling	4.7

- Effect van bodemkoeling op $SPF_{\text{verwarming}}$: 4.36 → 4.40
- Effect van bodemkoeling op SPF_{SWW} : 3.33 → 3.56
- Het lange termijn effect van passieve koeling is laag

IEA HPP Annex 32: monitoring van 4 B/W warmtepompen met passieve koeling:

Klimaat Zwitserland/ Oostenrijk				
Vloeroppervlakte	1064 m ²	279 m ²	180 m ²	210 m ²
SPF_{SWW} (stijging door BK)	2.9 2.5 → 2.9	3.7 2.8 → 3.7	3.7	3.6
$SPF_{\text{verwarming}}$	4.3	3.8	4.7	4.3
SPF_{koeling}	8.1	7.3	4.7	9.0
Koelvermogen	10 W/m ²	7.5 W/m ² (29 W/m ² max)		

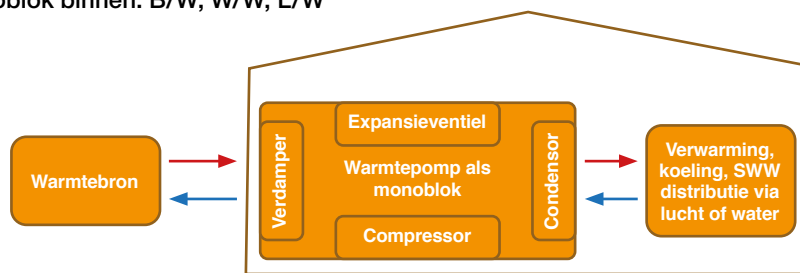
Voor 1 installatie in Oostenrijk was de voorspelde SFP_{koeling} 10 .. 25, terwijl de gemeten 7 .. 12.5 was omwille van hogere dan verwachte brontemperaturen.

10. Opstellingswijze

Een warmtepomp kan op verschillende manieren, als monoblok of als split, binnen of buiten, opgesteld worden.

	Warmtepomp configuratie	Kenmerk
(A)	Monoblok in het gebouw	De hydraulische koppeling met de bron passeert de gebouwgrens
(B)	Monoblok buiten het gebouw	De hydraulische koppeling met het afgiftesysteem passeert de gebouwgrens
(C)	Split-warmtepomp, hydraulische distributie	Met centrale condensor-binnenunit
(D)	Split-warmtepomp, single condensor	Voor één ruimte, condensor als ventilo-convector
(E)	Multi-split-warmtepomp	Verschillende condensors aan één buitenunit, condensor als ventilo-convector
(F)	Variable refrigerant flow (VRF) warmtepomp	Distributiecircuit van koudemiddel doorheen het gebouw, condensors als ventilo-convector

(A) Monoblok binnen: B/W, W/W, L/W



[B/W+PK; Nibe]



[B/W; Viessmann]



[B/W; Stiebel Eltron]



[L/W; Alpha-Innotec]



[Hybride B/W-Gas; Vaillant]



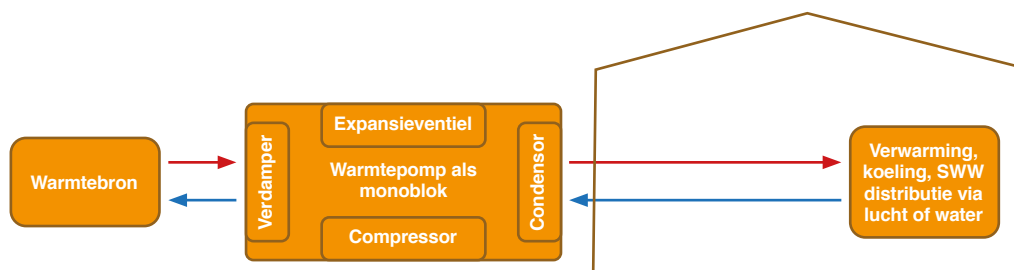
[WP-boiler ; Dimplex]



[Gemeenschappelijke bron, Energie+]

Legende	→ distributie	---→ koelmiddel
← heen-terug	←--- heen-terug	

(B) Monoblok buiten: B/W, W/W, L/W

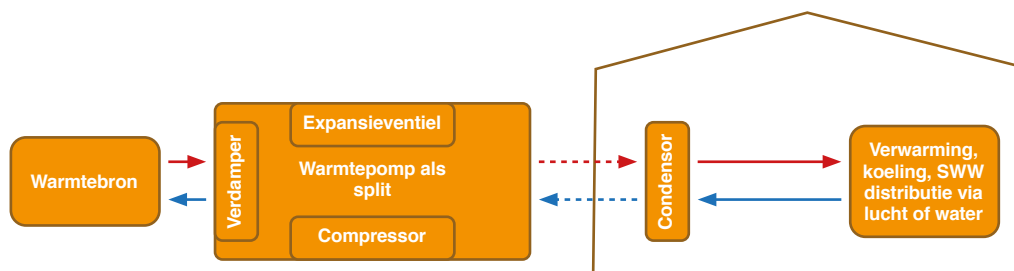


[L/W; Alpha-Innotec]



[L/W gasabsorptie; Robur/Coolingways]

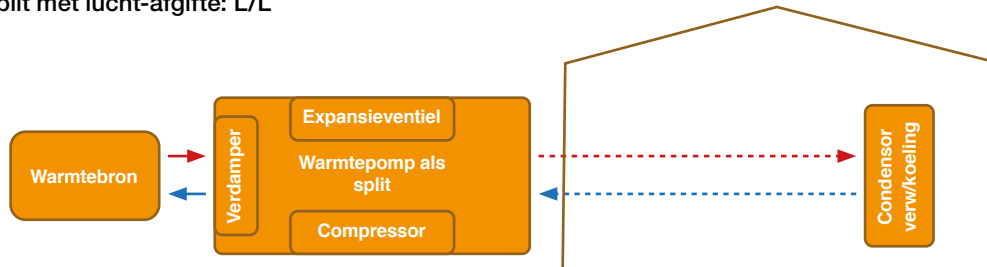
(C) Split met water-afgifte: L/W



[L/W split; Daikin]

Legende		distributie		koelmiddel
		heen-terug		heen-terug

(D) Split met lucht-afgifte: L/L

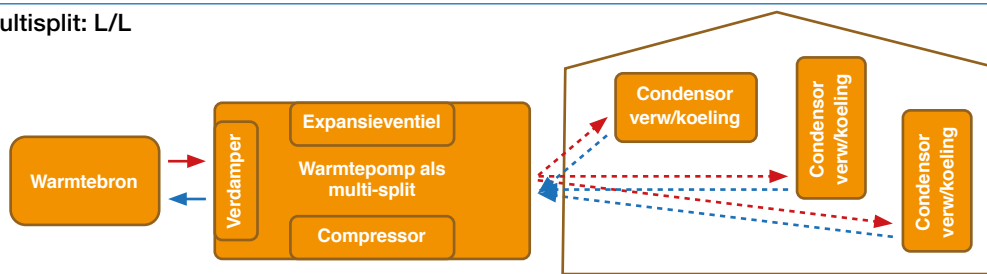


[L/L buiten-binnenopstelling; Mitsubishi]



[L/L met luchtgroep; Panasonic]

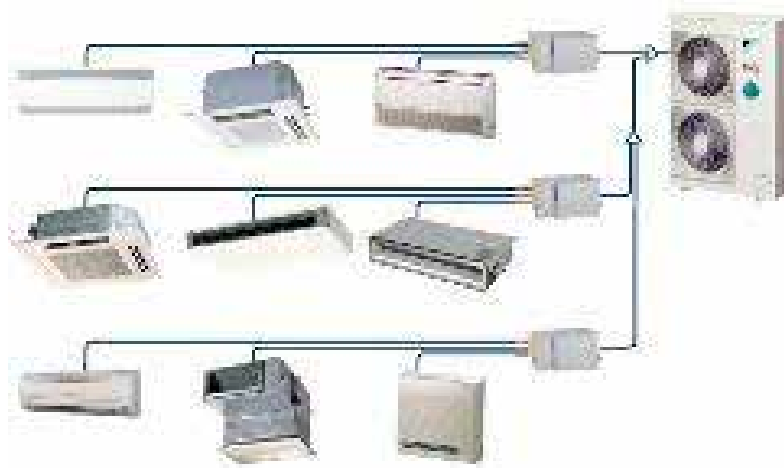
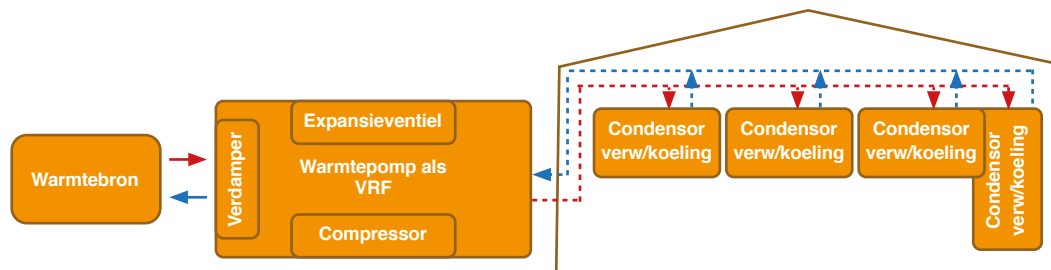
(E) Multisplit: L/L



[L/L multisplit; General]

Legende		distributie		koelmiddel
		heen-terug		heen-terug

(F) VFR (Variable Refrigerant Flow): L/L



[L/L VRF; Daikin]

Legende		distributie		koelmiddel
		heen-terug		heen-terug

11. Hoeveel kost een warmtepomp?

[Bron: tekst op basis van ATTB, prijzen ATTB en ODE-WPP]

Er bestaat nogal wat onduidelijkheid over de richtprijzen van warmtepompen die je in de pers en op internet vindt. Dat komt voornamelijk doordat de kosten sterk variëren afhankelijk van het type en de grootte van de installatie. Een kleine installatie voor 2 slaapkamers is heel wat anders dan bijvoorbeeld een installatie voor een grote villa.

Naast de prijs van de warmtepomp zelf moet ook rekening worden gehouden met de prijs van alle randapparatuur en het gekozen verwarmingssysteem inclusief afgifte zoals bijvoorbeeld radiatoren of vloerverwarming/koeling of ventilatieluchtverwarming/koeling.

Lucht-luchtwarmtepompen (halen de warmte uit de buitenlucht en geven die af aan de lucht van de ruimte die moet worden verwarmd) zijn uiteraard de goedkoopste keuze. Er hoeven immers geen graafwerken te gebeuren, waardoor de plaatsingskosten tot een minimum kunnen worden beperkt. De prijs is vooral afhankelijk van de grootte van de installatie. Een lucht-luchtwarmtepomp heeft zelf geen warmwaterproductie. Hiervoor kan een afzonderlijke warmtepompboiler geplaatst worden.

Ook voor een lucht-waterwarmtepomp (haalt de warmte uit de buitenlucht en geeft die af aan het warmwatercircuit voor de verwarming) zijn geen graafwerken nodig, maar de installatie is wat complexer.

Bij de bodem-waterwarmtepompen (halen de warmte uit de bodem en geven die af aan het water van het verwarmingscircuit) heeft de samenstelling en de kwaliteit van de grond een invloed op de prijs. Er is ook een aanzienlijk verschil in investering tussen de systemen met een horizontaal buizen netwerk en die met een verticaal netwerk.

Water-waterwarmtepompen (halen de warmte uit het grondwater en geven die af aan het water van het verwarmingscircuit) noodzaken het meeste grondwerk en kosten daardoor gemiddeld het meest.

Let wel, het rendement van de diverse systemen is verschillend. Je moet uiteraard ook alleen die installaties vergelijken die kunnen toegepast worden in jouw project en die voldoende vermogen hebben.

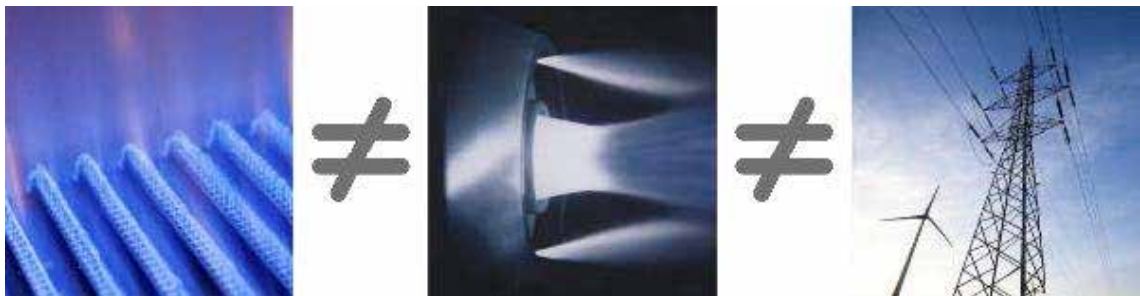
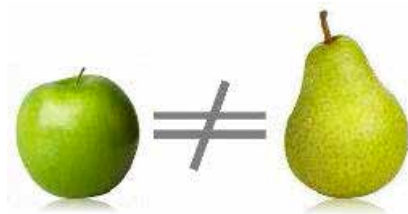
De tabel op de volgende pagina vat deze informatie nog eens allemaal samen.

Type armtepomp	Extra info	Kostprijs	Bron
Meest geplaatste vermogen: 8kW voor een gebouw van 140-200m ² (40-60W/m ²) [ODE-WPP] Alle prijzen incl. plaatsing, incl. btw, excl. premies			
Lucht/lucht multisplit	Met 1 buitenunit en 2 binnenunits Met 1 buitenunit en 3 binnenunits Exclusief warmwaterproductie Typische SPF = 4 (opm.: geen volledige woning)	Vanaf € 800 à € 000 € 750	[ATTB] [ODE-WPP]
Lucht/Water split	Exclusief radiatoren of vloerverwarming Inclusief warmwaterproductie Typische SPF = 3.7 (opm.: volledige woning)	Vanaf € 2 000 € 850	[ATTB] [ODE-WPP]
Bodem/water, horizontale BWW monoblok	Exclusief radiatoren of vloerverwarming Inclusief warmwaterproductie (opm.: volledige woning)	Vanaf € 3 500	[ATTB]
Bodem/water, verticale BWW monoblok	Exclusief radiatoren of vloerverwarming Typische SPF = 4.8 Inclusief warmwaterproductie (opm.: volledige woning)	Vanaf € 6 000 € 7 370	[ATTB] [ODE-WPP]
Water/water monoblok	Exclusief radiatoren of vloerverwarming Inclusief warmwaterproductie (opm.: volledige woning)	Vanaf € 8 000	[ATTB]
Warmtepompboiler	3.5	Vanaf € 600	[ATTB]

Tabel 12: : Overzicht richtprijzen residentiële warmtepompinstallaties [ATTB en ODE-WPP].

12. Warmtepompen vergelijken met gas- en stookolieketels

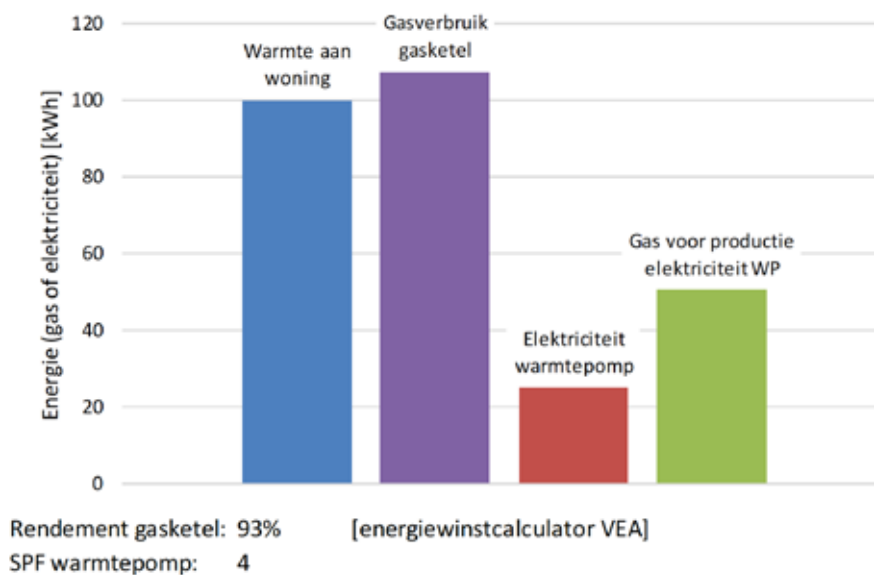
De uitdrukking ‘appelen met peren vergelijken’ geldt ook als elektrische warmtepompen met bijvoorbeeld gasketels vergeleken worden. Om het elektrische energiegebruik van elektrische warmtepompen met gas- of stookolieketels en WKK's (warmtekrachtkoppeling) te vergelijken, is het nodig om de juiste energiestromen met elkaar te vergelijken.



Figuur 55: Hoe elektrische warmtepompen, gaswarmtepompen, gasketels, stookolieketels, ... vergelijken?

12.1. Elektrische warmtepomp t.o.v. condenserende gasketel

De meest voorkomende verwarmingstoestellen zijn een condenserende gasketel en een elektrische warmtepomp. Als beide 100 kWh warmte moeten leveren, betekent het gebruik van een elektrische warmtepomp (met een SPF van 4) 53% besparing in gasverbruik, als we er van uitgaan dat elektriciteit in een gascentrale wordt geproduceerd.



Figuur 56: Vergelijking tussen een elektrische warmtepomp en een condenserende gasketel.

De berekening achter deze vergelijking wordt besproken in Module 3.

12.2. Op basis van primaire energie

Eén manier om de vergelijking tussen verschillende toestellen te maken is door alle energiestromen om te rekenen naar 'primaire' energie. De energieprestatieregelgeving EPB hanteert deze methode bijvoorbeeld.

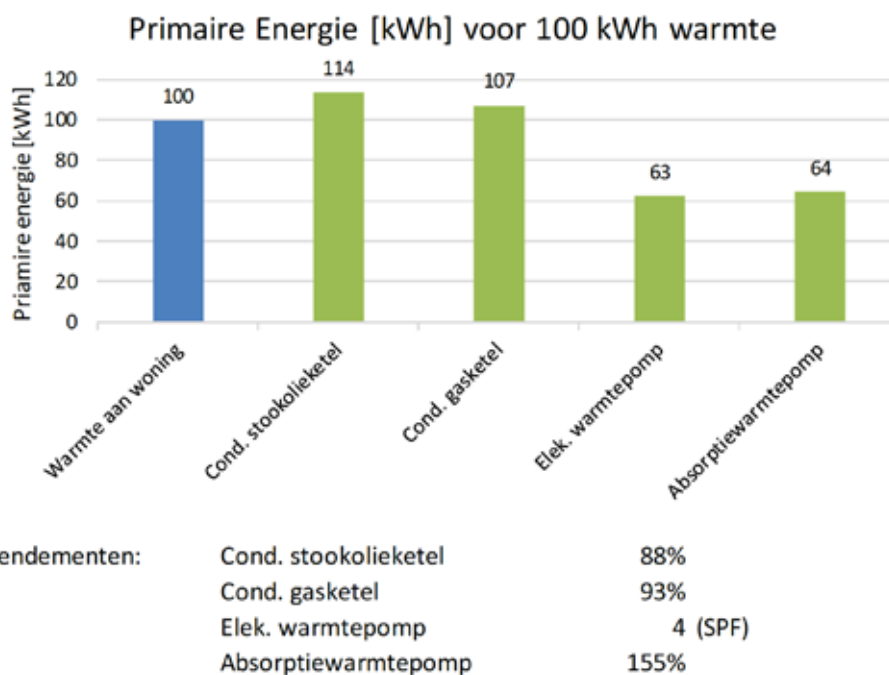
Primaire energie is de fossiele of nucleaire energie die nodig is om een andere energiestroom te produceren.

Nuttige energie	Primaire energie
1 kWh aardgas	1 kWh
1 kWh stookolie	1 kWh
1 kWh elektriciteit	2.5 kWh (deze waarde wordt 2.1 kWh in de toekomst)

Tabel 13: Omzetting naar primaire energie.

Merk hierbij op dat, ondanks de ontginning, productie en transport van aardgas en stookolie ook energieverlies met zich meebrengt, dit in berekeningen van primaire energie niet wordt meegeteld. Voor elektriciteit wordt typisch met een gemiddeld productierendement van 40% gerekend ($\frac{1}{0.40} = 2.5$). In de toekomst wordt dit 48% ($\frac{1}{0.48} = 2.1$).

Het onderstaande schema (Figuur 57) geeft duidelijk het primaire energievoordeel aan van een warmtepomp ten opzichte van een stookolie of gasketel. Voor elk toestel wordt weergegeven hoeveel primaire energie er nodig is om 100kWh warmte te produceren.



Figuur 57: Vergelijking van de nodige hoeveelheid primaire energie voor de levering van 100kWh warmte. (WKK: incl. 70kWh elektriciteit!).

De berekening achter deze vergelijking wordt besproken in Module 3. Voor WKK is de vergelijking complexer, deze wordt in detail bekeken in Module 3.

12.3. Op basis van CO₂ uitstoot

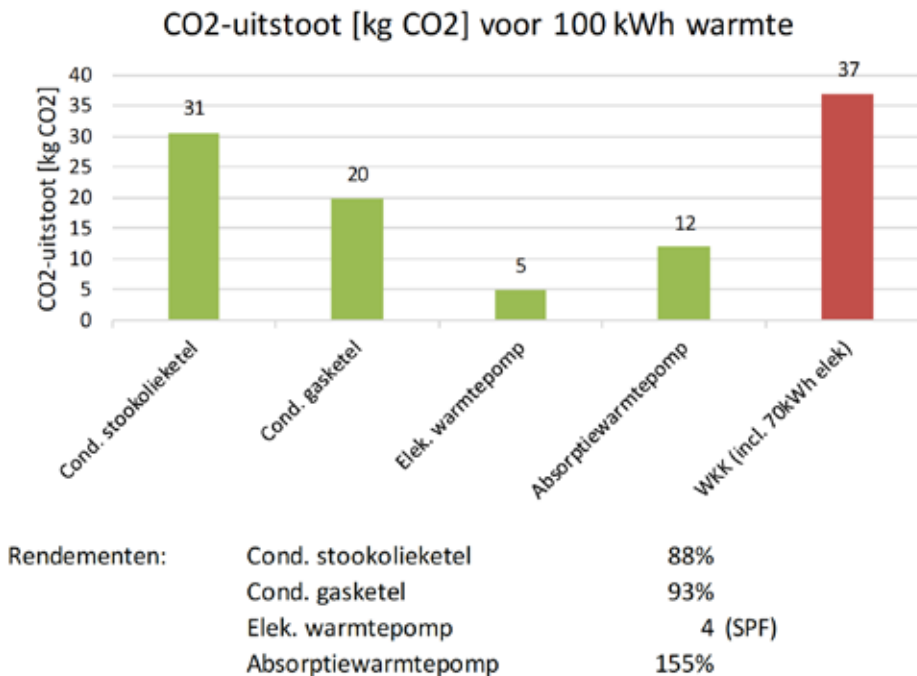
Een andere vergelijkingsbasis is de uitstoot van CO₂. CO₂ is het meest voorkomende broeikasgas en, aangezien het doel van de energietransitie is om tot een CO₂-vrije samenleving te komen, is een vergelijking op basis van CO₂ misschien wel de meest eerlijke.

Tabel 14 geeft aan hoeveel CO₂ er uitgestoten wordt door het gebruik van 1 kWh gas, stookolie en elektriciteit.

Energiebron	CO ₂ -uitstoot
Stookolie	270 g/kWh
Gas	185 g/kWh
Elektriciteit	200 g/kWh

Tabel 14: CO₂-emissiefactoren van gas, stookolie en elektriciteit (gemiddelde van het productiepark).

Figuur 57 toont dan de CO₂-uitstoot van de verschillende verwarmingstoestellen.



Figuur 58: Vergelijking van de CO₂ uitstoot voor de levering van 100 kWh warmte. (WKK: incl. 70kWh elektriciteit!).

De berekening achter deze vergelijking wordt besproken in Module 3.

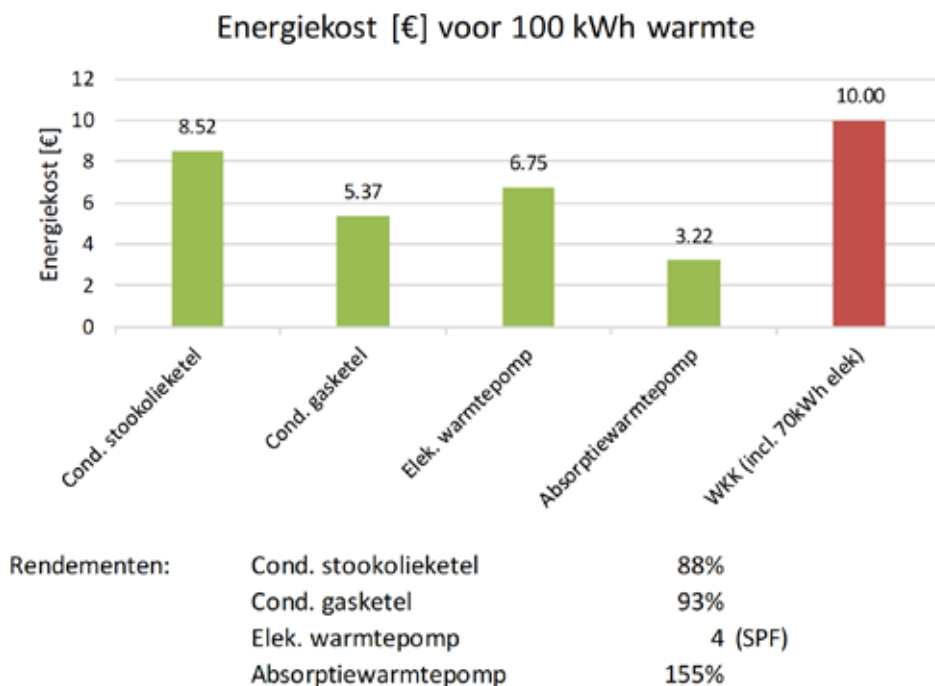
12.4. Op basis van energiekosten

De huidige elektriciteits-, gas- en stookolietarieven zijn gemiddeld zoals getoond in Tabel 15.

Energiebron	Energieprijs
Stookolie	0,75 €/liter = 0,075 €/kWh
Gas	0,05 €/kWh
Elektriciteit	0,27 €/kWh

Tabel 15: Huidige energieprijzen [VREG, Evolutie van de totale elektriciteits- en aardgasrijzen (incl. BTW) voor huishoudelijke afnemers cat. Dc+D3; Informazout 29/08/2018, minder dan 2000 liter].

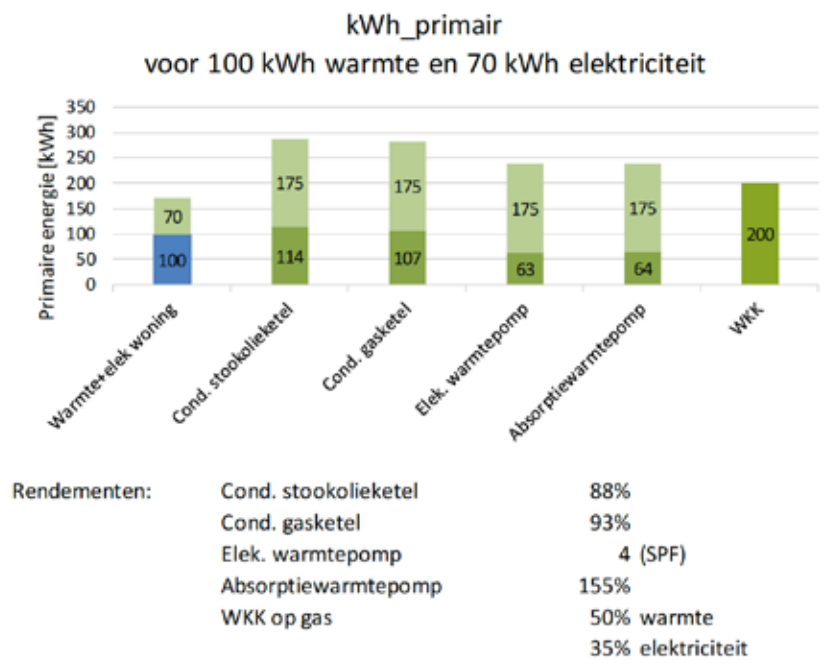
Dit wil zeggen dat momenteel elektriciteit meer dan 5 keer duurder is dan gas en meer dan 3,5 keer duurder dan stookolie. Dit betekent dus dat een elektrische warmtepomp, ondanks het duidelijke voordeel op vlak van energiebesparing en CO₂-uitstoot, door de huidige taken op elektriciteit een hogere energiekost heeft!



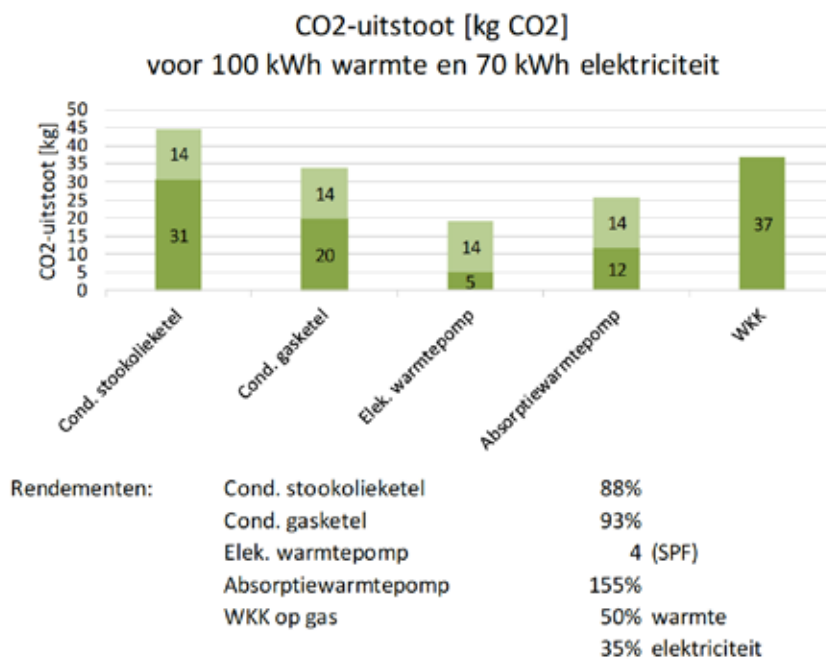
Figuur 59: Vergelijking van de energiekost voor de levering van 100 kWh warmte. (WKK: incl. 70kWh elektriciteit!) (energieprijzen: 08/2018).

12.5. Warmtepompen, ketels en WKK

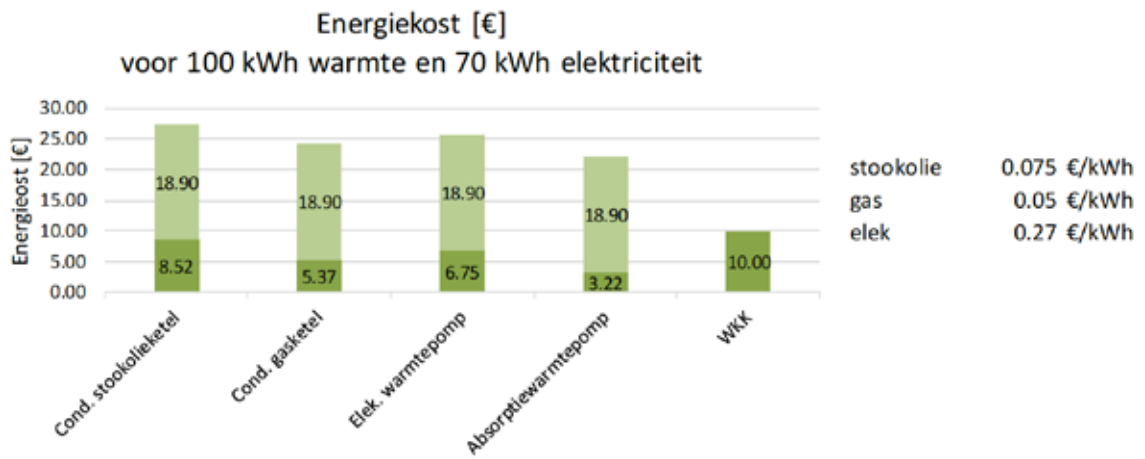
Een WKK produceert naast warmte ook elektriciteit. Daarom moet bij een vergelijking tussen warmtepompen, ketels en WKK, ook de productie van deze elektriciteit meegenomen worden. De onderstaande figuren geven het overzicht van deze vergelijking.



Figuur 60: Vergelijking tussen warmtepomp, ketel en WKK op basis van primaire energie.



Figuur 61: Vergelijking tussen warmtepomp, ketel en WKK op basis van CO₂-uitstoot.



stookolie 0.075 €/kWh
gas 0.05 €/kWh
elek 0.27 €/kWh

Rendementen:	Cond. stookolieketel	88%
	Cond. gasketel	93%
	Elek. warmtepomp	4 (SPF)
	Absorptiewarmtepomp	155%
	WKK op gas	50% warmte 35% elektriciteit

*Figuur 62:
Vergelijking tussen
warmtepomp, ketel
en WKK op basis
van energiekost.*

13. Nuttige links



Werking gasabsorptiewarmtepomp



<http://climaways.be/robur/technologiegasabsorptiewarmtepomp/>



Werking warmtepomp [nathan.be]



<https://youtu.be/XX3qUXlwjXI>



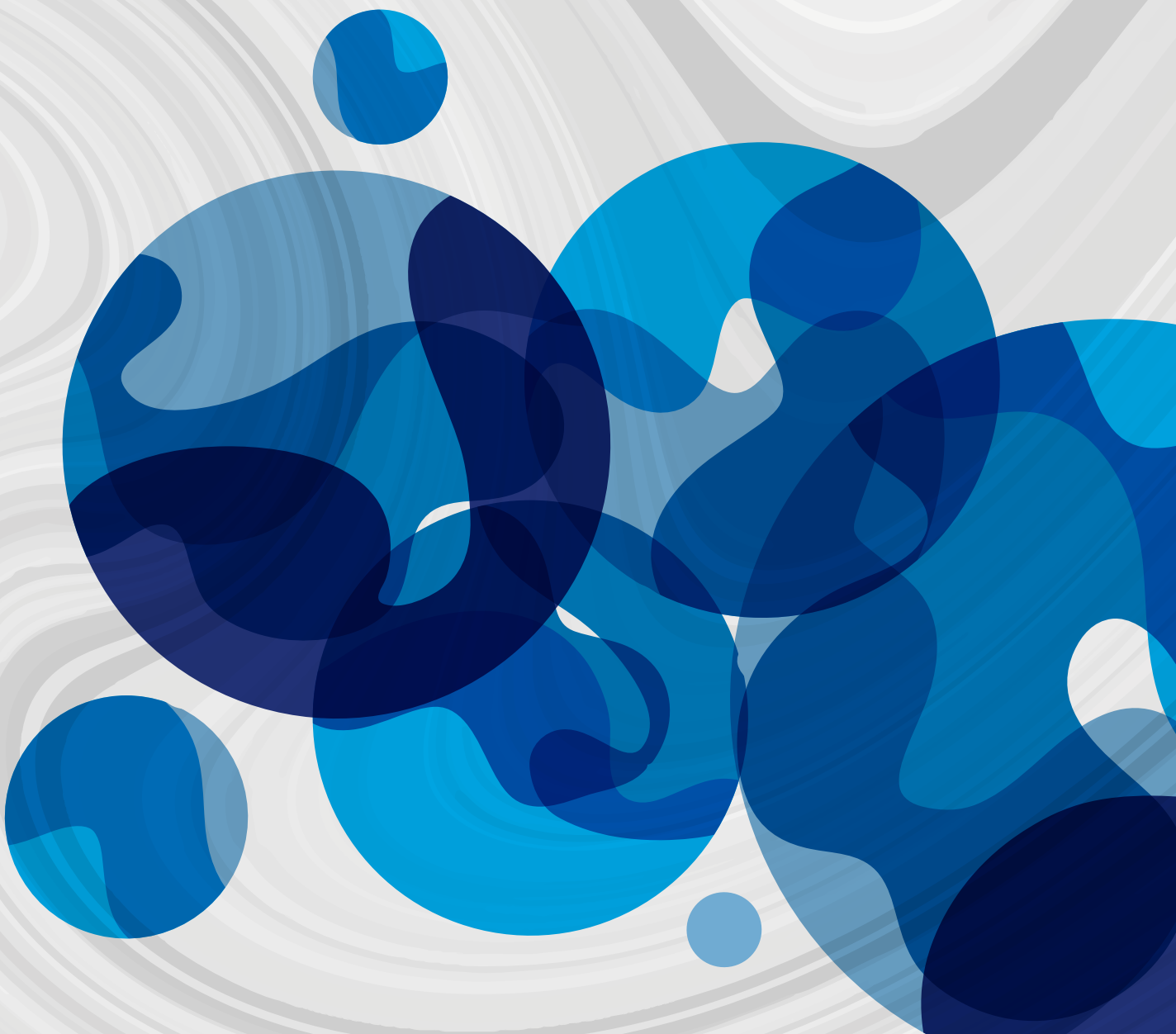
Werking van een vierweg-klep



<https://youtu.be/6Wt-JJ3JpzE>
<https://youtu.be/8jr9d3KlfwY>

Module 2

Stap-voor-stap

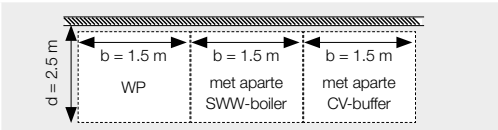
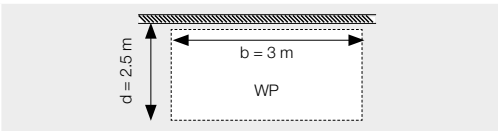
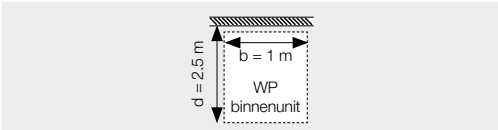


14. Haalbaarheid van een warmtepomp

Het haalbaarheidsschema is een handig hulpmiddel om te bepalen welke warmtepomp en welke warmtebron mogelijk is. In dat geval is een warmtepompinstallatie voor een ééngzinswoning zeker haalbaar. Indien niet, kan een warmtepomp nog altijd, maar moet meer in detail gekeken worden wat de mogelijkheden zijn. Techlink, WPP en COGEN hebben een tool ontwikkeld die de technische haalbaarheid van een warmtepomp bepaalt op basis van enkele vragen. Je kan deze tool raadplegen op www.kiesjeverwarming.be.

Verwarming	Type	Opstelling	Bron	Afgifte
Water: Taanvoer < 45°C (liefst lager) mogelijk? Vloer-, wand- of plafondverwarming, grote radiatoren, ventilo-convectoren	Elektrisch Gasabsorptie	Monoblok binnen Monoblok buiten	Lucht Bodem Water	Water
	Elektrisch	Split	Lucht	Water
Water: Taanvoer > 45°C noodzakelijk, maar met stooklijn vaak < 45°C ? Radiatoren, ventilo-convectoren	Elektrisch HT Gasabsorptie	Monoblok binnen Monoblok buiten	Lucht Bodem Water	Water
	Hybride WP/ketel	Monoblok binnen	Lucht Bodem Water	Water
Directe expansie: Wand- of plafondunits mogelijk?	Elektrisch	Split/multi-split	Lucht	Lucht
Luchtverwarming (distributie via lucht) mogelijk?	Elektrisch Gasabsorptie	Monoblok binnen Monoblok buiten	Lucht Bodem Water	Lucht
Verwarming	Type	Opstelling	Bron	Afgifte
Combi-warmtepomp: CV en SWW door één WP Opslagboiler is noodzakelijk Geïntegreerd of apart geplaatst	Elektrisch Elektrisch HT Gasabsorptie	Monoblok binnen Monoblok buiten	Lucht Bodem Water	Water
	Hybride WP/ketel	Monoblok binnen	Lucht Bodem Water	Water
	Elektrisch	Split	Lucht	Water
Aparte warmtepomp voor SWW	Warmtepompboiler	Monoblok binnen	Afvoerlucht	Water

Beschikbare energievoorziening?	Type
Elektrisch net: 400V/3f+N beschikbaar	→ Elektrische warmtepomp is mogelijk
Elektrisch net: 230V/1f beschikbaar	→ Elektrische warmtepomp < 10kW is mogelijk
Gasnet beschikbaar	→ Gasabsorptiewarmtepomp is mogelijk

Is er binnen voldoende plaats voor de warmtepomp?	Type	Opstelling	Bron	Afgifte
<p>Richtwaarden residentiële warmtepompen! Controleer altijd richtlijnen fabrikant. Hoogte (kantelmaat, aansluitingen): bv. 2,1m</p> 	→ Elektrisch Elektrisch HT Gasabsorptie Hybride WP/ketel	Monoblok binnen	Bodem Water	Water
	→ Elektrisch Hybride WP/ketel	Monoblok binnen	Lucht	Lucht Water
	→ Elektrisch	Split	Lucht	Water
Geen specifieke eisen voor de warmtepomp-binneneenheid	→ Elektrisch Gasabsorptie	Monoblok buiten	Lucht Bodem Water	Lucht Water
	→ Elektrisch	Split/Multi-split	Lucht	Lucht

Welke warmtebronnen zijn mogelijk?

Nodige buitenoppervlakte
Doorgang vrachtwagen



Verticale bodemwarmtewisselaar *

Grondwater *

**Check bodemeigenschappen en warmtelast*

Nodige buitenopp. > 2 x vloeroppervlakte
Doorgang graafmachine



Horizontale bodemwarmtewisselaar *

**Check bodemeigenschappen en warmtelast*

Opstelling met voldoende luchtdoorstroming
Geluidsproductie (€40-60db(A))



Buitenlucht

Voldoende luchtdebiet beschikbaar?



Afvoerlucht

Is er koeling nodig?**Passieve koeling:**

Direct via bodemkoude
Afgiftesysteem verwarming ook gebruikt voor koeling



Verticale bodemwarmtewisselaar *

Grondwater *

** Check bodemeigenschappen, koellast gebouw en beschikbaar koelvermogen afgiftesysteem*

Actieve koeling:

Warmtepomp als koelmachine
Specifiek afgiftesysteem koeling vereist



Buitenlucht

Verticale bodemwarmtewisselaar *

Grondwater *

**Check bodemeigenschappen en koudelast*

Figuur 60 : Controle haalbaarheid voor de mogelijkheid van een warmtepomp in een ééngezinswoning.

15. Betrokken partijen

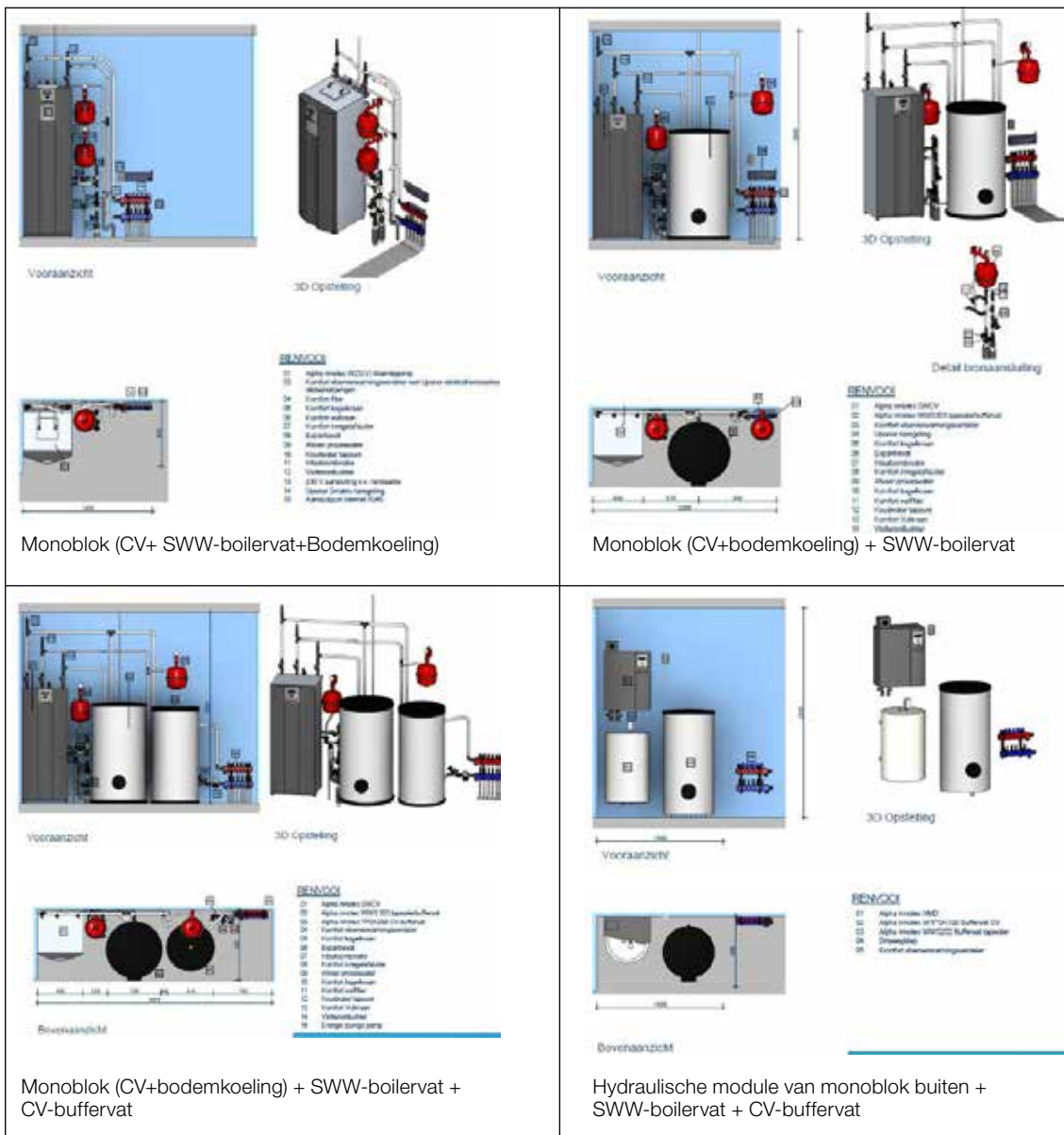
Verschillende partijen zijn betrokken bij een warmtepompproject. De onderstaande tabel geeft een overzicht hiervan samen met hun verschillende verantwoordelijkheden.

Partij	Contract opmaak	Voorontwerp	Detailontwerp	Installatie	Indienststelling	Onderhoud
Eigenaar	x					
Architect	x	x				
Raadgevend ingenieur		x	x	x	x	
EPB-verslaggever		x			x	
Milieudienst		x			x	
Installateur		x	x	x	x	x
Koeltechniker		x	x	x	x	x
Putboorder		x	x	x	x	x
Nutsmaatschappij		x			x	
Elektro-installateur			x	x	x	
Dakwerker				x		

Tabel 16: Verschillende partijen en hun verantwoordelijkheden

16. Benodigde plaats

Een warmtepompinstallatie heeft, net als elke andere verwarmingsinstallatie, uiteraard plaats nodig. Een warmtepomp zelf heeft een breedte nodig gelijkaardig aan deze nodig voor een gasketel of bijvoorbeeld een wasmachine. Uiteraard is er ook nog plaats nodig voor hydraulische aansluitingen, het eventuele buffervat of warmwaterboiler of bijvoorbeeld de bodemkoeling-module.



Figuur 64: Voorbeelden van opstellingstekeningen met bemating.

Voor een split-warmtepomp is er binnen in het gebouw enkel de plaats nodig voor de ventilconvectoren en de koelmiddelleidingen tussen de buiten en binnen-unit.

17. Stap-voor-stap: een renovatie

Een half-open woning, typisch voor de periode 1971-1990, wordt gerenoveerd en voorzien van een warmtepompinstallatie. We bekijken twee gevallen:

- Een standaard renovatie: nieuwe ramen, spouwmuurisolatie en isoleren van de zoldervloer. De bestaande radiatoren worden behouden indien mogelijk
- Een grondige renovatie naar BEN-niveau. Overal wordt vloerverwarming aangelegd.

De gegevens van deze woning komen uit de Belgische bijlage van het TABULA-project (www.building-typology.eu), waarin typische woningen voor verschillende periodes worden beschreven.

17.1. Gegevens van de woning: halfopen bebouwing typisch voor 1971-1990



*Figuur 65 :
Driegevelwoning typisch voor de periode 1971-1990.*

Woningtype: Halfopen bebouwing

Bouwperiode: 1971-1990

Verwarmde vloeroppervlakte (m²): 158 m²

Beschermd volume (m³): 394 m³

Totale verliesoppervlakte (m²): 333 m²

Compactheid = 1.18 (=beschermd volume/verliesoppervlakte)

De zolder is niet in gebruik en wordt niet meegerekend in het beschermd volume.

Huidig verbruik aan stookolie: 2450 liter (=24500 kWh = 155 kWh/m² = 62 kWh/m³)

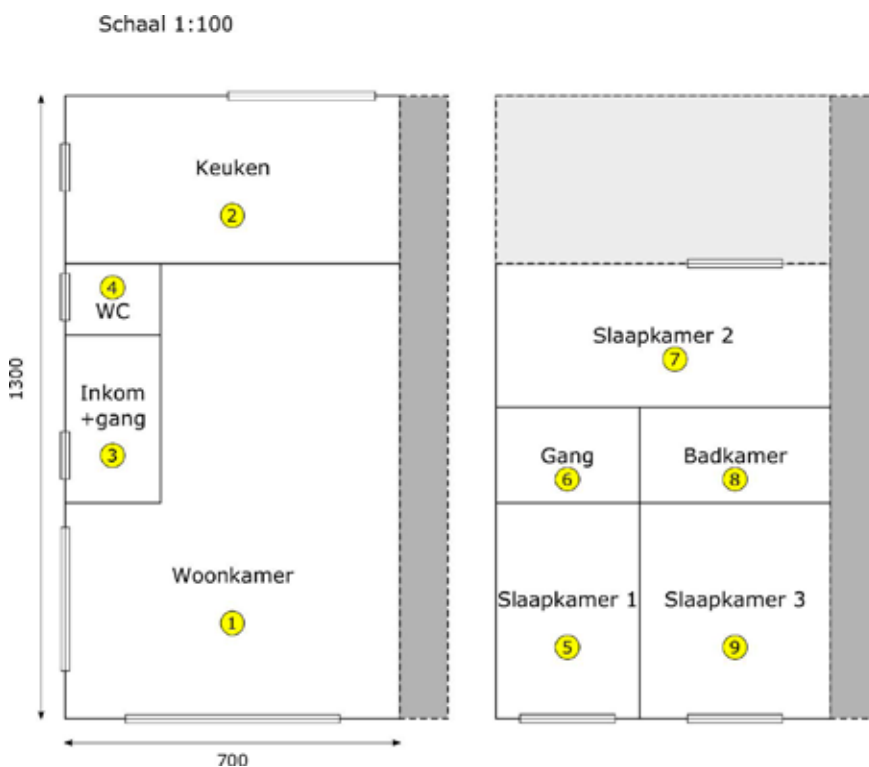
17.2. Grondplannen, muren, ramen en installatie

In de huidige toestand is de woning niet geïsoleerd en heeft ze een eerste generatie dubbele beglazing. De woning wordt verwarmd met combi-stookolieketel die ook het warm water buffervat opwarmt. Ventilatie is niet aanwezig.

Constructie	Beschrijving	U-Waarde (W/m ² K)
Hellend dak	4 cm isolatie tussen de kepers	0,85
Plat dak	4 cm isolatie op beton	0,68
Gevel	Niet geïsoleerde spouwmuur	1,52
Vloer	Vloer op volle grond (2cm isolatie)	0,85
Raam	Dubbel glas	3,5
Deur	Hout, niet geïsoleerd	4

Tabel 17 : Gegevens muren e.d. van de niet-gerenoveerde woning.

De onderstaande figuur toont benaderend de grondplannen van de driegevelwoning



Figuur 66 : Plattegrond van de voorbeeldwoning.

De oppervlakte van de verschillende ruimtes is weergegeven in de onderstaand tabel. De hoogte wordt overal gelijk aan 2,5m verondersteld.

Ruimte	Oppervlakte (m ²)
Living	56.5
Keuken	24.5
Gang GLV	7.0
WC	3.0
Slaapkamer 1	13.5
Gang VERD	6.0
Slaapkamer 2	21.0
Badkamer	8.0
Slaapkamer 3	18.0

Tabel 18 : Oppervlakte van de ruimtes in de voorbeeldwoning

17.3. Inschatten vermogen bestaande installatie

17.3.1 De ketel

Het kenplaatje ketel van de ketel geeft 43kW aan.
Ter info voor oude installaties: 1 kW = 860 kcal/uur

17.3.2 De bestaande radiatoren

Het temperatuurregime van de bestaande stalen ledenradiatoren is 90/70/20°C. Dit is af te lezen op de regeling van de ketel (ingestelde stooklijn) of eventueel op te meten. De gemiddelde verwarmingstemperatuur is dus 80°C.

De bestaande radiatoren zijn stalen ledenradiatoren met een hoogte van 600mm en een diepte van 160mm. De overzichtstabel uit de bijlage (§18.1) geeft voor deze radiatoren en een gemiddelde watertemperatuur van 80°C een vermogen van 99W/radiatorelement.

Ruimte	Aantal elementen per ruimte	Radiatorlengte (m) (@ 50mm/element)	Geschat vermogen (W) per radiator (@ 99W/element, 90/70/20)
Living	143	7.15	14157
Keuken	88	4.4	8712
Gang GLV	21	1.05	2079
WC	7	0.35	693
Slaapkamer 1	40	2.0	3960
Gang VERD	14	0.7	1386
Slaapkamer 2	56	2.8	5544
Badkamer	27	1.35	2673
Slaapkamer 3	42	2.1	4158

Tabel 19 : Vermogen van de bestaande radiatoren in de voorbeeldwoning.

Dit geeft een totaal opgesteld radiatorvermogen van 43,4 kW. Dit is iets groter dan het opgestelde ketelvermogen.

Het is ook belangrijk om de waterdebieten en buisdiameters te bekijken. Voor de bestaande situatie geeft dit het volgende overzicht:

Ruimte	Debiet (m ³ /u)	Leidingmaat (staal)
Living	0.61	DN25
Keuken	0.37	DN20
Gang GLV	0.09	DN10
WC	0.03	DN10
Slaapkamer 1	0.17	DN15
Gang VERD	0.06	DN10
Slaapkamer 2	0.24	DN15
Badkamer	0.11	DN10
Slaapkamer 3	0.18	DN15
Totaal	1.84	DN32

Tabel 20 : Debieten en leidingdiameters in de bestaande toestand van de voorbeeldwoning.

17.3.3. Overdimensionering

Om een idee te vormen van de overdimensionering van de ketel wordt het aantal vollasturen berekend aan de hand van het huidige verbruik van 2450 liter stookolie (zie Module 3, §3.2.3):

$$2450 \times 10 / 40 = 24500 \text{ kWh} / 40 = 619 \text{ vollasturen}$$

Het minimaal aantal vollasturen volgens de SenterNovem tabel (Module 3, §3.2.2) is 1200 vollasturen. Een ketel die dezelfde hoeveelheid stookolie zou verbruiken, maar met dit aantal vollasturen, zou een vermogen hebben van :

$$2450 \times 10 / 1200 = 20,4 \text{ kW}$$

De overdimensionering van de ketel ten opzichte van een ketel met normaal aantal vollasturen:

$$43 / 20,4 = 2,1: \text{ de ketel heeft meer dan twee keer te veel vermogen}$$

17.4. Standaard renovatie

Bij de standaard renovatie wordt de spouwmuur geïsoleerd, de ramen (inclusief raamkader) worden vervangen en de zoldervloer wordt geïsoleerd tussen de houten balken. Ventilatie wordt enkel voorzien via natuurlijk toevoer. Dit geeft het volgende overzicht:

Ruimte	Beschrijving	U-Waarde (W/m ² K)
Hellend dak	4 cm isolatie tussen de kepers	0,85
Plat dak	4 cm isolatie op beton	0,68
Gevel	Spouwmuur met opgespoten spouw	0,60
Vloer	Vloer op volle grond (2 cm isolatie)	0,85
Raam	Dubbel glas	1,6
Deur	Hout, geïsoleerd	2

Tabel 21: Gegevens muren e.d. van de gerenoveerde woning.

17.4.1. Warmtelast op basis van EN12831

Een gedetailleerde berekening op basis van de norm EN12831 geeft het volgende overzicht voor de verschillende kamers en voor de volledige woning (m.b.v. WTGB rekenblad).

Enkele parameters ter info:

- Infiltratie n50 = 4
- Opwarmtijd = 4 uur
- Temperatuurdaling = 3 K

Verwarmingsvermogen					
Gebouw					
		Warmteverliezen door transmissie	Warmteverliezen door ventilatie	Opwarmvermogen	Totale warmteverliezen
		$\Phi_{T,i}$ W	$\Phi_{V,i}$ W	$\Phi_{RH,i}$ W	Φ_{HL} W
		6324	2658	2835	11817
Verwarmde ruimten					
		Warmteverliezen door transmissie	Warmteverliezen door ventilatie	Opwarmvermogen	Totale warmteverliezen
		$\Phi_{T,i}$ W	$\Phi_{V,i}$ W	$\Phi_{RH,i}$ W	$\Phi_{HL,i}$ W
1	Living	2318	1076	1017	4411
2	Keuken	1777	467	441	2685
3	Gang gelijkvloers	256	114	126	497
4	WC	39	49	54	142
5	Slaapkamer 1	398	221	243	862
6	Gang verdiep	73	98	108	279
7	Slaapkamer 2	508	343	378	1229
8	Badkamer	597	174	144	915
9	Slaapkamer 3	356	294	324	974

Tabel 22: Warmtelast volgens EN12831 van de gerenoveerde woning.

Het nodige vermogen door deze renovatie is gedaald van 20,4 kW naar 11,8 kW.

17.4.2. Herbruik van de bestaande radiatoren

Bij de standaard renovatie is het de bedoeling om de bestaande radiatoren te herbruiken, maar dan op een ander temperatuurregime. We willen nagaan of de radiatoren geschikt zijn om het nieuwe vermogen te leveren aan een ander waterregime.

Aan de hand van de omreken tabel (Bijlage §5.1) wordt het vermogen van de opgestelde radiatoren bij het regime 50/40/20 en voor 45/35/20 berekend:

Ruimte	Vermogen (W)			
	(90/70/20)	(50/40/20)	(45/35/20)	(nodig volgens N12831)
Living	14157	4512	3341	4411
Keuken	8712	2776	2056	2685
Gang gelijkvloers	2079	663	491	497
WC	693	221	164	142
Slaapkamer 1	3960	1262	935	862
Gang verdiep	1386	442	327	279
Slaapkamer 2	5544	1767	1308	1229
Badkamer	2673	852	631	915
Slaapkamer 3	4158	1325	981	974

Tabel 23: Beschikbaar vermogen van de bestaande radiatoren bij het nieuwe waterregime.

Deze berekening toont aan dat een waterregime 45/35/20 ontoereikend is om het gevraagde vermogen te leveren met de bestaande radiatoren. Het regime 50/40/20 kan wel, behalve voor de badkamer.

Voor de badkamer wordt geopteerd om een bijkomende handdoekdroger te plaatsen die het eventuele tekort aan vermogen kan opvangen.

In de volgende stap wordt gekeken of met het nieuwe temperatuurregime de bestaande leidingdiameters nog toereikend zijn.

Ruimte	Bestaande leidingmaat	Nieuw debiet	Vereiste leidingmaat
	(staal)	(m ³ /u)	(staal, @ 150 Pa/m)
Living	DN25	0.39	DN20
Keuken	DN20	0.24	DN15
Gang gelijkvloers	DN10	0.06	DN10
WC	DN10	0.02	DN10
Slaapkamer 1	DN15	0.11	DN10
Gang verdiep	DN10	0.04	DN10
Slaapkamer 2	DN15	0.15	DN15
Badkamer	DN10	0.07	DN10
Slaapkamer 3	DN15	0.14	DN10
Totaal	DN32	1.19	DN32

Tabel 24: Debieten en leidingdiameters voor de gerenoveerde woning.

Hieruit volgt dat de bestaande leidingdiameters ook voldoende zijn om bij het kleinere temperatuurverschil tussen aanvoer en terugvoer (10°C ipv 20°C) het nodig vermogen te leveren. Een vervanging is in dit geval dus niet nodig.

Het nodige totale debiet daalt van 1,84 m³/u naar 1,19 m³/u. Dit zal een positieve invloed hebben op de pompenergie.

17.4.3. Sanitair warm water productie

De woning wordt bewoond door 4 personen. Het sanitair warm water wordt ook door de warmtepomp voorzien. Aan de hand van de formules uit Module 3, §3.3 of het daar getoonde nomogram wordt een nodig opslagvolume van 224 liter berekend. Er wordt een opslagvat voor warm water van 250 liter geïnstalleerd.

Het vermogen dat nodig is om dit opslagvat op 4uur tijd op te warmen is 3,3 kW.

17.5. Vermogen van de warmtepomp en installatieconcept

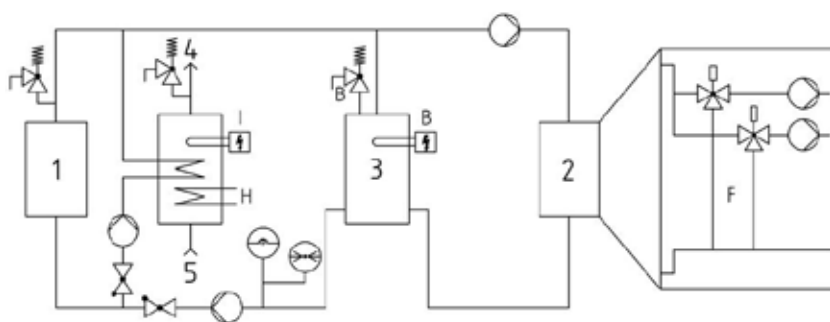
De keuze voor een concept van 100% opslag van warm water betekent dat de warmtepomp het SWW-opslagvat 's nachts zal opwarmen. Het totaal warmtepompvermogen is dus:

$$Q_{WP} = \max(Q_H, Q_{SWW}) = 11,8 \text{ kW.}$$

Er wordt gekozen om een warmtepomp te installeren die 12 kW levert bij een regime van 50/40/20 en een buitentemperatuur van -8°C voor lucht/water warmtepompen (de temperatuur waarbij volgens EN12831 het verwarmingsvermogen is berekend)

LET OP: bij de keuze van een warmtepomp uit een catalogus dat een type wordt gekozen dat het gevraagde vermogen bij de juiste temperatuurcondities levert.

Het warmtepompconcept wordt in dit geval (uit EN15450)



a) buffer storage in parallel, internal DHW HX

Met

1. Warmtepomp
2. Verwarmingskringen
3. Verwarmingsbuffer
4. Sanitair warm water opslagvat
5. Koud water toevoer

Figuur 67: Principeschema van de warmtepompinstallatie in de gerenoveerde woning.

17.6. Energieverbruik van de woning inschatten

Het energieverbruik voor verwarming van een woning inschatten is niet eenvoudig. Aan de hand van de ruwe benaderingen via het aantal vollasturen wordt een geschatte waarde berekend (typische waarden tussen 1200 en 2000 vollasturen).

- Met 1500 vollasturen: 18000 kWh/jaar

Om verdere berekeningen (o.a. de dimensionering van de verticale bodemwarmtewisselaars) te kunnen maken, wordt hier een energieverbruik voor de verwarming van de woning van 18000 kWh/jaar verondersteld.

Het energieverbruik voor de productie van sanitair warm water:

$$\frac{\text{Gebruikt aantal liter}}{\text{dag}} \times \frac{\text{aantal dagen}}{\text{jaar}} \times \text{warmtecapaciteit water} \times \frac{\text{Gebruikstemp.} - \text{koud watertemp.}}{3600}$$

$$\rightarrow 200 \times 365 \times 4,19 \times (40-10)/3600 = 2549 \text{ kWh/jaar}$$

17.7. Keuze van de warmtepomp en schatting van het energiegebruik van de warmtepomp

Voor een lucht/water warmtepomp van 12kW (bij een werkpunt A-8/W50) geeft de documentatie van een warmtepomp een verdampervermogen van 6,8 kW .

- Bijhorend elektrisch vermogen: 5,2 kW
- Bijhorende COP: 2,3
- Energielabel A+
- Energielabel voor warm water productie is A (medium profiel)

LET OP: A-8/W50 is geen nominaal werkpunt waarvan de documentatie in databladen is terug te vinden. Deze warmtepomp heeft als nominale conditie A2/W35:

- Verwarmingsvermogen van 8,5 kW
- Bijhorend elektrisch vermogen van 2,18 kW
- Bijhorende COP van 3,9

Voor een lucht/water gasabsorptie warmtepomp geeft de documentatie:

- 'gas usage efficiency': 169% (169kWh warmte voor 100kWh gas) bij A7/W35
- Energielabel A++
- Energielabel voor warm water productie is A (medium profiel)

Voor een bodem/water warmtepomp van 12kW (bij een werkingpunt B0/W50) geeft de documentatie van een warmtepomp een verdampervermogen van 8,4 kW .

- Bijhorend elektrisch vermogen: 3,6 kW
- Bijhorende COP: 3,33
- Energielabel A++
- Energielabel voor warm water productie is A (medium profiel)

LET OP: voor de dimensionering van een bodem/water warmtepomp wordt verondersteld dat de bodem niet onder de 0°C afgekoeld wordt.

Schatting van het energiegebruik van de warmtepomp moet de SCOP bepaald worden voor verwarming en voor de aanmaak van warm water (zie bijlage §18.2). Voor zowel de lucht/water, de lucht/water gasabsorptie als de bodem/water warmtepomp levert dit het volgende resultaat:

	Energielabel			Verdamper
			(kWh)	(kWh)
Lucht/water		SCOP	Compressor	
18000	A+	3.125	5760	
2549	A	2.5	1020	
Lucht/water (gasabsorptie)		η_s	Gas	
18000	A++	150	12000	
2549	A	100	2549	
Bodem/water		SCOP	Compressor	
18000	A++	3.75	4800	13200
2549	A	2.5	1020	1529

Tabel 25: SCOP van de mogelijke warmtepompen in de gerenoveerde woning.

Dit betekent dat op basis van de SCOP waarden van de warmtepompen, het energieverbruik voor verwarming en warm water gelijk zal zijn aan:

	kWh(elek) of kWh(gas)	kWh(primair)	m ³ gas
Lucht/water	6780	16949	
Lucht/water (gasabsorptie)	14549	14549	1323
Bodem/water	5820	14549	

Tabel 26: Geschat verbruik aan elektriciteit of gas voor de warmtepompen in de gerenoveerde woning.

17.8. Benaderende vergelijking tussen de energiekost van de warmtepompen en een condenserende gasketel

Met behulp van de rekentabel uit §4.2 kan een inschatting gemaakt worden van het verschil in energiekost tussen de warmtepompen en een condenserende gasketel.

Voor de lucht/water warmtepomp:

Gegevens gas en elektriciteit					
	Energiekost	Prim. energie factor	CO2-factor	Rendement	
	(€/kWh)	(kWh_prim/kWh)	(kg CO2/kWh)	(-)	
Gas	0.05	1	217	0.95	
Elek	0.27	2.5	253		
Gegevens warmtepompsysteem					
	Warmtevraag	SCOP			
Verwarming	18000	3.125			
Warm water	2549	2.5			
Totaal	20549	3.03			
Analyse	Warmte	Gas of elek.	Gas of elek.	Prim.	CO2
	(kWh)	(kWh)	(€)	(kWh)	(kg)
Gas	20549	21631	1082	21631	4694
Elek	20549	6780	1830	16949	1715
Verschil			69%	-22%	-63%

Tabel 27: Benaderende vergelijking tussen de energiekost van de L/W warmtepomp en een condenserende gasketel.

Voor de gasabsorptiewarmtepomp:

Gegevens gas					
	Energiekost	Prim. energie factor	CO2-factor	Rendement	
	(€/kWh)	(kWh_prim/kWh)	(kg CO2/kWh)	(-)	
Gas	0.05	1	183	0.95	
Gegevens warmtepompsysteem					
	Warmtevraag	η_s			
Verwarming	18000	150			
Warm water	2549	100			
Totaal	20549	141.24			
Analyse	Warmte	Gas of elek.	Gas of elek.	Prim.	CO2
	(kWh)	(kWh)	(€)	(kWh)	(kg)
Gasketel	20549	21631	1082	21631	3958
Gasabsorptie	20549	14549	727	14549	2662
Vershil			-33%	-33%	-33%

Tabel 28: Benaderende vergelijking tussen de energiekost van de gasabsorptie-warmtepomp en een condenserende gasketel.

Voor de bodem/water warmtepomp:

Gegevens gas en elektriciteit					
	Energiekost	Prim. energie factor	CO2-factor	Rendement	
	(€/kWh)	(kWh_prim/kWh)	(kg CO2/kWh)	(-)	
Gas	0.05	1	217	0.95	
Elek	0.27	2.5	253		
Gegevens warmtepompsysteem					
	Warmtevraag	SCOP			
Verwarming	18000	3.75			
Warm water	2549	2.5			
Totaal	20549	3.53			
Analyse	Warmte	Gas of elek.	Gas of elek.	Prim.	CO2
	(kWh)	(kWh)	(€)	(kWh)	(kg)
Gas	20549	21631	1082	21631	4694
Elek	20549	5820	1571	14549	1472
Vershil			45%	-33%	-69%

Tabel 29: Benaderende vergelijking tussen de energiekost van de B/W warmtepomp en een condenserende gasketel.

Hieruit blijkt dat de elektrische warmtepompen heel sterk presteren op energetisch vlak en op vlak van uitstoot van het broeikasgas CO₂, maar dat met de huidige lage gasprijzen en hoge elektriciteitsprijzen, de energiekost van de warmtepomp hoger ligt.

De gasabsorptiewarmtepomp levert een besparing aan energiekost, primaire energie en CO₂-uitstoot van:

$$33\% = \frac{\eta_{gasketel=0,95}}{\eta_{gasabsorptieWP=1,41}} - 1$$

17.9. Warmtebron

Om de warmtebron te kunnen dimensioneren is het nodig om het koelvermogen (verdamer) te kennen. Dit kan je halen uit:

- de databladen van de geselecteerde warmtepomp
- Of via $Q_{verdamer} = (1 - \frac{1}{SCOP}) Q_{condensor}$ (zie Module 1, Energiebalans van een warmtepomp)

17.9.1. Lucht

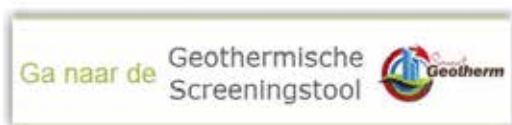
Bij de keuze van lucht als warmtebron is de dimensionering nu afgerond, vermits de luchtwarmtewisselaar integraal deel uitmaakt van de warmtepomp.

17.9.2. Bodemeigenschappen

Vooraleer te kunnen bekijken of een horizontaal captatienet of verticaal boorveld haalbaar zijn, zoeken we de eigenschappen van de bodem op via de online tool:

<http://www.smartgeotherm.be/geothermische-screeningstool/>

houdend met o.a. de warmtegeleidbaarheid van de ondergrond op de gekozen locatie, de opgegeven maximale boordiepte, de grootte van het beschikbare perceel.



Indien de eigenschappen van de ondergrond en de versisten vanuit de milieuwetgeving reeds gekend zijn, kan u via

Wachtwoord vergeten?

Wachtwoord vergeten?

Wachtwoord vergeten?

Ben mySmartGeotherm account aanvragen

Een willekeurig locatie in Mechelen wordt gekozen, met het onderstaande resultaat:

Algemene Informatie

Coördinaten (Lambert 72) : x 156372, y 191636
 Coördinaten (Lambert 2008) : x 656369, y 691637
 Nabij gelegen adres: Steenweg op Heindonk 164, 2801 Mechelen (Bron: AGIV)
 Beschermingszone: niet van toepassing

VLAREM Rubriek 55.1

Tabel enkel geldig voor boringen voor thermische energieopslag

Diepte	Vereisten
0 m - 2.5 m	niet ingedeeld*
2.5 m - 150.0 m	niet ingedeeld*
> 150.0 m	Klasse 2-rubriek

* niet-vergunningsplichtig en niet-meldingsplichtig door de exploitant/bouwheer

Warmtegeleidbaarheid

Diepte	Diepte	λ min	λ gem
Tot 100 m	100.0 m	1.5 W/mK	1.9 W/mK
Tot dieptecriterium	150.0 m	1.4 W/mK	1.7 W/mK
Tot vaste rots	288.4 m	1.6 W/mK	1.9 W/mK
Tot gekarteerde diepte	300.0 m	1.7 W/mK	1.9 W/mK

Hydrogeologie

HCOV-data aangeleverd door VMM			Interpretatie WTCB		
Naam HCOV-eenheid	dikte	diepte	type	λ min	λ gem
	(m)	(m)		(W/mK)	(W/mK)
Alluviale dekagen	3.5	3.5	zandh. klei	1.4	1.7
Deklagen (dekzanden)	3.1	6.7	zand	1.9	2.3
Pleistoceen van de Vlaamse Vallei	0.5	7.1	kleih. zand	1.8	2.1
Boom Aquitard	0.2	7.3	klei	1.2	1.5
Ruisbroek-Berg Aquifer	5.5	12.8	kleih. zand	1.8	2.1
Tongeren Aquitard	0.9	13.8	klei	1.2	1.5
Oligoceen Aquifersysteem	5.0	18.8	kleih. zand	1.8	2.1
Bartoon Aquitardsysteem	19.7	38.5	zandh. klei	1.4	1.7
Wemmel-Lede Aquifer	20.1	58.6	zand	1.9	2.3
Paniseliaan Aquitard	8.5	67.1	zandh. klei	1.4	1.7
Ieperiaan Aquifer	8.5	75.6	kleih. zand	1.8	2.1
Silt van Kortemark	1.0	76.5	leem	1.6	1.9
Ieperiaan Aquitardsysteem	91.4	168.0	klei	1.2	1.5
Landeniaan en Heersiaan Aquitard	45.5	213.5	zandh. klei	1.4	1.7
Krijt Aquifer	74.9	288.4	tufkrijt	2.3	2.3
Sokkel	11.6	300.0	prim. rots	2.4	2.4

De geologische opbouw wordt weergegeven tot een maximale diepte van 300 m. Deze opbouw is een interpretatie van onvoldedige data. Alle gegevens dienen steeds te worden bevestigd door verder onderzoek

Op basis van het HCOV-model (<http://dov.vlaanderen.be>)

Figuur 68: Bodemgegevens voor de geselecteerde locatie van de gerenoveerde woning.

17.9.3. Horizontaal captatienet

Het verdampervermogen moet het horizontaal captatienet kunnen leveren. De tabel voor 'vochtige grond' (bv. leem of zand/leem, zie Module 3, §2.2) en 1800 bedrijfsuren toont een leverbaar vermogen van 25 W/m².

Om het verdampervermogen van de bodem/water warmtepomp (zie hoger: 8400W) te kunnen leveren is er een vrije grondoppervlakte nodig van:

$$8400 / 25 = 336 \text{ m}^2$$

Als dit beschikbaar is, is een horizontaal captatienet mogelijk. Met PE-buizen van 25x2,3 is de nodige leidinglengte (zie Module 3, §2.2):

$$336 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m-buis/m}^2 = 672 \text{ m}$$

Met rollen van 100m (om de drukval te beperken), zijn dit dan:

$$672 / 100 \approx 7 \text{ circuits van } 100 \text{ m leiding}$$

17.9.4. Verticaal captatienet

Op dezelfde manier kan een verticaal captatienet gedimensioneerd worden. Uit de smartgeotherm screeningstool volgt:

- Een minimale warmtegeleidbaarheid van de bodem van 1,6W/mK
- Geen vergunning nodig tot 150m diepte

Uit de VDI4640 tabel (zie Module 3, §2.3) volgt een te onttrekken vermogen van 35 W/m boorlengte. Om het verdampervermogen van de warmtepomp te kunnen leveren is er dus een boorlengte nodig van:

$$8400 / 35 = 240 \text{ m boorlengte.}$$

Met de tool www.smartgeotherm.be/geothermische-screeningstool/ kan een gedetailleerde analyse gemaakt worden volgens de ISSO 73 methode:

onderstaande link ook rechtstreeks doorklikken naar de screeningstool voor het ontwerp van het boorveld.



Subscribe me

22/06/2014

De gegevens van dit project ingeven levert het volgende resultaat:

Screening boorveld

Gebouw

Gebouw woning

Maximum grootte boorveld

Lengte 10 m
Breedte 10 m
Diepte 150 m
Thermische geleidbaarheid 1.60 W/mK

Warmtepomp

COP Warmtelevering test 4.1
COP Warmtelevering ontwerp 3.5
Vermogen oondenseerzijde 12.0 kW
Vollasturen 1712 u

Thermische behoefte

Warmtevraag ruimte 18000 kWh/jaar
Warmtevraag sanitair warm water 2549 kWh/jaar
Warmtevraag totaal 20549 kWh/jaar
Afgiftetemperatuur 50°C
Koeling Passief
Koude behoefte 0 kWh/jaar
Beta factor 1.00

Warmtewisselaars

Type Dubbel U (geboord)
Vulmateriaal thermisch verbeterde grout (2.0)
Mediumtemperatuur -1°C
Opstellingsvorm 1x2
Aantal wisselaars 2
Onderlinge afstand 10 m

Resultaat

Totale lengte 251.40 m
Besluit Geothermie is mogelijk

Figuur 69 : Resultaat van de smartgeotherm screeningstool voor de gerenoveerde woning

Volgens deze methode zijn er 2 boringen van 125 m diepte (10 m uit elkaar) nodig als bron voor de bodem/water warmtepomp.



De link naar deze berekening in de screeningstool:



<http://tool.smartgeotherm.be/vbww/?warmtevraagRuimte=18000&warmtevraagWater=2549&copWtest=4.1&condensVermogen=12&pMax=12&pRuimte=12&pSww=3.3&diepte=150&lengte=10&breedte=10&thermGeleidbaarheid=1.6&mediumTemp=-1&wisselaarType=dubbel&vulmateriaal=grout2&passief=1&gebouwType=woning&fDeltaTemp=0&tAfg=50&version=3>

18. Bijlagen module 2

18.1. Dimensionering van radiatoren

18.1.1. Ledenradiatoren

Op dezelfde manier kan een verticaal captatienet gedimensioneerd worden. Uit de smartgeotherm screeningstool volgt:

Ledenradiator (staal)										
Hoogte	mm	1000			600			450		300
Diepte	mm	110	160	220	110	160	220	160	220	250
Verwarmingsvermogen per paneel bij gemiddelde watertemperatuur t_m	60 €	71	95	120	42	58	75	44	58	45
	70 €	96	127	162	56	77	102	59	77	61
	80 €	122	157	204	73	99	128	74	99	77

Tabel 30: Verwarmingsvermogen van stalen ledenradiatoren (bij een kamertemperatuur van 20 °C, DIN 4703).

Ledenradiator (gietijzer)										
Hoogte	mm	980			580			430		280
Diepte	mm	70	160	220	110	160	220	160	220	250
Verwarmingsvermogen per paneel bij gemiddelde watertemperatuur t_m	60 €	67	120	153	54	74	97	55	71	55
	70 €	90	162	206	74	99	129	75	96	74
	80 €	111	204	260	92	126	162	930	122	92

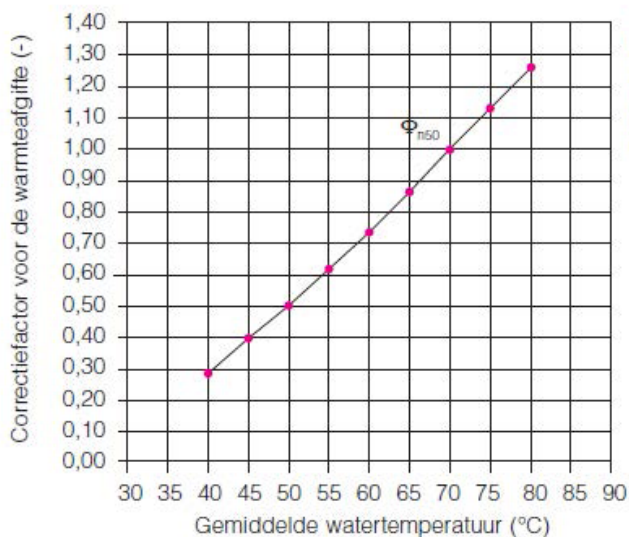
Tabel 31: Verwarmingsvermogen van stalen ledenradiatoren (bij een kamertemperatuur van 20 °C, DIN 4703).

Vervolgens moet het nominale vermogen van de bestaande radiatoren bepaald worden bij een nominale aanvoer- en retourtemperatuur (bv. 90/70 $\Rightarrow t_m=80^\circ\text{C}$; of bv. 80/60 $\Rightarrow t_m=70^\circ\text{C}$). Dat kan in de informatiefiche van de fabrikant teruggevonden worden of in de volgende tabellen opgezocht worden (tabellen van andere radiator types vindt u in hoofdstuk 11 – De locatie beoordelen).

18.1.2 Vermogen van plaatradiatoren bij andere werkingstemperaturen

Het vermogen van radiatoren als ze bij een ander temperatuurregime dan 90/70/20 gebruikt worden, kan dan bepaald worden aan de hand van de omrekenfactoren in de onderstaande tabellen (voor radiatoren met 90/70/20 regime en voor radiatoren met 75/65/20 regime, geldig voor ledenradiatoren en stalen paneelradiatoren; niet geldig voor convectorkachels en wand- of vloerverwarming).

Figuur 70 toont een grafiek met de correctiefactor op het vermogen voor het geval dat de radiator op een andere temperatuurregime werkt dan 75/65/20.



Figuur 70:
Correctiefactor voor het herrekenen van het radiatorvermogen bij een andere temperatuur dan 75/65/20.
(bron: WTCB rapport nr. 14).

De onderstaande tabel toont de correctiefactoren die moeten gebruikt worden bij radiatoren die oorspronkelijk op een regime 90/70/20°C waren gedimensioneerd.

Aanvoertemp. °C	Kamertemp. °C	Retourtemperatuur °C							
		35	40	45	50	55	60	65	70
90	24	2,36	1,97	1,17	1,53	1,38	1,27	1,17	1,1
	22	2,13	1,81	1,59	1,43	1,31	1,2	1,12	1,05
	20	1,94	1,68	1,49	1,35	1,24	1,14	1,07	1
	18	1,78	1,58	1,4	1,27	1,17	1,09	1,02	0,96
65	24	3,47	2,85	2,44	2,15	1,94	1,78		
	22	3,07	2,58	2,24	2,15	1,81	1,67		
	20	2,75	2,35	2,07	1,85	1,69	1,57		
	18	2,49	2,15	1,91	1,73	1,59	1,47		
60	24	3,85	3,14	2,68	2,36	2,13			
	22	3,38	2,82	2,45	2,18	1,98			
	20	3,01	2,56	2,24	2,02	1,84			
	18	2,71	2,34	2,07	1,87	1,72			
55	24	4,32	3,5	2,98	2,63				
	22	3,76	3,12	2,7	2,41				
	20	3,32	2,82	2,46	2,2				
	18	2,97	2,56	2,26	2,05				
50	24	4,92	3,97	3,38					
	22	4,24	3,51	3,04					
	20	3,72	3,14	2,76					
	18	3,3	2,83	2,52					

Tabel 32: omrekenfactoren voor radiatoren die werken op regime 90/70/20.

De onderstaande tabel toont de correctiefactoren voor radiatoren die oorspronkelijk op een regime 75/65/20°C waren gedimensioneerd.

Waarden van Φ / Φ_{n50} voor diverse water- en omgevingstemperaturen bij een nominaal waterdebiet ($n = 1,3$).

Vertrek- watertem- peratuur $\theta_{w,i}$ (°C)	Omgev- ingstem- peratuur θ_a (°C)	Retourtemperatuur °C											
		30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
90	24	0,41	0,53	0,64	0,73	0,82	0,91	0,99	1,07	1,15	1,22	1,30	1,37
	22	0,47	0,59	0,69	0,79	0,88	0,96	1,05	1,12	1,20	1,28	1,35	1,43
	20	0,54	0,65	0,75	0,84	0,93	1,02	1,10	1,18	1,26	1,33	1,41	1,48
	18	0,60	0,71	0,80	0,90	0,99	1,07	1,15	1,23	1,31	1,39	1,47	1,54
	16	0,66	0,76	0,86	0,95	1,04	1,13	1,21	1,29	1,37	1,45	1,52	1,60
85	24	0,38	0,50	0,60	0,69	0,78	0,86	0,94	1,01	1,09	1,16	1,23	
	22	0,44	0,56	0,65	0,74	0,83	0,91	0,99	1,07	1,14	1,21	1,29	
	20	0,50	0,61	0,71	0,80	0,88	0,96	1,04	1,12	1,20	1,27	1,34	
	18	0,56	0,67	0,76	0,85	0,94	1,02	1,10	1,17	1,25	1,32	1,40	
	16	0,62	0,72	0,82	0,90	0,99	1,07	1,15	1,23	1,31	1,38	1,45	
80	24	0,35	0,47	0,56	0,65	0,73	0,81	0,88	0,96	1,03	1,10		
	22	0,41	0,52	0,61	0,70	0,78	0,86	0,93	1,01	1,08	1,15		
	20	0,47	0,57	0,67	0,75	0,83	0,91	0,99	1,06	1,13	1,20		
	18	0,53	0,63	0,72	0,80	0,88	0,96	1,04	1,11	1,19	1,26		
	16	0,58	0,68	0,77	0,86	0,94	1,02	1,09	1,17	1,24	1,31		
75	24	0,33	0,43	0,52	0,60	0,68	0,76	0,83	0,90	0,96			
	22	0,38	0,48	0,57	0,65	0,73	0,81	0,88	0,95	1,02			
	20	0,44	0,53	0,62	0,70	0,78	0,86	0,93	1,00	1,07			
	18	0,49	0,59	0,67	0,76	0,83	0,91	0,98	1,05	1,12			
	16	0,55	0,64	0,73	0,81	0,88	0,96	1,03	1,11	1,18			
70	24	0,30	0,40	0,48	0,56	0,63	0,70	0,77	0,84				
	22	0,35	0,45	0,53	0,61	0,68	0,75	0,82	0,89				
	20	0,40	0,50	0,58	0,66	0,73	0,80	0,87	0,94				
	18	0,46	0,55	0,63	0,71	0,78	0,85	0,92	0,99				
	16	0,51	0,60	0,68	0,76	0,83	0,90	0,97	1,04				
65	24	0,27	0,36	0,44	0,51	0,58	0,65	0,71					
	22	0,32	0,41	0,49	0,56	0,63	0,70	0,76					
	20	0,37	0,46	0,54	0,61	0,68	0,75	0,81					
	18	0,42	0,51	0,58	0,66	0,73	0,80	0,86					
	16	0,47	0,55	0,63	0,71	0,78	0,85	0,91					

(vervolg van de tabel op p. 110)

(vervolg van de tabel op p. 109)

Vertrek- watetem- peratuur $\theta_{w,i}$ (°C)	Omgev- ingstem- peratuur θ_a (°C)	Retourtemperatuur °C											
		30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
60	24	0,24	0,33	0,40	0,47	0,53	0,60						
	22	0,29	0,37	0,45	0,51	0,58	0,64						
	20	0,34	0,42	0,49	0,56	0,63	0,69						
	18	0,39	0,46	0,54	0,61	0,67	0,74						
	16	0,43	0,51	0,59	0,65	0,72	0,79						
55	24	0,21	0,29	0,36	0,42	0,48							
	22	0,26	0,33	0,40	0,47	0,53							
	20	0,30	0,38	0,45	0,51	0,57							
	18	0,35	0,42	0,49	0,56	0,62							
	16	0,40	0,47	0,54	0,60	0,67							
50	24	0,19	0,26	0,32	0,37								
	22	0,23	0,30	0,36	0,42								
	20	0,27	0,34	0,40	0,46								
	18	0,31	0,38	0,44	0,50								
	16	0,36	0,42	0,49	0,55								
45	24	0,16	0,22	0,27									
	22	0,20	0,26	0,31									
	20	0,24	0,30	0,35									
	18	0,28	0,34	0,40									
	16	0,32	0,38	0,44									

$$\Phi/\Phi_{n50} = (\Delta\theta_m/49,83)^n$$
 waarbij:

$$\Delta\theta_m = (\theta_{w,i} - \theta_{w,r})/\ln[(\theta_{w,i} - \theta_a)/(\theta_{w,r} - \theta_a)]$$

Tabel 33: omrekenfactoren voor radiatoren die werken op regime 75/65/20. (bron: WTCB rapport 14).

Voorbeeldkamer: een gietijzeren ledenradiator van 980x160 met 30 kolommen, aanvoer- en retourtemperatuur 90/70 bij een nominale buitentemperatuur \Rightarrow 204W/kolom \Rightarrow 204W*30= 6120W (90/70) \Rightarrow omrekenfactor naar 50/40 is 3,14 \Rightarrow leverbaar vermogen = 1949 W \leftarrow \rightarrow gevraagd vermogen 2000 W \Rightarrow tekort aan verwarmingsvermogen slechts 51W \Rightarrow bestaande radiatoren volstaan.

18.2. SCOP waarden volgens ECODESIGN

18.2.1. Voor lucht/lucht warmtepompen (EU richtlijn 626-2011)

A+++			SCOP	≥	5.1
A++	4.6	≤	SCOP	<	5.1
A+	4	≤	SCOP	<	4.6
A	3.4	≤	SCOP	<	4
B	3.1	≤	SCOP	<	3.4
C	2.8	≤	SCOP	<	3.1
D	2.5	≤	SCOP	<	2.8
E	2.2	≤	SCOP	<	2.5
F	1.9	≤	SCOP	<	2.2
G			SCOP	<	1.9
A+++			€	≥	204
A++	184	≤	€	<	204
A+	160	≤	€	<	184
A	136	≤	€	<	160
B	124	≤	€	<	136
C	112	≤	€	<	124
D	100	≤	€	<	112
E	88	≤	€	<	100
F	76	≤	€	<	88
G	0	0	€	<	76

18.2.2. Voor hoog-temperatuur warmtepompen (tot 55°C) met water als afgifte (EU richtlijn 811-2013)

A+++			SCOP	≥	3.75
A++	3.125	≤	SCOP	<	3.75
A+	2.45	≤	SCOP	<	3.125
A	2.25	≤	SCOP	<	2.45
B	2.05	≤	SCOP	<	2.25
C	1.875	≤	SCOP	<	2.05
D	0.9	≤	SCOP	<	1.875
E	0.85	≤	SCOP	<	0.9
F	0.75	≤	SCOP	<	0.85
G			SCOP	<	0.75
A+++			€	≥	150
A++	125	≤	€	<	150
A+	98	≤	€	<	125
A	90	≤	€	<	98
B	82	≤	€	<	90
C	75	≤	€	<	82
D	36	≤	€	<	75
E	34	≤	€	<	36
F	30	≤	€	<	34
G	0	0	€	<	30

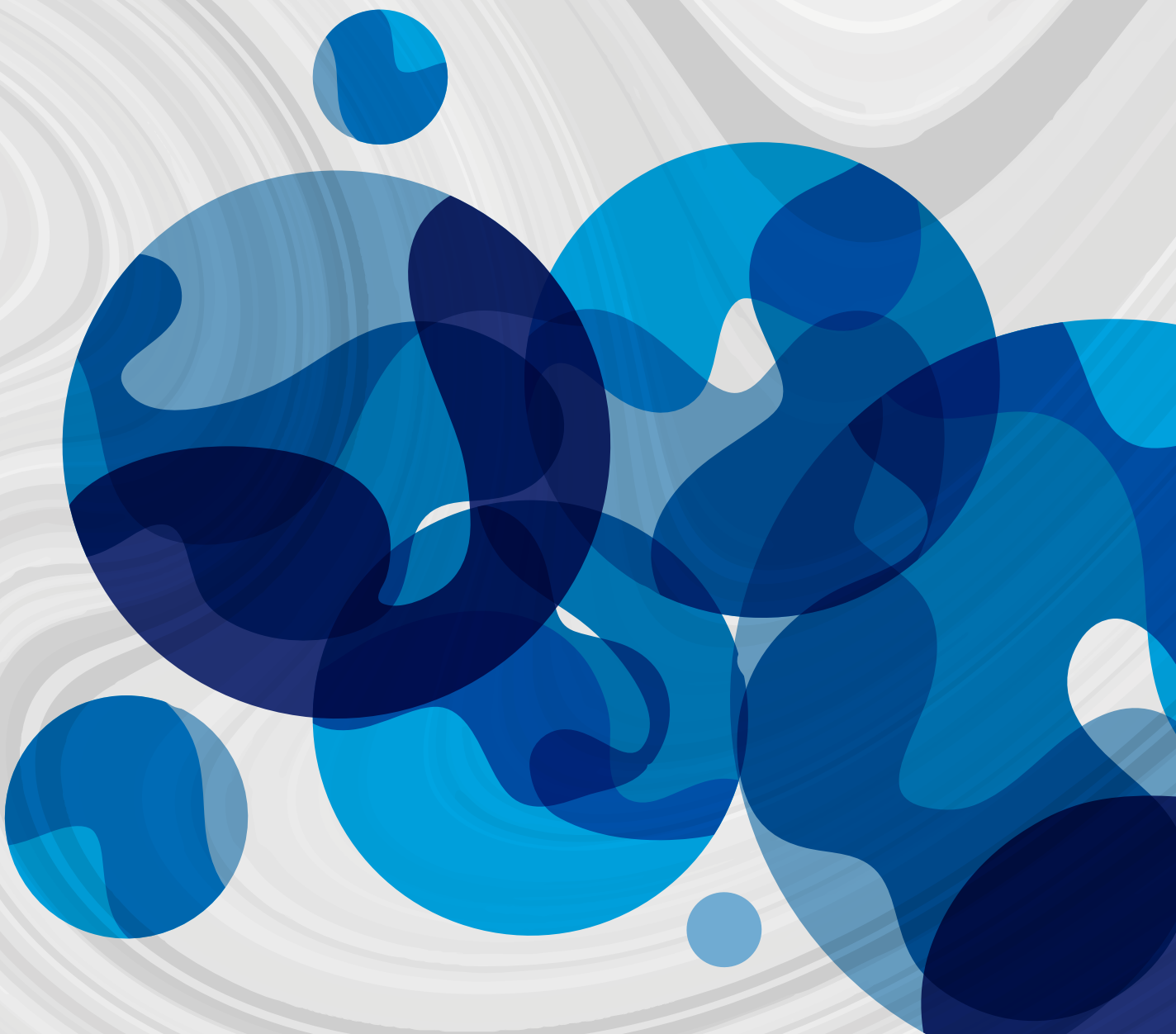
18.2.3. Voor laag-temperatuur warmtepompen (tot 35°C) met water als afgifte (EU richtlijn 811-2013)

A+++			SCOP	≥	4.375
A++	3.75	≤	SCOP	<	4.375
A+	3.075	≤	SCOP	<	3.75
A	2.875	≤	SCOP	<	3.075
B	2.675	≤	SCOP	<	2.875
C	2.5	≤	SCOP	<	2.675
D	1.525	≤	SCOP	<	2.5
E	1.475	≤	SCOP	<	1.525
F	1.375	≤	SCOP	<	1.475
G			SCOP	<	1.375
A+++			€	≥	175
A++	150	≤	€	<	175
A+	123	≤	€	<	150
A	115	≤	€	<	123
B	107	≤	€	<	115
C	100	≤	€	<	107
D	61	≤	€	<	100
E	59	≤	€	<	61
F	55	≤	€	<	59
G	0	0	€	<	55



Module 3

Detailontwerp



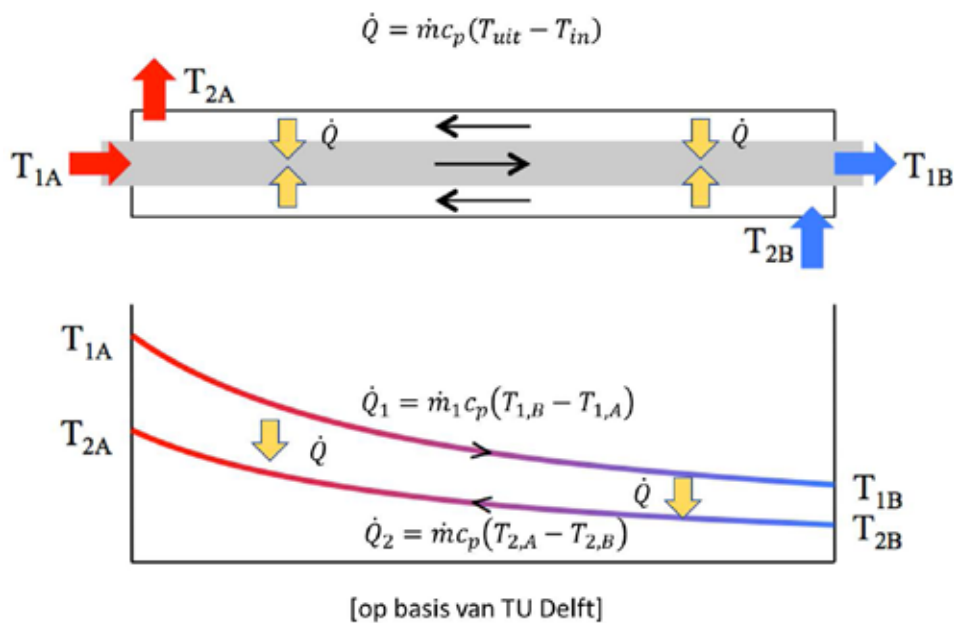
19. Gedetailleerde warmtepompwerking

19.1. Warmteoverdracht

Zonder in detail in te gaan op warmteoverdracht en warmtewisselaars, is het belangrijk te onthouden dat warmte enkel van hoge naar lage temperatuur stroomt.



Figuur 71: Warmtepompvoorbeelden.



Figuur 72: Temperatuurverloop in een warmtewisselaar.

19.2. Drie fysische verschijnselen als basis

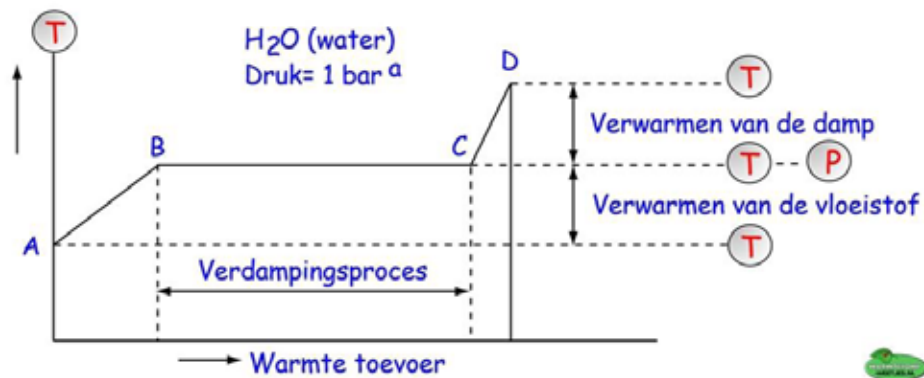
De werking van een warmtepomp is gebaseerd op drie fysische verschijnselen:

1. Bij verdamping van een vloeistof wordt warmte opgenomen door die vloeistof en bij condensatie komt warmte vrij.
2. Het kookpunt van een vloeistof, d.w.z. de temperatuur waarbij de vloeistof overgaat in dampvorm, is afhankelijk van de druk van de vloeistof. Het kookpunt stijgt bij stijgende druk van de vloeistof.
3. De temperatuur van een gas stijgt onder toenemende druk.

19.2.1. Verdampen en condenseren

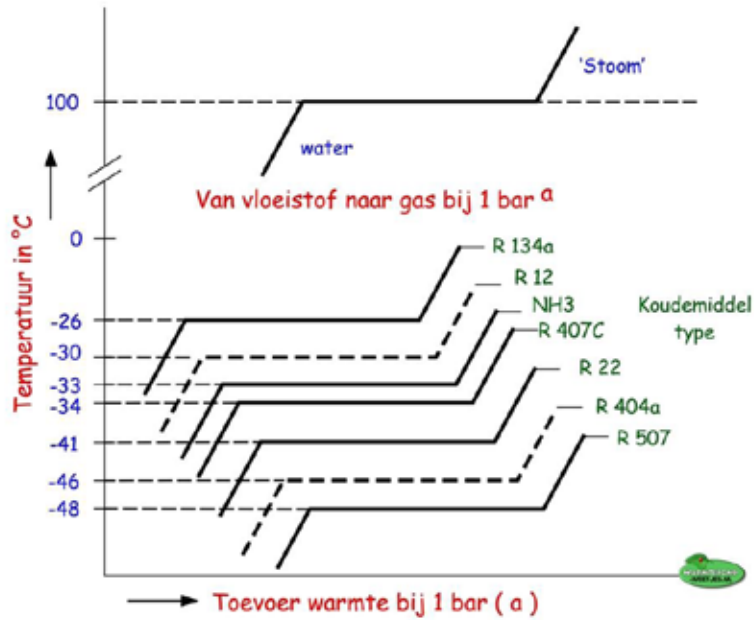
Het omvormen van water tot damp (stoom) door het verhitten verloopt in drie stappen:

1. A-B: opwarmen tot de verdampingstemperatuur (de temperatuur stijgt)
2. B-C: verdampen van al het vloeibare water (de temperatuur blijft nu gelijk)
3. C-D: verder opwarmen van de geproduceerde damp (de temperatuur stijgt weer verder)



Het blijkt nu dat verschillende vloeistoffen bij verschillende temperaturen beginnen te verdampen.

- Water (bij 1 bar): 100°C
- R134a (bij 1 bar): -26°C (R134a is dus een gas bij gewone omgevingstemperaturen)

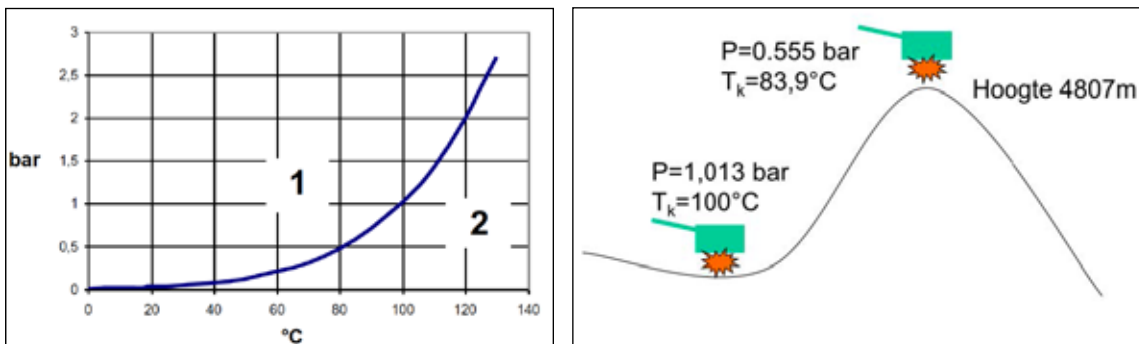


Figuur 73: Latente warmte bij verdampen en condenseren bij een drukafhankelijke temperatuur.

19.2.2. Kookpunt van een vloeistof

Het kookpunt van een vloeistof verschilt bovendien in functie van de druk: hoe hoger de druk, hoe hoger de temperatuur zal zijn waarbij de vloeistof begint te koken. Dit is eenvoudig te begrijpen:

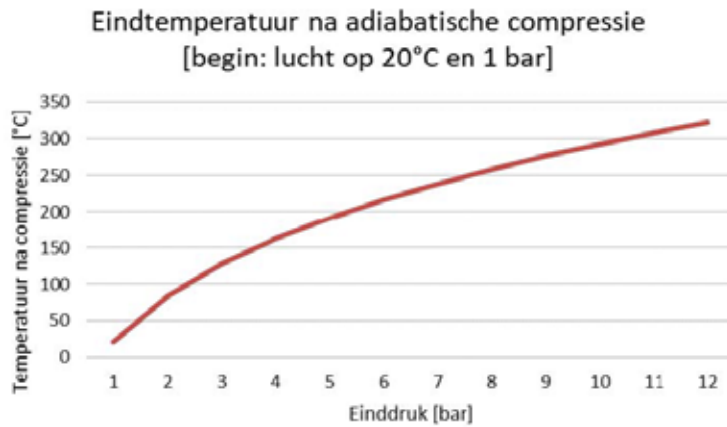
- Koken (verdampen) betekent dat de moleculen niet meer aan elkaar hangen (zoals bij een vloeistof), maar willekeurig langs elkaar heen bewegen
- Een hogere druk duwt de moleculen harder tegen elkaar aan
- Er zal dus meer energie (lees: een hogere temperatuur) nodig zijn om de moleculen van elkaar los te krijgen.



Figuur 74: Kookpunt in functie van de druk.

19.2.3. Drukstijging bij compressie

Comprimeren van een gas zorgt, zoals hierboven toegelicht, voor een temperatuurstijging.

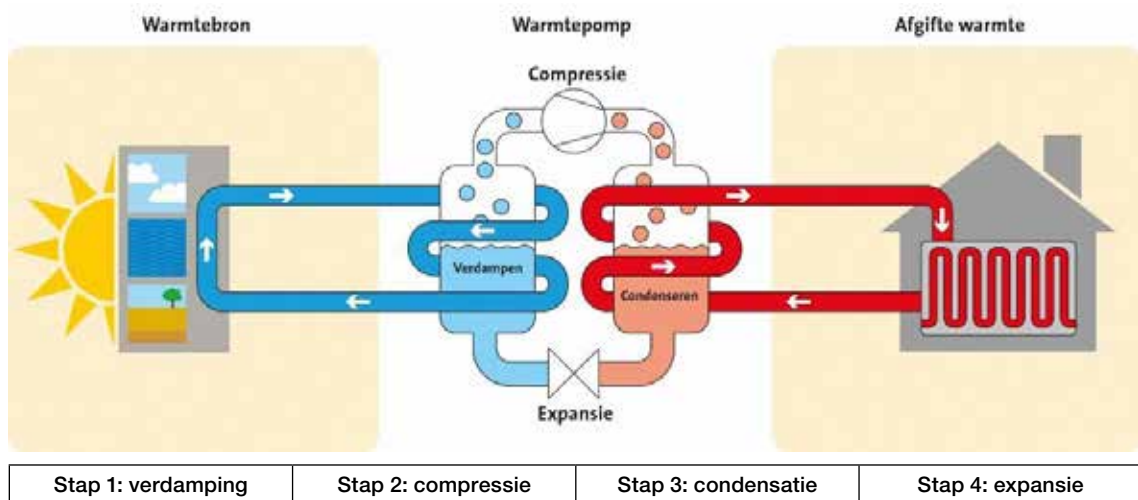


Figuur 75:
Temperatuurstijging als gevolg van drukstijging voor lucht

19.3. Warmtepompcyclus in detail

Herinner je dat een warmtepomp warmte ‘verpompt’ naar een hogere temperatuur door een koelmiddel te laten

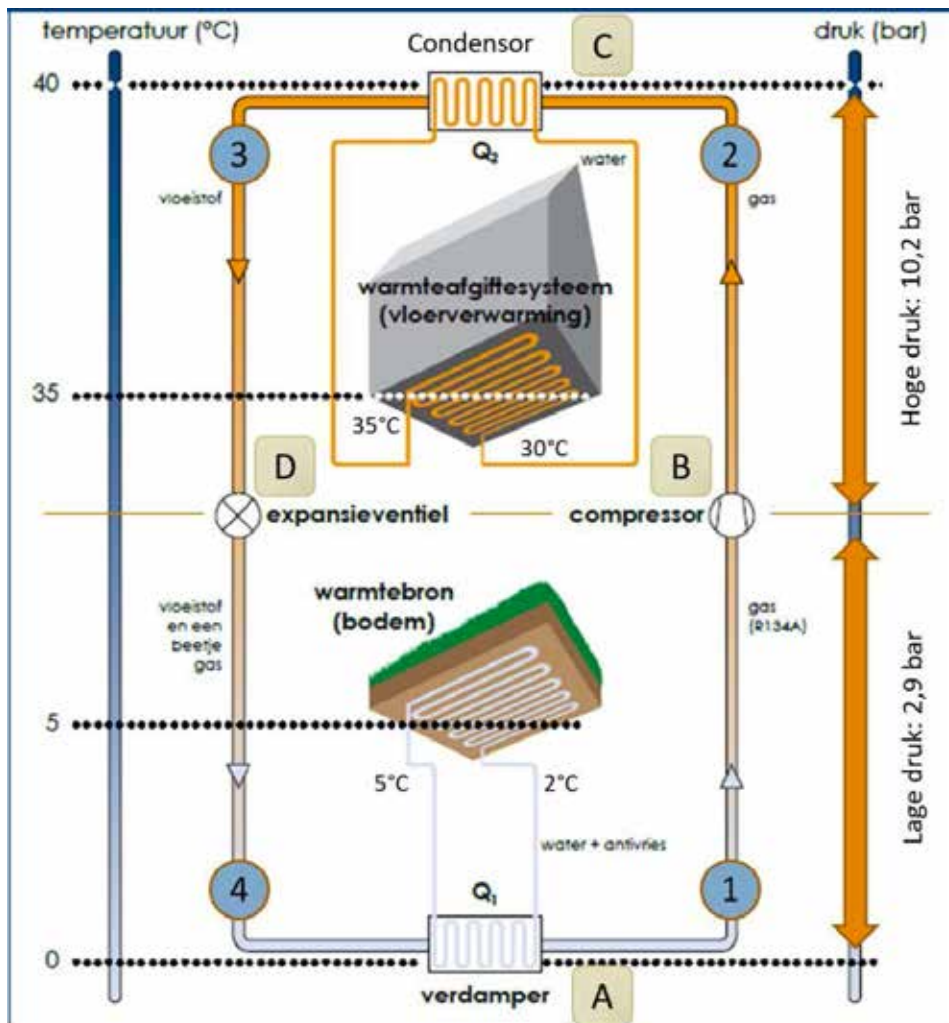
1. Verdampen op lage temperatuur
2. Samen te drukken zodat de temperatuur stijgt
3. Condenseren op hoge temperatuur
4. Terug te laten expanderen naar de lage druk en lage temperatuur van de verdamper



Figuur 76: Werkwijze van een warmtepomp.

[infowarmtepomp.be; ODE-WPP]

Warmtepompcyclus in detail



Figuur 77: Interactie tussen een warmtepomp, warmtebron en afgiftesysteem (getalwaarden voor R134a).
[aangepast van www.energiesparen.be]

19.3.1. Koelmiddel

Het koelmiddel stroomt door het circuit. Het verdampt bij een lage druk/lage temperatuur en condenseert bij een hoge druk/hoge temperatuur. Momenteel zijn de meest gebruikte koelmiddelen voor warmtepompen R407c en R410a, R134 voor grotere installaties. Op kamertemperatuur en -druk zouden die als gassen voorkomen.

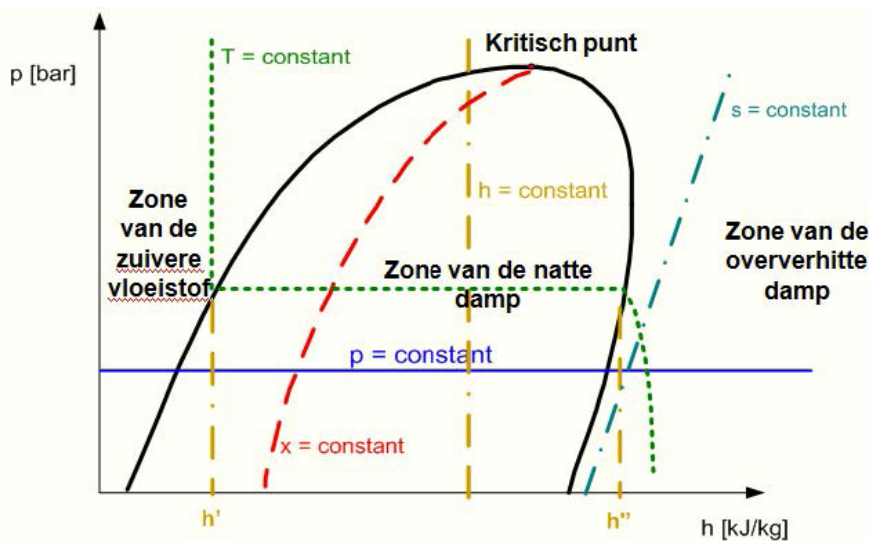
Koelmiddel	Kookpunt 0°C	Kookpunt 40°C
R-134a	2,9 bar	10,2 bar
R410a	8,2 bar	24,0 bar
R-290 (propan)	4,7 bar	13,7 bar

Tabel 34: Drukken voor het koken bij 0°C en bij 40°C voor 3 typische koelmiddelen.

Koelmiddelen kunnen grote hoeveelheden warmte transporteren omdat ze in de cyclus die ze doorlopen toestandsveranderingen ondergaan: in de verdamper verdampt het koelmiddel (vloeistof wordt damp) en in de condensor condenseert het koelmiddel (damp wordt weer vloeistof).

19.3.1.1. Log p – h diagram

Het log p-h diagram voor koelmiddelen wordt gebruikt om koel- en warmtepompprocessen te beschrijven. Doordat enthalpieveranderingen en de omgezette energie als gevolg daarvan gemakkelijk afgelezen kunnen worden in dat diagram wordt het vaak gebruikt om koelcycli te berekenen.



Hoogte temperatuur en druk waarbij er een duidelijke verdampingszone is	kritisch punt
Zwarte volle lijn rechts van het kritische punt: vanaf deze lijn stopt het verdampen en wordt de damp verder opgewarmd	verzadigde damplijn
Zwarte volle lijn links van het kritische punt: vanaf deze lijn begint de vloeistof te verdampen	verzadigde vloeistoflijn
Lijn van constante entropie; een compressieproces veroorzaakt door een ideale compressor zou deze lijn volgen; echte compressoren verhogen de entropie	s=constant

Figuur 78: Log p-h diagram.

Het belangrijkste aspect van het log p-h diagram zijn de twee begrenzende curves van de natte dampzone (verzadigde damplijn en verzadigde vloeistoflijn). Isothermen (lijnen van constante temperatuur) lopen horizontaal tussen verdamping en condensatie.

Links van de kooklijn met dampgehalte $x = 0$ (0%) bevindt zich de zone van de zuivere vloeistof, waar isothermen verticaal lopen (de zone van nakoeling). Rechts van de condensatielijn met dampgehalte $x = 1$ (100 %) begint de zone van de oververhitte damp.

Het enthalpieverschil van verzadigde damp en kokende vloeistof wordt de verdampingswarmte genoemd $r = h'' - h'$. Zoals we op het log p-h diagram kunnen zien, neemt de verdampingswarmte af naarmate de druk en temperatuur toenemen tot het uiteindelijk, in een bepaalde gasvormige toestand, volledig verdwijnt. Die toestand, waarbij er geen verschil meer is tussen vloeistof en damp, wordt het kritische punt genoemd. Voor water is de kritische druk gelijk aan 221 bar en de kritische temperatuur gelijk aan 374 °C.

De onderstaande figuur geeft aan hoe voor R134A de temperatuur en de druk van elkaar afhankelijk zijn.

- R134a op 2,9 bar begint te verdampen bij 0°C
- R134a op 7,7 bar begint te verdampen bij 30°C



Figuur 79: Afhankelijkheid van druk en temperatuur.

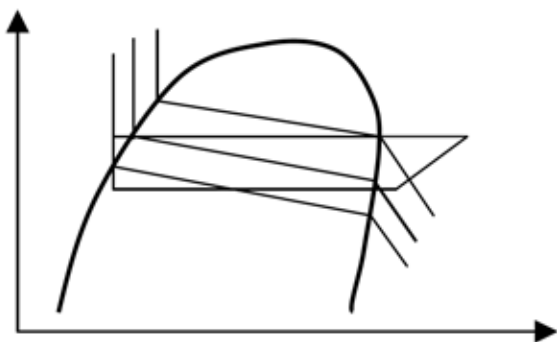
[Warmtepomp-weetjes.nl]

19.3.1.2. Koelmiddel met glide

Sommige koelmiddelen zijn mengsels van twee of meer verschillende HFK-koelmiddelen. Als deze mengsels van koelmiddelen zich voordoen als enkele homogene koelmiddelen, die bij een bepaalde temperatuur en een bepaalde druk verdampen, worden ze azeotropische koelmiddelen genoemd. Als de verschillende bestanddelen bij een aantal temperaturen en bij een bepaalde druk geleidelijk verdampen (of condenseren), worden ze zeotropische koelmiddelen genoemd. De zeotropische koelmiddelen hebben dus een "glide"; de bestanddelen met de hoogste dampdruk (laagste verdampingstemperatuur) koken na de verdamping als eerste. Een voorbeeld van een koelmiddel met een sterke glide is R407C.

In het log p-h diagram vallen de isothermen voor zeotropische koelmiddelen niet samen in het "twee-fase-gebied", waar ze dat voor azeotropische koelmiddelen en enkelvoudige koelmiddelen wel doen. In de praktijk kan een glide ervoor zorgen dat de ontdooiing onregelmatig is en de samenstelling van het koelmiddel verandert bij lekkage. In de vloeibare fase moet er koelmiddel bijgevoerd worden om de concentraties van de bestanddelen op het gewenste niveau te houden.

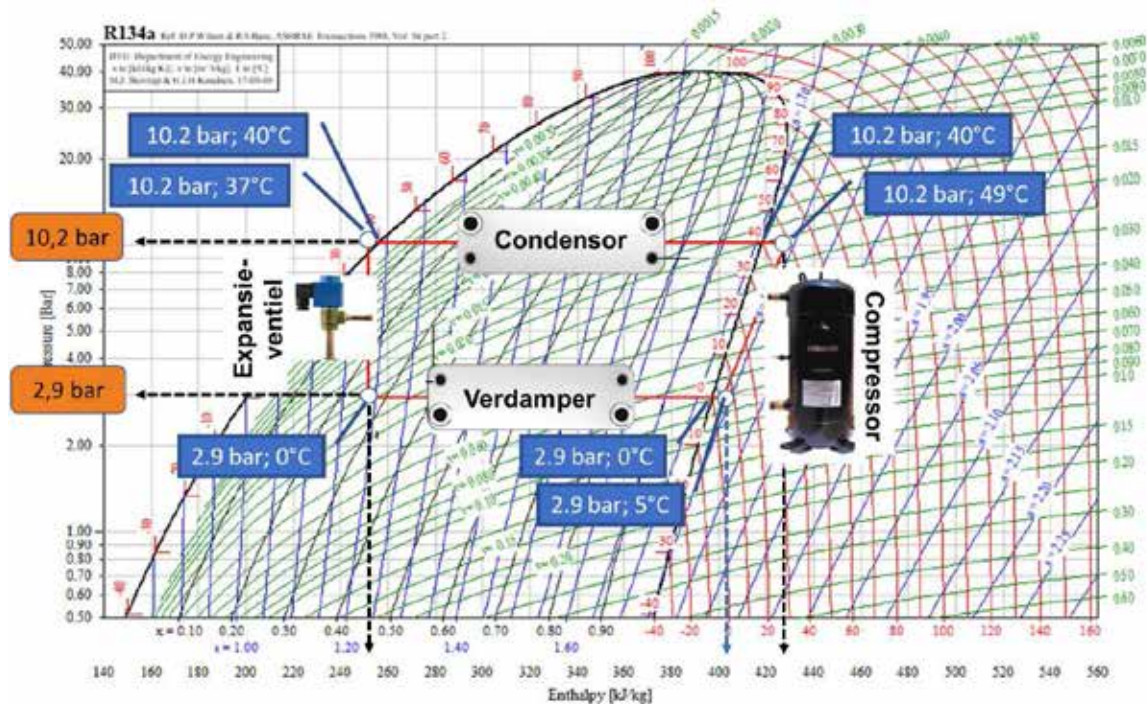
Het fenomeen "glide" vraagt grotere inspanningen van ontwerpers, ondernemers en dienstverlenende bedrijven om de koeling van de warmtepomp optimaal te doen werken.



Figuur 80: Glide in een log p-h diagram.

19.3.2. Voorbeeld met R134a

In de onderstaande overzicht wordt de warmtepompcyclus overlopen aan de hand van een warmtepomp met koelmiddel R134a, een onderkoeling van 3°C en een oververhitting van 5°C. In de volgende paragrafen wordt dit voorbeeld verder besproken.



Figuur 81: Warmtepomp circuit met koelmiddel R134a.

19.3.3. Expansieventiel

Het koelmiddel verlaat de condensor in vloeibare fase onder hoge druk. Het expansieventiel gaat deze druk terug verlagen tot op het druk niveau van de verdamper (2,9 bar) zodat het koelmiddel klaar is om aan een nieuwe cyclus te beginnen.

19.3.4. Expansieventiel (uitvoering)

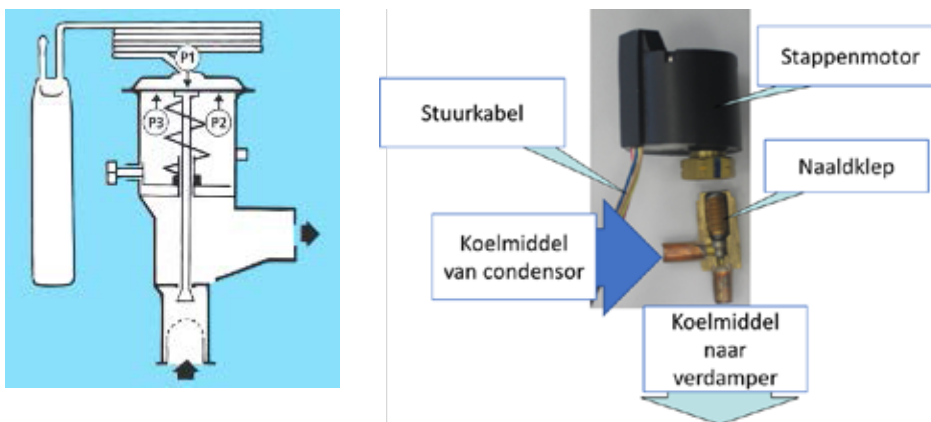
Het expansieventiel werkt als een regelbare smookklep. Het houdt het drukverschil tussen de hoge- en lagedrukzijden van het koelmiddelcircuit constant. Het regelt het debiet van het koelmiddel dat naar de verdamper stroomt om zo een juiste oververhitting in stand te houden. Er zijn twee types expansieventielen: thermostatische en elektronische.

Als het koelmiddel door het expansieventiel stroomt, verlaagt de druk en verdampt een deel van het koelmiddel meteen tot gas. De warmte voor de verdamping komt van het koelmiddel zelf, waardoor de temperatuur van de vloeistof/gasmengeling die in de verdamper gaat naar de verdampingstemperatuur terugzakt.

Voor warmtepompen die onder verschillende voorwaarden zowel op de warme als op de koude zijde werken, worden vaak elektronische expansieventielen gebruikt. Deze ventielen zorgen voor een goede regeling binnen een relatief grote reikwijdte.

In een thermostatisch expansieventiel zit een voeler gevuld met een vluchtige substantie. Die voeler is direct verbonden met de pijpleiding na de verdamper en het zet de temperatuur om in druk. De druk werkt in op het klepmechanisme: het ventiel gaat open wanneer de temperatuur en bijgevolg ook de druk in de voeler hoog wordt.

Als er meer koelmiddel door de verdamper stroomt, daalt de temperatuur van de voeler weer. Om de drukverlaging in de verdamper te compenseren wordt er vaak een tweede capillair buisje aan het zuigpijpje dichtbij de voeler gesoldeerd. Dit wordt externe drukregeling genoemd. Door een regelschroef te gebruiken die een veer in het expansieventiel aanspant kan de oververhitting op het gewenste niveau gehouden worden. Het expansieventiel wordt ingesteld op ongeveer 4-8 °C van de oververhitting.



Figuur 82: Thermostatisch en elektronisch expansieventiel.

De oververhitting kan op het gewenste niveau ingesteld worden met de regelschroef die de druk van de veer in het expansieventiel verandert. Het expansieventiel kan ingesteld worden op een oververhitting van ongeveer 4°C tot 8°C. Meestal stellen fabrikanten een oververhitting van 6°C in. Enkel opgeleid personeel mag de aanpassing van de oververhitting instellen.

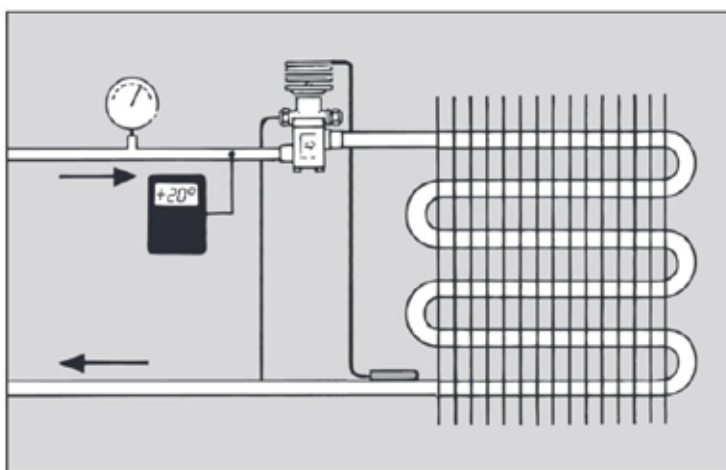
Naast thermostatische expansieventielen zijn microprocessor gestuurde elektronische expansieventielen aan een opmars bezig. Deze kunnen geregeld worden op basis van meerdere parameters, waaronder:

- temperatuur van het koelmiddel binnen het warmtepompcircuit
- compressorsnelheid (indien geregeld met een frequentieomvormer)

De voordelen van elektronische expansieventielen zijn de volgende:

- Snellere reactietijd. Er zal sneller een stationaire werking zijn.
- Het hangt niet af van het drukverlies in de verdampers.

Regelfouten hoeven niet gecorrigeerd te worden. Minder oververhitting (1°C – 2°C) zal daarom het gevaar op de inwerking van vloeistof op het compressormechanisme voldoende verminderen. De temperatuur van warm gas wordt dus verlaagd, wat een voordeel voor het systeem betekent (hogere COP).



Figuur 83: Plaatsing van een expansieventiel.

19.3.5. Verdamer

Het koelmiddel komt als vloeistof (met al een beetje gas) in de verdamer terecht. Het koelmiddel heeft een druk van 2,9 bar en zal dus verdampen als het 0°C of warmer wordt.

Het koelmiddel komt in de verdamer in contact met het brijn uit de bodemsondes, dat een temperatuur van 5°C heeft. Het koelmiddel warmt op en begint te verdampen. Het brijn koelt af tot 2°C en gaat terug naar de bodemsondes om opnieuw op te warmen

Tijdens het verdampingsproces blijven de temperatuur en de druk constant. De warmtebron kan de aarde zijn, grondwater, lucht, enz. In het geval van indirecte verdamping, kan brijn (een mengeling van water en glycol) in de warmtebron circuleren en warmte overbrengen naar de verdamer. Bij aardwarmtepompen worden kunststofbuizen horizontaal of via een grondboring verticaal in de grond geplaatst. Bij buitenlucht of grondwaterbronnen is er geen brijncircuit en wordt de lucht of het grondwater direct naar de verdamer overgebracht.

Typisch is het temperatuurverschil tussen koelmiddel en brijn 5°C à 10°C.

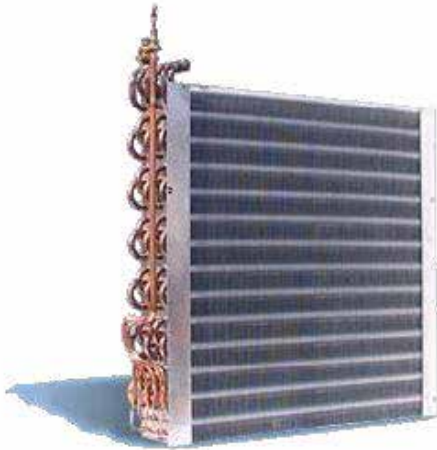
- Als de verdamer vervuild geraakt, zal dit temperatuurverschil groter worden.
- Het koelmiddel zal dus bij een lagere temperatuur verdampen
- Het temperatuurverschil tussen verdamer en condensor stijgt
- de compressor zal meer verbruiken
- de COP zal dalen

19.3.6. Verdamer (uitvoering)

De functie van de verdamer is om warmte uit de warmtebron te halen en deze warmte op het koelmiddel over te brengen om het te verdampen. De verdampingstemperatuur moet altijd lager zijn dan de temperatuur van de warmtebron. Dit gebeurt door de druk in de verdamer te regelen (lagere druk = lagere verdampingstemperatuur).

Bij ventilatiewarmtebronnen, lucht-lucht-warmtepompen en lucht-water-warmtepompen absorbeert het koelmiddel direct warmte uit de lucht. Er is geen brijn nodig om de warmte uit de bron, de lucht zelf, te geleiden. De verdamer heeft dan de vorm van een "lamellenbatterij". Dat is een batterij bestaande uit metalen lamellen die op de buizen gedrukt zijn, en een ventilator om lucht langs de lamellen te doen stromen.

Bij water-water- en brijn-water-warmtepompen zijn praktisch alle warmtewisselaars tegenwoordig



*Figuur 84:
Lamellenwarmtewisselaar voor de warmteoverdracht
van lucht naar koelmiddel.*

gesoldeerde of gelaste platenwarmtewisselaars. Platenwarmtewisselaars zijn compact en ruimtebesparend. Ze kunnen ook gemakkelijk geïsoleerd worden.

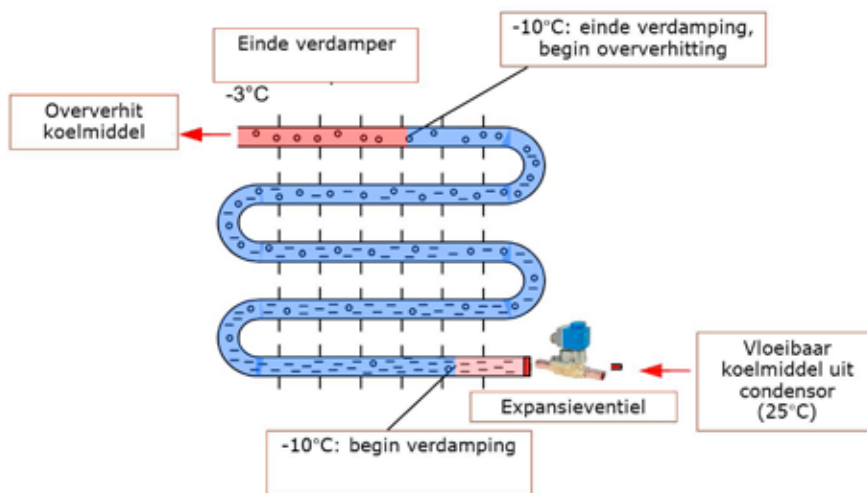


Figuur 85: Compacte gesoldeerde platenwarmtewisselaar.

Het vloeibare koelmiddel dat in het expansieventiel stroomt, wordt dan geëxpandeerd tot de verdampingsdruk. Op die manier wordt een deel van het vloeibare koelmiddel al verdampt vooraleer het in de verdamper stroomt. De verdampte hoeveelheid koelmiddel in de toevoeropening stijgt wanneer het temperatuurverschil tussen de condensatiedruk en de verdampingsdruk groter wordt.

Er zal altijd een mengeling van damp en vloeistof zijn aan het begin van de verdamper, zij het met een wisselende dampfractie.

In het laatste deel van de verdamper wordt het koelgas oververhit tot het een temperatuur boven de verdampingstemperatuur heeft en daarna wordt het in de compressor gezogen als een gas. Het is belangrijk dat het gas oververhit wordt vooraleer het uit de verdamper gezogen wordt. Op die manier kan er geen vloeistof in de compressor stromen. Anders kunnen vloeistofdruppels de compressor beschadigen.



Figuur 86: Principe van het verdampingsproces in een verdamper.

19.3.7. Oververhitting

Na de verdamper is het koelmiddel in principe volledig verdampt. Om er toch zeker van te zijn dat alle vloeistofdruppels verdampt zijn (de compressor zal immers beschadigen als die vloeistof aanzuigt), wordt het verdampingsgas nog enkele graden verder opgewarmd (oververhit).

Het verschil tussen de damptemperatuur in de zuigleiding en de verdampingstemperatuur is de oververhitting. Eenvoudigheidshalve kan de temperatuur aan het oppervlak van de zuigleiding gemeten worden. De verdampingstemperatuur kan vaak afgelezen worden op de temperatuurschaal van de manometer. Het kan ook opgezocht worden in een tabel met koelmiddelen.

De oververhitting toont hoeveel graden het zuiggas warmer is in vergelijking met de verdampings-temperatuur. Normale waarden voor oververhitting liggen tussen 4°C en 8°C. Onvoldoende oververhitting kan ervoor zorgen dat er vloeistof in de compressor stroomt, waardoor de COP-waarde lager zal zijn en de compressor beschadigd kan worden. Te veel oververhitting zorgt ervoor dat de verdamper niet op een efficiënte manier gebruikt wordt en dat de compressor minder efficiënt werkt en hogere persgastemperaturen levert. Daardoor zal de COP-waarde lager zijn.

Het expansieventiel regelt de oververhitting.

19.3.8. Onderkoeling

Na de condensor is het koelmiddel in principe volledig gecondenseerd. Door het koelmiddel nog iets verder af te koelen wordt het rendement van de warmtepomp verhoogd.

Onderkoeling toont aan in welke mate het gecondenseerde vloeibare koelmiddel afgekoeld is tot het een temperatuur lager dan de condensatietemperatuur bereikt heeft. Normale waardes liggen tussen 2°C en 5°C. Als er te weinig nakoeling is, dan kan dat betekenen dat er te weinig koelmiddel is, wat het rendement en de COP-waarde verlaagt. Als er te veel nakoeling is, dan betekent dat dat de warmtepomp overbelast is en met een lagere COP-waarde werkt dan normaal omdat het condensatoroppervlak niet ten volle benut kan worden. Het risico bestaat ook dat de hogedrukpressostaat blokkeert of dat de hogedrukontlastklep open gaat bij een hogere condensatietemperatuur.

Om de onderkoeling ruw te schatten moet de condensatietemperatuur van de temperatuur afgetrokken worden die aan het oppervlak van de koelmiddelleiding na de condensor gemeten wordt. Die condensatietemperatuur kan direct op de manometer afgelezen worden of in de tabel met koelmiddelen opgezocht worden.

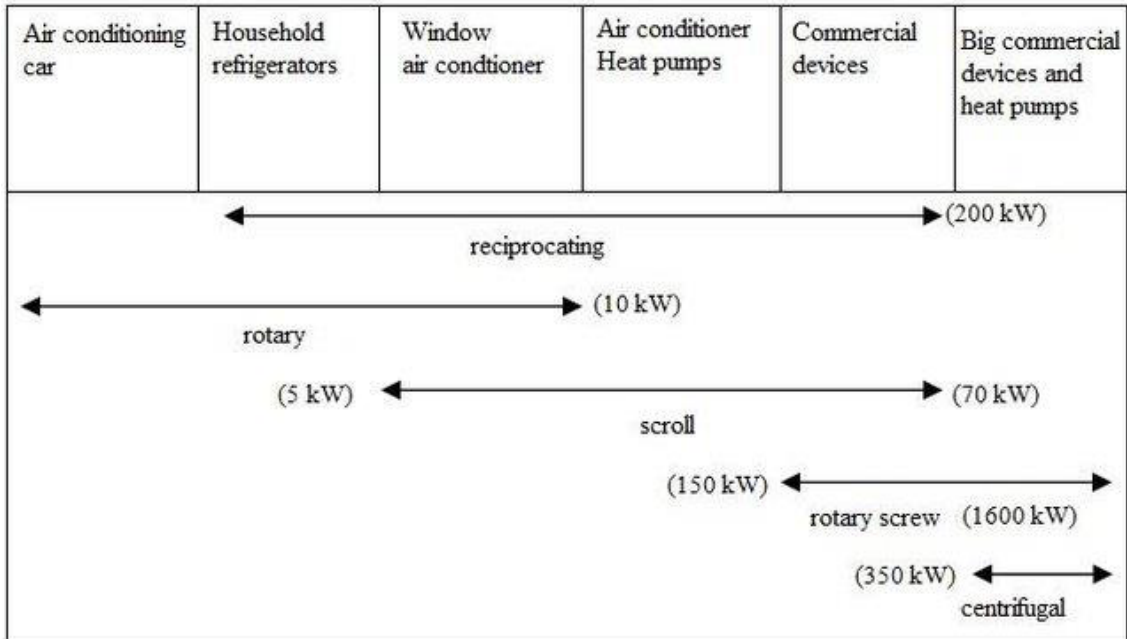
19.3.9. Compressor

Als al het koelmiddel verdampt is, heeft het, na oververhitting, een temperatuur van 6°C. Het koelmiddelgas wordt in de compressor gezogen en vervolgens samengedrukt tot 10,2 bar. Daardoor zal de temperatuur stijgen tot ongeveer 50°C.

19.3.10. Compressor (uitvoering)

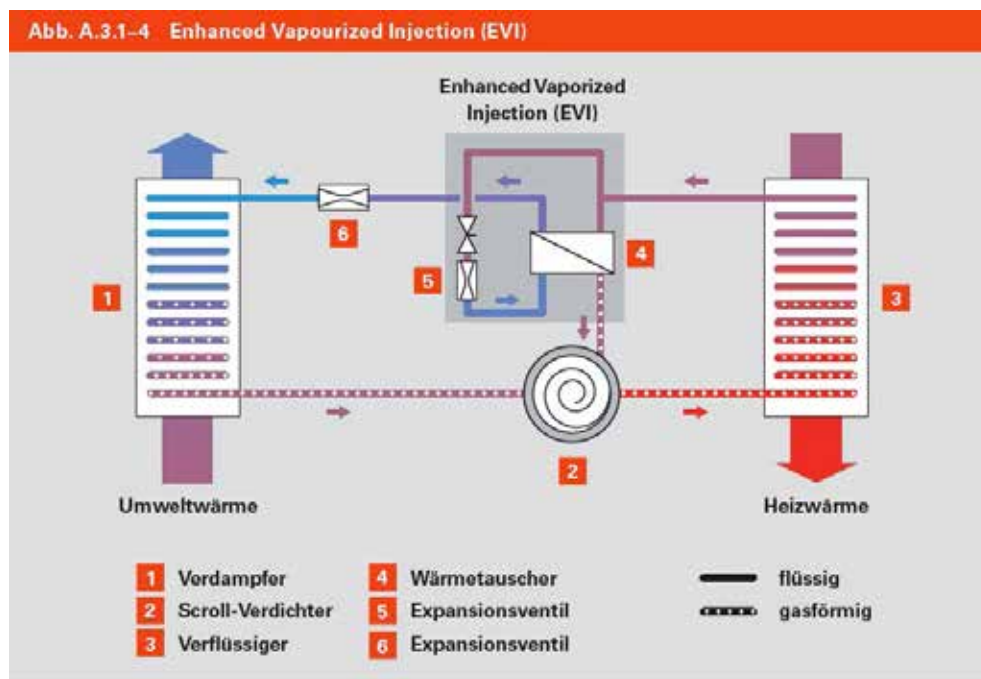
De elektrische compressor werkt als een gaspomp, die gas aanzuigt die in de verdamper gevormd wordt. Gas verlaat de compressor bij hoge druk en hoge temperatuur. Terugslagkleppen zorgen ervoor dat het koelmiddel niet terug stroomt.

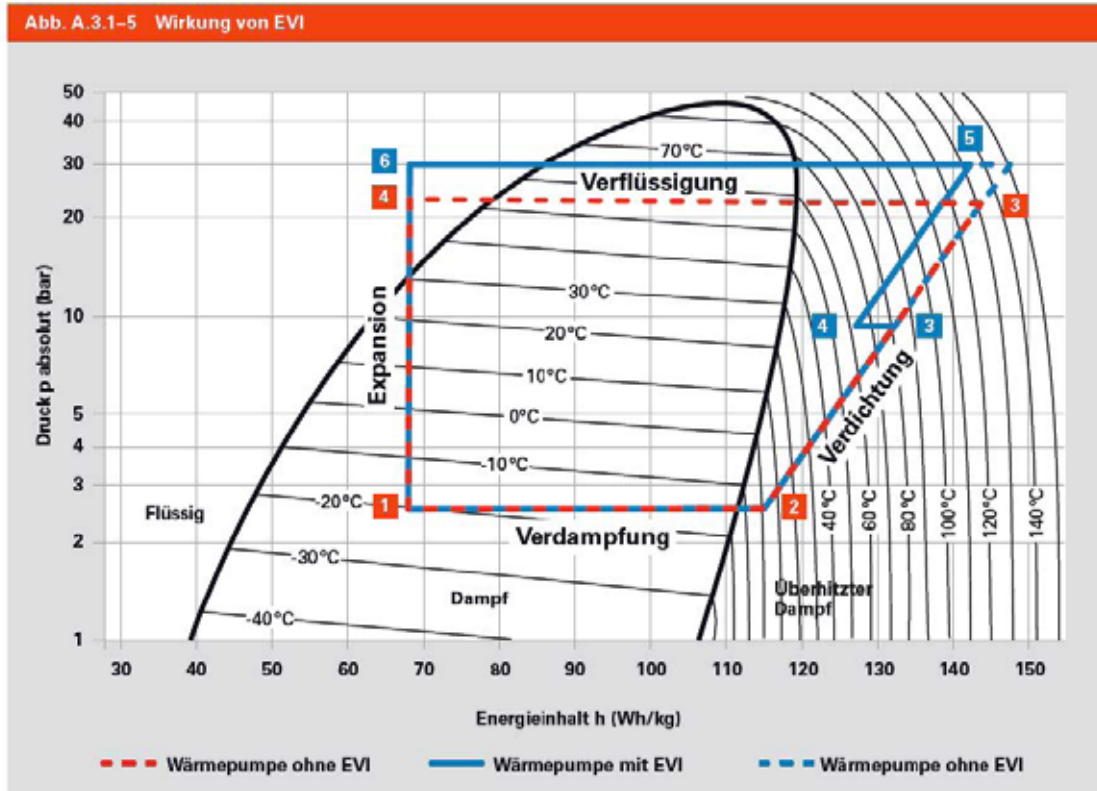
In warmtepompen voor eengezinshuizen, kleinere en middelgrote meergezinswoningen en industriële gebouwen worden verschillende types compressoren gebruikt: zuigercompressoren en scrollcompressoren, of ook rolzuigercompressoren en swingcompressoren. Die compressoren zijn erg vaak hermetisch; dat wil zeggen dat de elektrische motor en de compressor samengebouwd zijn in dezelfde cilinder (drukvat) en dat de cilinder dan dichtgelast wordt. Op die manier kan er geen koelmiddel in de omgeving lekken via een lasnaad of afdichting. Slechts twee of drie elektriciteitsbuizen lopen doorheen de cilinder.



Figuur 87: Keuze van de compressor in functie van het vermogen. [Rubik 2006]

De warmtepompcyclus kan geoptimaliseerd worden door bijvoorbeeld koelmiddel na de condensor te laten expanderen om vervolgens terug in de compressor te injecteren.



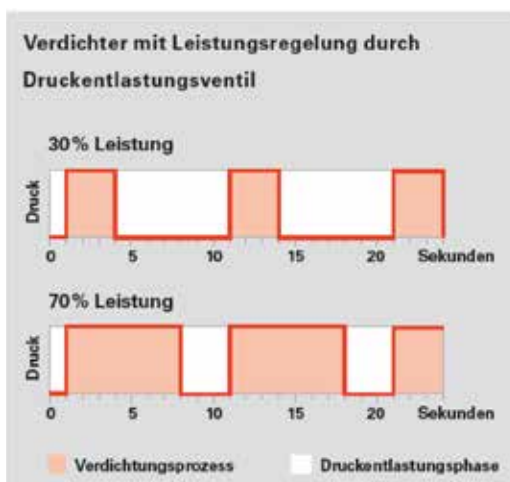


Figuur 88: Gasinjectie in de compressor [Viessmann]

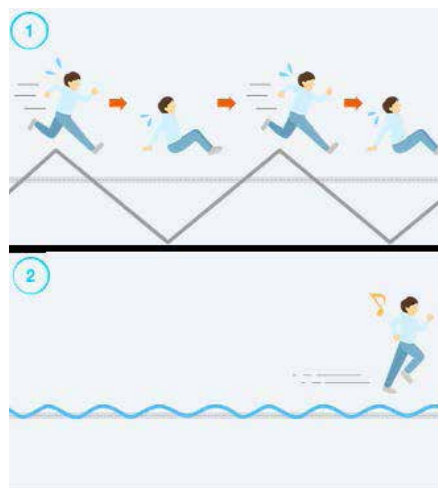
Het vermogen van compressoren in warmtepompen kan geregeld worden door 'hot-gas-bypass', door tweetrapssturing (of meertraps) of door frequentiesturing (pulse wide modulation) om zo het verwarmingsvermogen te kunnen afstemmen op de verwarmingsvraag. Dit voorkomt start-stop werking van de warmtepomp, wat vroegtijdige slijtage van de compressor kan veroorzaken. Bijkomend geeft dit een voordeel van een hogere COP bij lagere frequenties.



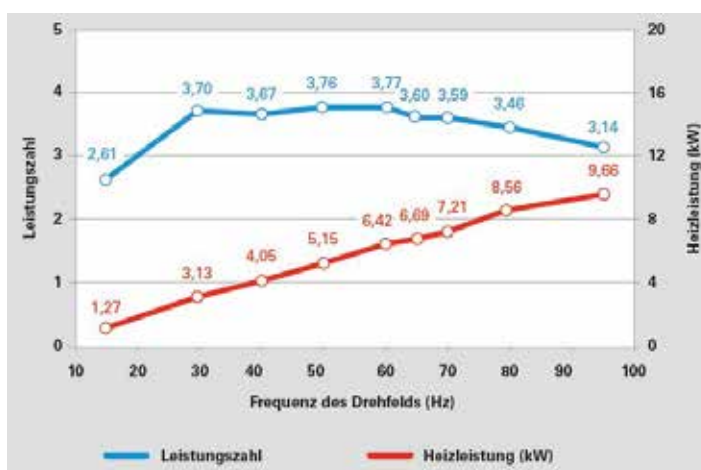
[hot-gas-bypass, tweetrapscompressorcombinatie, frequentiesturing; Emerson]



[PWM; Viessmann Planungshandbuch]



[Effect van PWM op het vermogen; Daikin]



[Effect van PWM op de COP; Viessmann Planungshandbuch]

Figuur 89: Frequentiesturing (PWM) van de compressor en effect op het vermogen ('Heizleistung') en de COP ('Leistungszahl').

19.3.11. Condensator

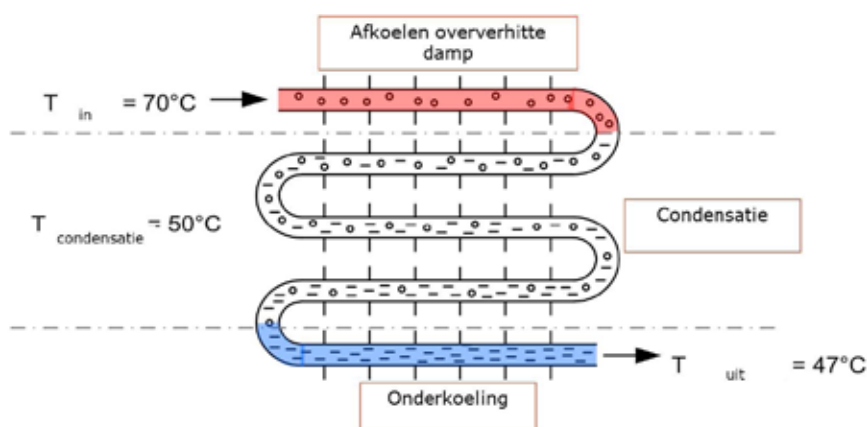
Het warme koelmiddelgas op hoge druk (10,2 bar; 49°C) van de compressor komt in de condensator-warmtewisselaar terecht. Daar komt het in contact met het afgiftesysteem op water of lucht. In het voorbeeld is het vloerverwarming op 30°C. Het koelmiddelgas is dus warmer dan het water van de vloerverwarming en zal dus warmte overdragen. Het koelmiddelgas koelt af tot 40°C (de kooktemperatuur bij 10,2 bar) en begint te condenseren (en wordt dus weer vloeibaar). De druk blijft constant op 10,2 bar. Het water van de vloerverwarming warmt ondertussen op tot 35°C.

Typisch temperatuurverschil tussen koelmiddel en afgifte: 5°C à 10°C.

- Als de condensator vervuild geraakt, zal dit temperatuurverschil groter worden.
- Het koelmiddel zal dus bij een hogere temperatuur condenseren
- Het temperatuurverschil tussen verdamper en condensator stijgt
- de compressor zal meer verbruiken
- de COP zal dalen

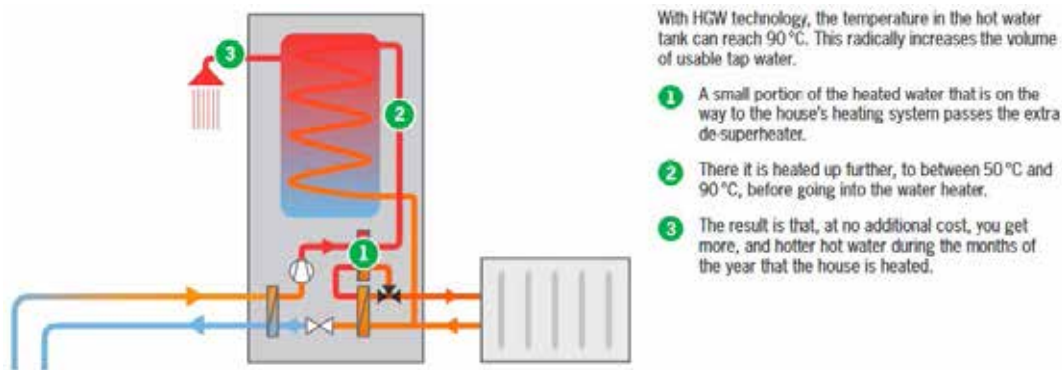
19.3.12. Condensator (uitvoering)

De functie van de condensator is om de warmte van het koelmiddel over te dragen op een warmtegeleidende vloeistof (vaak radiatorwater of lucht). Voor die warmteoverdracht moet de condensatietemperatuur altijd hoger zijn dan de temperatuur van het koelmiddel. De hoeveelheid condensatorwarmte die op het koelmiddel overgedragen wordt is gelijk aan de totale hoeveelheid warmte uit de verdamper en de elektrische energie die de compressor aandrijft. Voor de meeste warmtepompen worden gesoldeerde of gelaste platenwarmtewisselaars gebruikt voor de condensator.

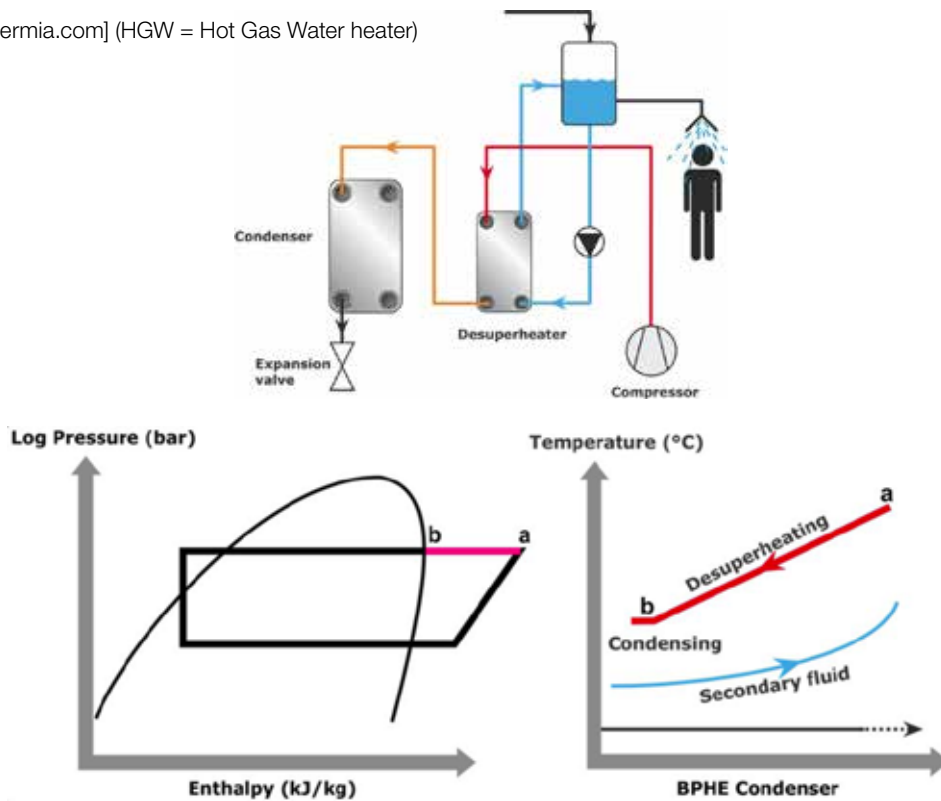


Figuur 90: Processen in een luchtgekoelde condensator.

In sommige warmtepompen wordt een kleinere warmtewisselaar tussen de compressor en de condensor geplaatst, de zogenaamde desuperheater. Het voordeel daarvan is dat het systeem op die manier bij temperaturen boven de condensatietemperatuur een deel van het totale vermogen van de warmtepomp krijgt en dat kan gebruiken om warm leidingwater te produceren. Als het systeem water opwarmt om ruimtes te verwarmen (bv. voor radiatoren), zal de condensatietemperatuur van de warmtepomp slechts enkele graden boven de aanvoertemperatuur liggen. Bij warmtepompen zonder desuperheater is het noodzakelijk om de condensatietemperatuur tijdelijk te verhogen tot boven de temperatuur van warm leidingwater. Daardoor verlaagt de COP-waarde van de warmtepomp.



[Thermia.com] (HGW = Hot Gas Water heater)



Figuur 91: Desuperheater voor warm water productie.

[swep.net]

19.4. Voorbeeld van 2 warmtepompcyclussen

In deze paragraaf wordt een ideale cyclus van een warmtepomp geanalyseerd (zonder drukvallen, geen oververhitting of onderkoeling, geen warmteverliezen in het koelmiddelcircuit). Een warmtepomp met koelmiddel R134a wordt gebruikt met:

GEVAL 1:

- Een verdampertemperatuur van 0°C (bv. een bron van 5°C)
- Een condensortemperatuur van 40°C (bv. een vloerverwarming van 35°C)

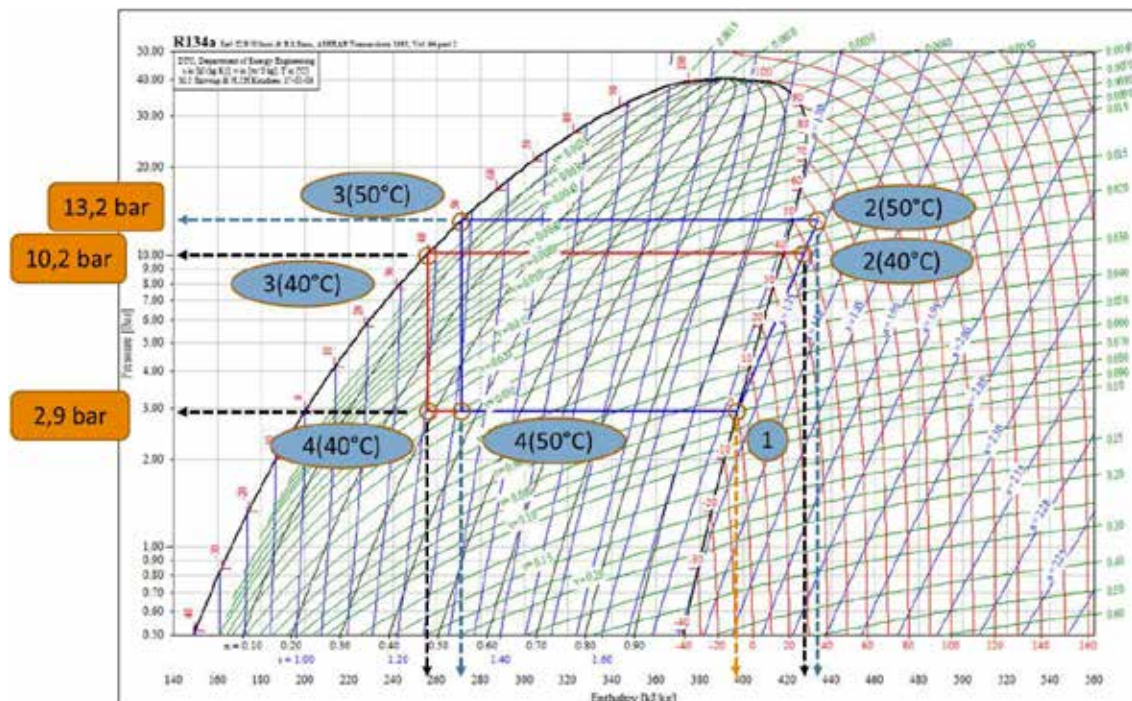
GEVAL 2:

- Een verdampertemperatuur van 0°C (bv. een bron van 5°C)
- Een condensortemperatuur van 50°C (bv. radiatoren op 45°C)

ANDERE GEGEVENS:

- De compressor heeft een compressierendement van 85%

Figuur 92 toont deze twee cycli in het log p-h diagram van R134a



Figuur 92: Log(p)-h diagram van R134a met 2 warmtepompcyclussen: 0/40 en 0/50 (figuur gemaakt met Coolpack).

De R134a-koelmiddelgegevens voor deze 2 gevallen zijn:

GEVAL 1: (condensortemperatuur = 40°C):

Punt	Druk (bar)	Temperatuur (°C)	Enthalpie (kJ/kg)
1	2,9	0	397
2	10,2	48	427
3	10,2	40	256
4	2,9	0	256

Onderdeel	Van punt	Tot punt	Nodige energie (kJ/kg)*
Verdamper	4	4	4
Compressor	1	1	1
Condensor	2	2	2
Expansieventiel	3	3	3

* Positief getal = energie door de warmtepomp geleverd; Negatief getal = energie aan de warmtepomp geleverd (door omgeving of door compressor)

$$COP_{GEVAL 1} = \frac{Q_{condensor}}{P_{compressor}} = \frac{m_{R134a}(h_2 - h_3)}{M_{R134a}(h_2 - h_1)} = \frac{171}{30} = 5,7$$

GEVAL 2: (condensortemperatuur = 50°C):

Punt	Druk (bar)	Temperatuur (°C)	Enthalpie (kJ/kg)
1	2,9	0	397
2	13,2	59	434
3	13,2	50	271
4	2,9	0	271

Onderdeel	Van punt	Tot punt	Nodige energie (kJ/kg)*
Verdamper	4	1	271-397 = -126
Compressor	1	2	397-434 = -37
Condensor	2	3	434-271 = 163
Expansieventiel	3	4	271-271 = 0

* Positief getal = energie door de warmtepomp geleverd; Negatief getal = energie aan de warmtepomp geleverd (door omgeving of door compressor)

$$COP_{GEVAL\ 2} = \frac{Q_{condensor}}{P_{compressor}} = \frac{m_{R134a}(h_2 - h_3)}{M_{R134a}(h_2 - h_1)} = \frac{163}{37} = 4,4$$

CONCLUSIE:

Als deze warmtepomp op radiatoren wordt aangesloten (condensortemperatuur = 50°C) in plaats van aan een vloerverwarming (condensortemperatuur = 40°C), dan daalt de COP van 5,7 naar 4,4.

Opgelet: in deze berekening zijn geen drukverliezen, warmteverliezen, ... in het koelmiddelcircuit meegerekend, noch elektrische verbruiken voor pompen en regeling, dus de werkelijke COP's en SCOP's zullen lager liggen.

19.5. Olie in het koelmiddelcircuit

In het koelmiddelcircuit circuleert naast koelmiddel ook olie. Olie heeft 3 hoofdfuncties:

- smering van de bewegende mechanische delen,
- lektheid,
- het is een motorvloeistof voor sommige regelvoorzieningen en een koelmiddel bij bijvoorbeeld schroefcompressoren.

De belangrijkste eigenschappen zijn:

- Smeervermogen: houdt verband met de dikte van de olielaag.
- Oplosbaarheid met het koelmiddel in gasvormige toestand.
- Mengbaarheid met het koelmiddel in vloeibare toestand.
- Viscositeit: bestand tegen temperatuurschommelingen.

De belangrijkste eigenschappen zijn: Ondanks de oliescheidingssystemen wordt olie in het hele systeem verspreid en heeft het de neiging om te blijven zitten in onderdelen waar de circulatiesnelheid laag is. De olie zet zich vast op de wanden van de warmtewisselaars (met name de verdamper) waardoor deze minder efficiënt worden. Als de olie niet op de juiste wijze naar de compressor terugstroomt, kan de oliepomp afslaan waardoor de machine kan stoppen.

De olie moet dus worden geselecteerd op basis van het koelmiddel, de mengbaarheid ervan en de oplosbaarheid met het koelmiddel, de werkingstemperaturen, het type en de technologie van de compressor. Elk koelmiddel heeft dus zijn eigen type olie.

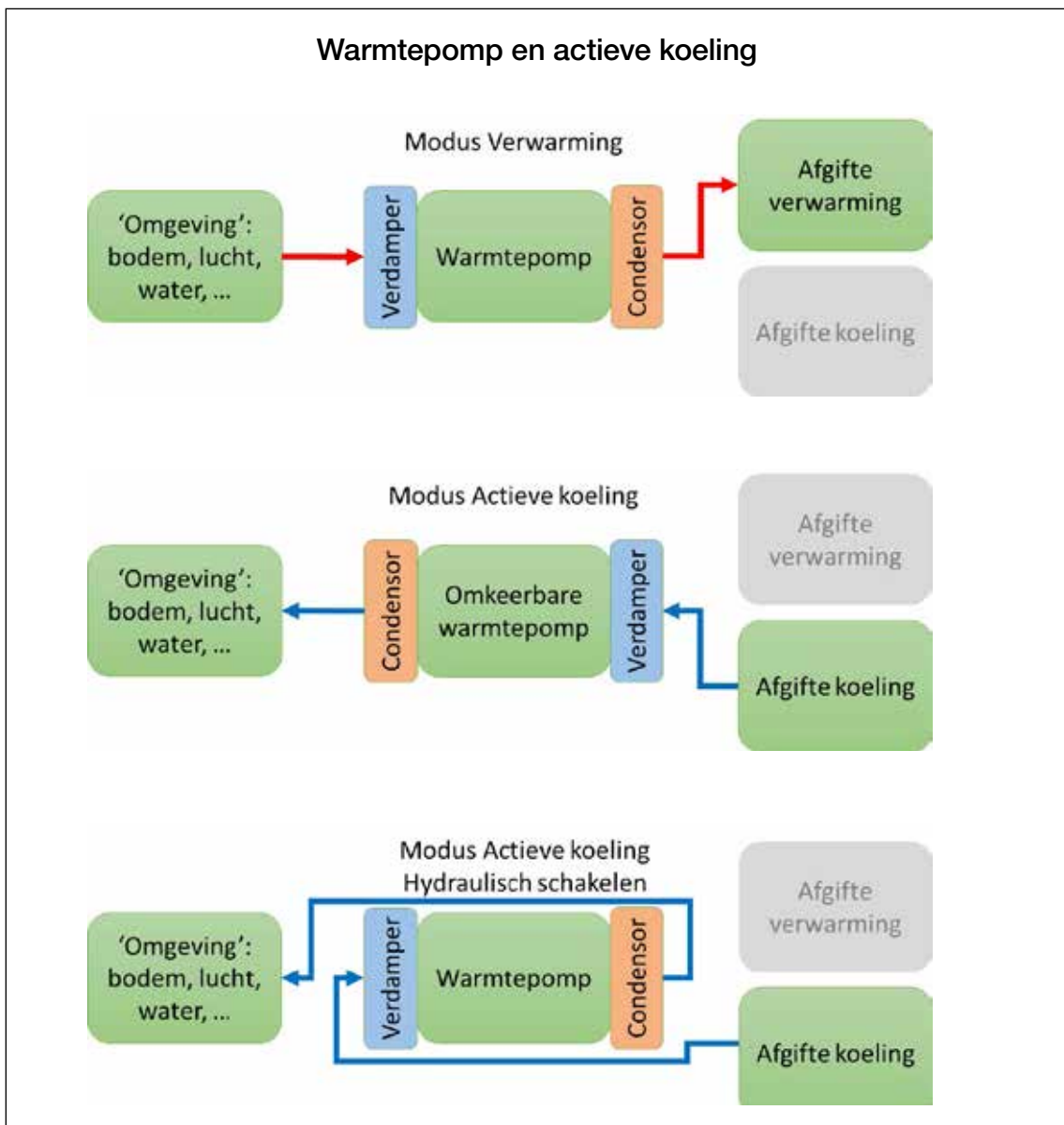
Andere eigenschappen kunnen dus zijn:

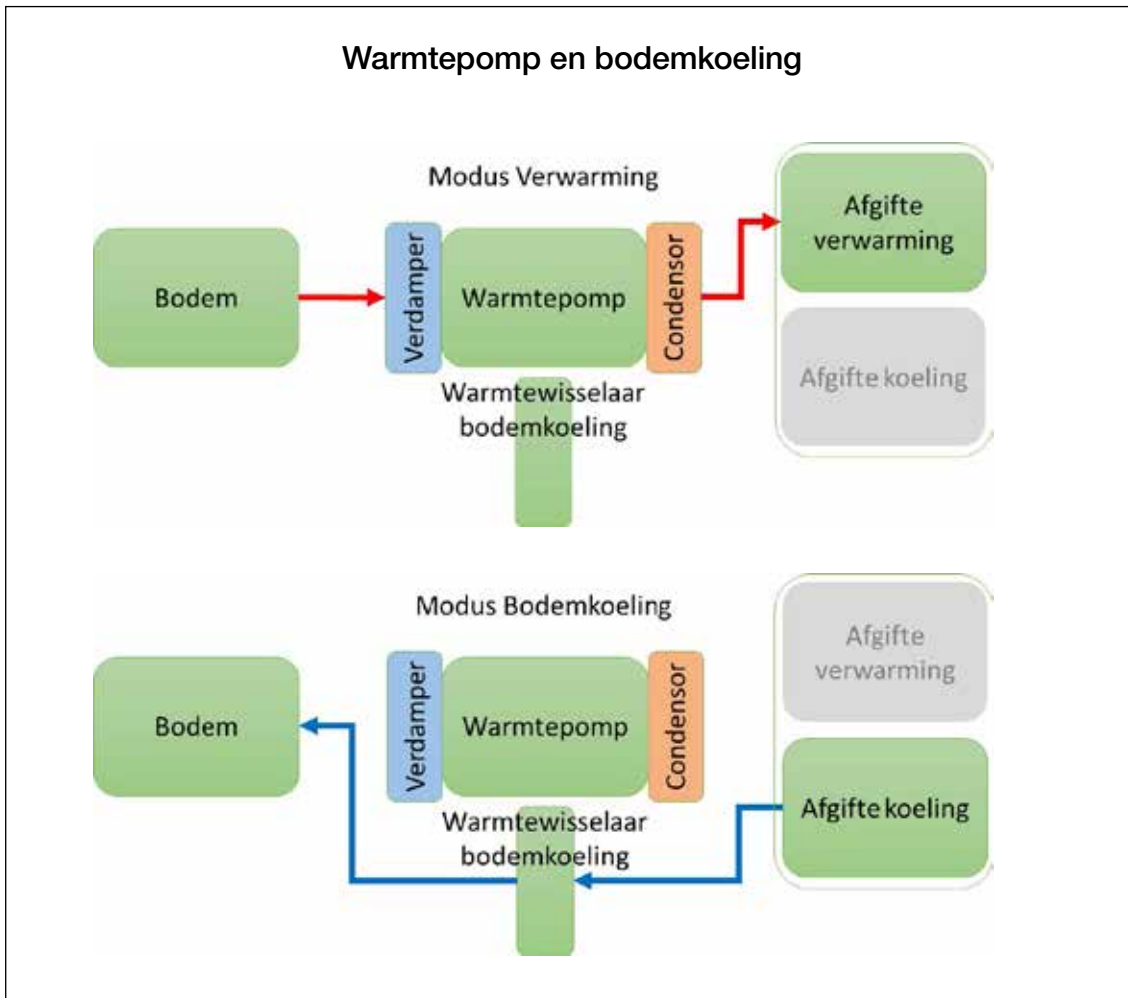
- Hoge weerstand van de smeerlaag voor de lektheid tussen de mannelijke en vrouwelijke rotoren van de schroefcompressoren
- Verwijdering van de warmte (rol van koeling)
- Vermindering van wrijving en slijtage van de compressoren met behoud van een geschikte viscositeit op lage temperatuur (vloeibaar blijven) maar ook op de stuwings temperatuur
- Bescherming tegen corrosie
- Compatibel met de afdichtingen
- Bestendigheid van de olie tegen hoge temperaturen om afzettingen bij hoge temperaturen te voorkomen

19.6. Koelen

Koeling met warmtepompinstallaties wordt onderverdeeld in twee groepen:

- Directe **bodemkoeling**: vloerverwarming of (ventilo-)convectoren die gedimensioneerd zijn voor verwarming worden via een warmtewisselaar verbonden met de bodemwarmtewisselaar van een bodem/water-warmtepomp. De warmtepomp zelf wordt uitgeschakeld tijdens het koelregime. Een volledige dekking van de koudebelasting is niet altijd mogelijk.
- Volledige **actieve koeling**: het distributiesysteem (via lucht- of water) wordt gedimensioneerd voor verwarming én koeling en de warmtepompcyclus is omkeerbaar.





Figuur 93: Koeling met (boven) omkeerbare warmtepomp en (onder) met directe bodemkoeling.

Merk op dat de koelcapaciteit van de omkeerbare warmtepomp hoger kan zijn dan de koeling van een hydraulisch distributiesysteem ontworpen voor vloerverwarming of convectoren (radiatoren zijn omwille van het condensatierisico niet geschikt voor koeling). Dat komt doordat de minimum temperatuur van de waterstroom beperkt moeten worden om het risico op condensatie te vermijden. Convectoren en ventilatorconvectoren kunnen gebruikt worden als de aanvoertemperatuur van het water laag is (<10C). Ze moeten dan wel voorzien zijn van een condensatieafvoer en de distributiebuizen moeten voldoende geïsoleerd zijn voor het gebruik van gekoeld water.

Als koelen de belangrijkste functie is, worden voor grote vermogens airconditioningsystemen (distributie via lucht, lucht-lucht warmtepompen, VRF-systemen) of distributie via (ventilo-)convectoren (lucht-water of grondwater-water warmtepompen) gebruikt.

Omkeerbare warmtepompen kunnen ontworpen worden om naargelang de ingestelde modus (ver-

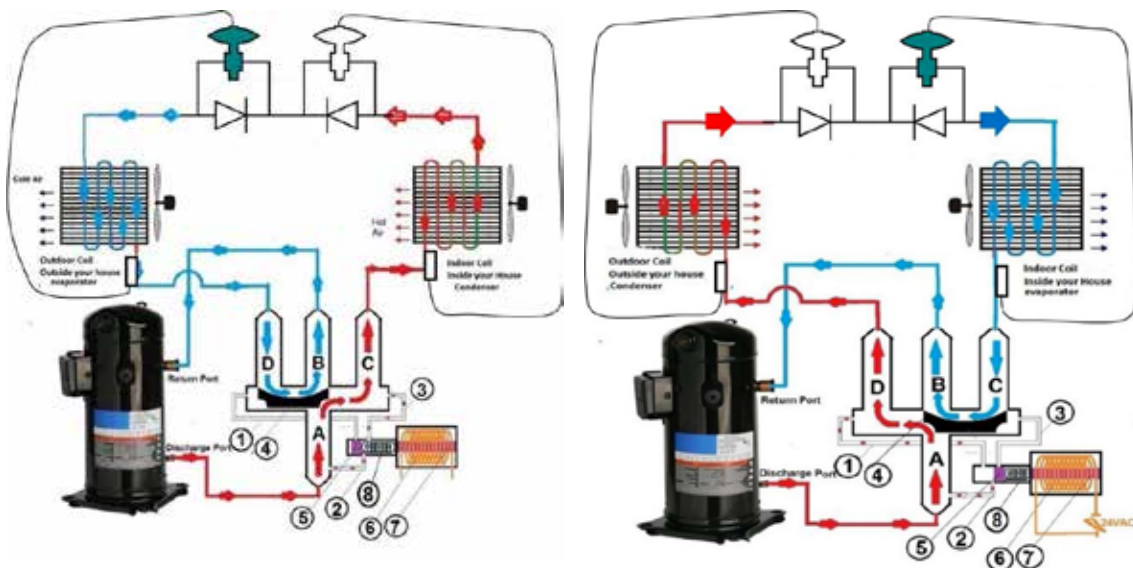
warming of koeling) een bepaalde hoeveelheid warmte/koude te genereren. Omkeerbare warmtepompinstallaties zijn wel complexer en vereisen dat bron en afgifte hierop voorzien zijn.

De ingestelde werkwijze van een omkeerbare warmtepomp kan veranderd worden door een vierwegklep te gebruiken. Dat verandert slechts de richting waarin het koelmiddel stroomt.



Figuur 94: Vierwegklep voor koelmiddel.

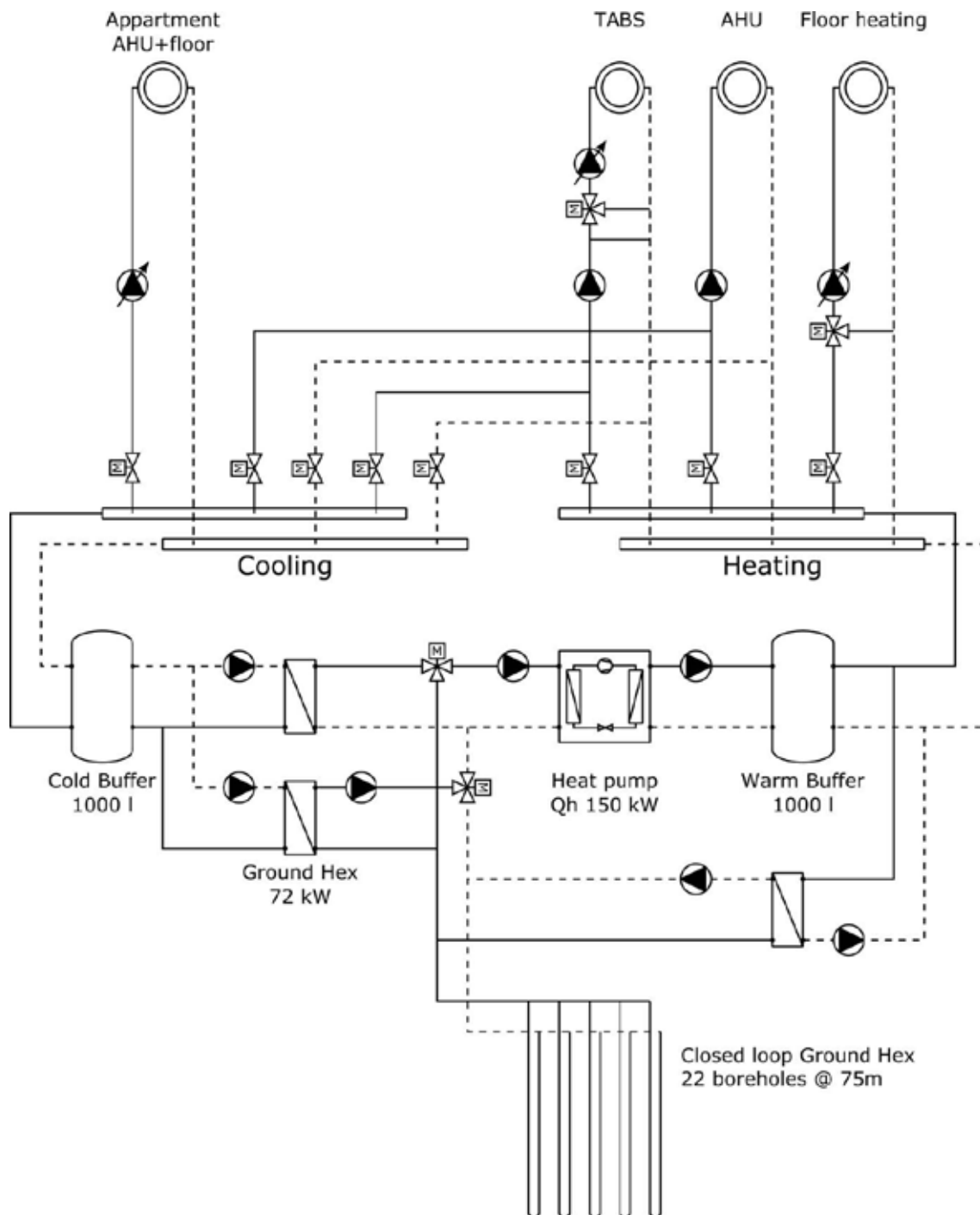
[www.heatpump-reviews.com; <https://youtu.be/8jr9d3KlfwY>]



[op basis van www.heatpump-reviews.com]

Figuur 95: Warmtepomp in (links) verwarmingmodus en (rechts) koelmodus.

Naast omkering van de koelmiddelcyclus, is het ook mogelijk om hydraulisch de warmtepomp om te keren. De onderstaande figuur is een schema van de installatie van Hollandsch Huys, een kantoorgebouw in Hasselt, waar op deze wijze actieve koeling mogelijk is.



[GeoTABS, Hollandsch Huys-Airdeck]

Figuur 96: Hydraulische omschakeling tussen verwarmen, bodemkoeling en actieve koeling.

20. Ontwerp en plaatsing van de warmtebron

20.1. Eigenschappen van een goede warmtebron

Een warmtebron voor een warmtepomp levert de nodige warmte op lage temperatuur aan de verdampers van de warmtepomp.

Een warmtebron is een warmtebatterij (net zoals een batterij dat voor elektrische energie is, of een stuwmeer dat voor potentiële energie is):

- Een warmtebron heeft een temperatuur \leftrightarrow Spanning (Volt) van een batterij
- Een warmtebron levert een warmtevermogen aan de verdampers van de warmtepomp.
 - Hoeveel? Nominaal verdampervermogen (kW)
 - Eigenschap: Door warmtevermogen te leveren aan de verdampers zal de temperatuur van de warmtebron dalen
- Een warmtebron heeft een (al dan niet eindige) energie-inhoud.
 - Hoeveel? Verdamperswarmte (kWh) die tijdens een verwarmingsseizoen moet geleverd worden
 - Eigenschap: De warmtebron kan die warmte leveren zonder dat de temperatuur daalt onder een bepaalde referentie-waarde.

De vereiste eigenschappen van een goede warmtebron zijn:

- Een warmtebron heeft een zo hoog mogelijk temperatuur (zorgt voor een hoge COP van de warmtepomp).
- Een warmtebron kan altijd het nodige vermogen aan de warmtepomp leveren.
- Een warmtebron kan de nodige energie leveren zonder onder de referentietemperatuur te dalen.
- Een warmtebron regenereert, d.w.z. dat als de warmtepomp gedurende een winter gedraaid heeft en als daardoor de temperatuur van de warmtebron gedaald is, er actief of passief warmte terug aangevoerd wordt zodat de temperatuur terug op de beginwaarde komt. De warmtebron is dan klaar voor het volgende verwarmingsseizoen.

Een fictief voorbeeld met een vat water van 2 als warmtebron. Het vat water is 10°C in het begin en mag niet afkoelen onder de 0°C.

Voor water geldt:

$$1\text{kWh warmte onttrekken doet } 1\text{m}^3 \text{ water met } 0,86^\circ\text{C dalen: } 0,86 \frac{^\circ\text{C m}^3}{\text{kWh}}$$

Vermogen van de warmtebron:

We hebben een warmtepomp voor verwarming met een vermogen van 10kW en een COP van 4

$$Q_{\text{condensor}} = 10\text{kW}; P_{\text{compressor}} = \frac{Q_{\text{condensor}}}{\text{COP}} = 2,5 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{warmtebron}} = Q_{\text{verdampers}} = Q_{\text{condensor}} - P_{\text{compressor}} = 7,5 \text{ kW}$$

De warmtebron moet dus 7,5 kW kunnen leveren. Als een circulatiepomp van 1,3m³/u water uit het vat naar de verdampers pompt, wordt dit water 5°C afgekoeld wanneer de verdampers er 7,5kW aan onttrekt.

Energie te leveren door de warmtebron:

Via de vollasturen maken we een schatting van het energieverbruik. Stel dat de warmtepomp 2000 vollasturen draait en dat de SCOP ook 4 is (hier is COP=SCOP voor de eenvoud, maar dat is in de realiteit niet zo).

$$E_{\text{verwarming}} = 10 \text{ kW} \times 2000\text{u} = 20000\text{kWh}$$

$$E_{\text{warmtebron}} = 7,5 \text{ kW} \times 2000\text{u} = 15000\text{kWh}$$

De warmtebron moet dus 15000kWh kunnen leveren zonder kouder te worden van 0°C: 15000kWh onttrekken aan het vat van 2000m³ zal de temperatuur van het vat doen dalen met 6,5°C.

$$\frac{0,86 \frac{^\circ\text{C m}^3}{\text{kWh}} \times 15000\text{kWh}}{2000\text{m}^3} = 6,5^\circ\text{C}$$

Het vat van 2000m³ zal dus aan het eind van de winter 3,5°C zijn. Dit is meer dan 0°C en het vat is dus geschikt als warmtebron voor de warmtepomp.

Regenereren van de warmtebron:

Stel dat het vat tijdens de zomer weer terug 10°C warm kan worden, op een passieve manier doordat het in de warme buitenlucht staat of op een actieve manier doordat er warmte ingestoken wordt door bijvoorbeeld zonnecollectoren, dan is het vat de volgende winter weer klaar als bron voor de warmtepomp.

Dus:

- Het vat als warmtebron kan het nominaal vermogen leveren via een circulatiepomp van 1,3m³/u
- Het vat als warmtebron kan de jaarlijkse verdamperenergie leveren en koelt dan af tot 3,5°C
- Het vat als warmtebron warmt tijdens de zomer weer op tot 10°C om klaar te zijn voor het volgende verwarmingsseizoen.

Dit watervat van 2000m³ zou dus kunnen dienen als warmtebron voor deze warmtepomp.

20.2. Horizontale bodemwarmtewisselaar

Bij het dimensioneren van de bodemcollector zijn de volgende parameters van belang:

- Geleidbaarheid van de bodem
- Bodemtemperatuur
- Ontwerp van de collector
- Specifieke energiewinning uit de bodem
- Plaatselijk klimaat
- Koelvermogen van de warmtepomp (uit verwarmingsvermogen + SCOP)
- Energiebehoefte per jaar

Voor de afmeting van een horizontale grondwarmtewisselaar bestaan er typische waarden voor het specifieke vermogen om warmte uit de bodem te extraheren. De volgende tabel toont de drie belangrijkste bodemtypes die op het terrein teruggevonden kunnen worden.

Samenstelling van de bodem	Specifieke kenmerken
Droge, niet-samenhangende grond	Verbrokkelt meteen, kan niet tot een bal gevormd worden en uitgerold worden (zand, grind)
Samenhangende grond, vochtig	Verbrokkelt niet, vaste structuur, kan tot een bal gevormd en uitgerold worden (klei, leem)
Met water verzadigd zand/grind	Zand of grind, permanent met water verzadigd

Tabel 35: Kenmerken van de bodem.

Tabel 36 toont de **hoeveelheid warmte** die per m² collectoroppervlakte onttrokken wordt. De waarden zijn geldig voor een gebruiksduur van 1.800 of 2.400 uur per jaar volgens VDI 4640 (Verein Deutscher Ingenieure, de Vereniging van Duitse Ingenieurs) en voor omstandigheden in Centraal-Europa. In speciale toepassingen met een langere jaarlijkse gebruiksduur moet ook rekening gehouden worden met de jaarlijkse hoeveelheid warmte die onttrokken wordt. Die bepaalt namelijk de invloed op lange termijn. Jaarlijks mag maximaal tussen 50 en 70 kWh/m² warmte onttrokken worden. Die waarden hebben uitsluitend betrekking op het gebruik van de warmtepomp voor verwarming. Als er warmte tijdens de zomer opgenomen wordt (koeling, herlading), dan kunnen de waarden verschillen.

Samenstelling van de bodem	Specifiek warmtevermogen dat onttrokken wordt	
	voor 1.800 h/a	voor 2.400 h/a
Droge, niet-samenhangende grond	10 W/m ²	8 W/m ²
Samenhangende grond, vochtig	20 - 30 W/m ²	16 - 24 W/m ²
Met water verzadigd zand/grind	40 W/m ²	32 W/m ²

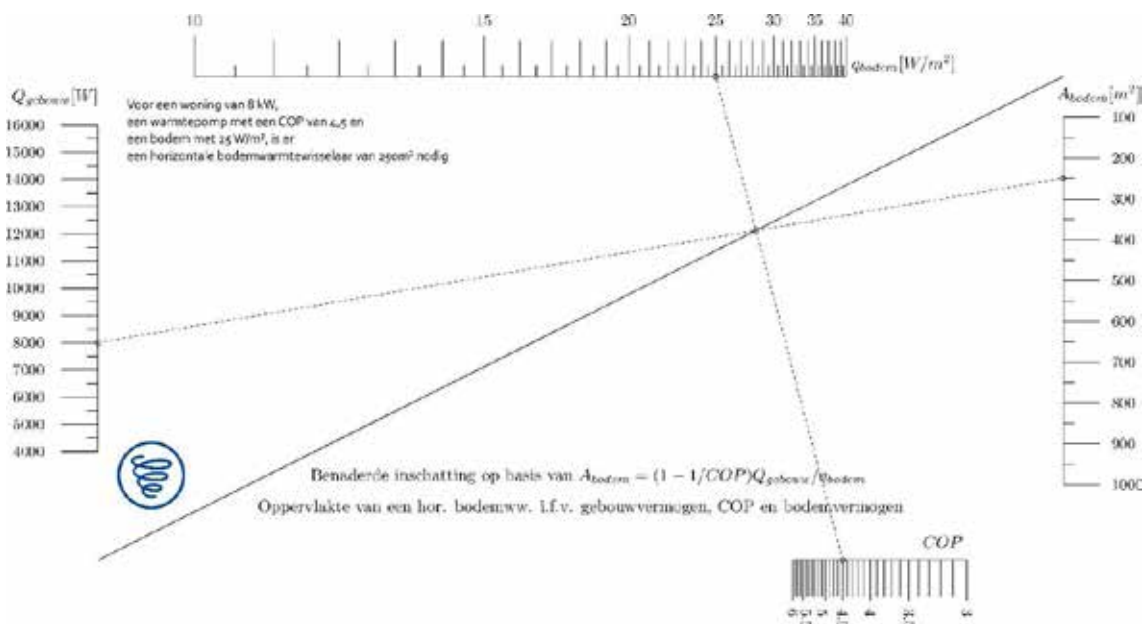
Tabel 36: Hoeveelheid warmte die onttrokken wordt volgens VDI 4640.

De mogelijke hoeveelheid warmte die onttrokken wordt, is ongeveer hetzelfde bij de meeste waterverzadigde bodems.

Met behulp van de warmtelast per m² van het gebouw, de COP van de warmtepomp bij ontwerpomstandigheden en het warmtevermogen van de bodem per m², wordt de verhouding van benodigd bodemoppervlak ten opzicht van verwarmd vloeroppervlak gegeven door de volgende formule:

$$\frac{A_{\text{bodem}} [m^2]}{A_{\text{gebouw}} [m^2]} = \left(1 - \frac{1}{COP} \right) \frac{q_{\text{warmtelast}} \left[\frac{W}{m^2} \right]}{q_{\text{bodem}} \left[\frac{W}{m^2} \right]}$$

Grafisch geeft dit het volgende beeld (voor COP=3 en voor COP=4 verschillende de waarden slecht licht). Opmerking: hoe efficiënter de warmtepomp, hoe hoger de COP, hoe groter het horizontaal captatienet zal zijn.



Tabel 36: Hoeveelheid warmte die onttrokken wordt volgens VDI 4640.

De graafdiepte moet tot minstens 20 cm onder de plaatselijke vorstlaag gaan. In België is de vorstgrens minimaal 60 cm beneden het maaiveld, maar vaak wordt 80 cm aangehouden. In Midden- en Zuid-Europa kan er slechts 0,6-0,8 meter diep gegraven worden. De collector moet bij voorkeur ook op een plaats in de tuin geplaatst worden waar er tijdens de winter niet gegraven moet worden omdat de sneeuw eigenlijk een isolerende laag vormt. Daardoor is de gemiddelde temperatuur in de bodem hoger.

Het moet mogelijk zijn om in de tuin een put te kunnen graven die diep genoeg is. Het toestel zal niet minder efficiënt gebruikt worden zolang een klein percentage van de collector (10-15%) minder diep dan de aanbevolen diepte geplaatst wordt.

Een gebruikelijke manier om de diepte van de bodem te controleren is door een standaard draadstang op een draagbare boormachine te installeren en dan gewoon proefboringen in de tuin uit te voeren.

De **afstand tussen de verzamelingen** moet groot genoeg zijn zodat de ijsringen rond de verzamelingen niet kunnen samengroeien. Bij een voldoende groot gedimensioneerd collectorveld zullen de ijsringen rond de leidingen beperkt blijven. De Code van Goede praktijk voor warmtepompen geeft de volgende richtlijn:

Met de totale benodigde collectoroppervlakte kan de totale buislengte berekend worden. Daarbij wordt de vereiste oppervlakte vermenigvuldigd met de buislengte in m per m² (g_{buis}). Deze karakteristiek is afhankelijk van de soort buis. Algemeen gesteld geldt: hoe dikker de buis, hoe minder buislengte per m².

Hieronder staan richtwaarden voor enkele kunststofbuizen (PE, hard PN10, Bron: Code van Goede Praktijk):

Buistype	g_{buis} , [m buis/m ²]
PE 20x2,0	3
PE 25x2,3	2
PE 32x2,9	1,5

$$\text{Totale buislengte} = \text{Collectoroppervlakte} \times g_{\text{buis}}$$

Aangezien de maximale lengte van een buiscircuit 100m is, betekent dat nu ook het aantal buiscircuits gekend is.

Individuele leidinglussen moeten beperkt worden tot een lengte van ongeveer 100 m. Anders zou de drukverlaging in de leidingen en de vereiste pompcapaciteit als gevolg daarvan te groot zijn. Alle leidingen moeten even lang zijn om dezelfde drukverlaging te creëren en dus dezelfde stromingsomstandigheden te hebben. Op die manier haalt het collectorveld gelijkmatig energie uit de grond.

$$\text{Aantal buiscircuits} = \frac{\text{Collectoroppervlakte}_{\text{buis}}}{100}$$

De leidinguiteinden komen samen in aanvoer- en retourverdelers die op een iets hoger punt geïnstalleerd worden (voor ventilatie). Elke leiding moet apart geïsoleerd kunnen worden, bv. voor een bedrijfszekere ontluchting of in het geval van beschadiging.

Voorbeeldberekening:

De warmtelast van de woning is 10 kW (40 W/m², 250m² verwarmde vloeroppervlakte).

De warmtepomp levert 10kW bij een gemiddelde temperatuur van ongeveer 0°C voor de binnenstromende brine en 35°C voor de toevoorzijde en de COP is 4 op het werkpunt (0/35).

De bodem is leemachtig en vochtig. De specifieke energiewinning voor vochtige leemachtige bodem vindt u in Tabel 36. ⇒ 25W/m²

De oppervlakte van de horizontale bodemcollector is dan (zie Figuur 97)

$$\text{Oppervlakte horizontale bodemcollector} = 1.2 \times \text{verwarmd vloeroppervlakte}$$

$$\text{Oppervlakte horizontale bodemcollector} = 1.2 \times 250 \text{ m}^2 = 300 \text{ m}^2$$

Of berekend met

De warmtecapaciteit van de warmtepomp is 10 kW en de COP is 4 op het werkpunt (0/35).

Koelcapaciteit van de warmtepomp P₀ = P_C – P_{el} = 10 kW – 2,5 kW = 7.5 kW

De bodem is leemachtig en vochtig. ⇒ 25W/m²

$$\text{Oppervlakte horizontale bodemcollector} = \frac{7500 \text{ W}}{25 \text{ W/m}^2} = 300 \text{ m}^2$$

Als we een PE-leiding van diameter 25 mm gebruiken mag met een tussenafstand van 0,5 m gewerkt worden (g_{buis} = 2). De totale lengte van de leidingen kan als volgt berekend worden:

$$\text{Lengte collectorleidingen} = \frac{\text{Collector opp.}}{\text{Tussenafstand}} = \frac{300 \text{ m}^2}{0,5 \text{ m}} = 600 \text{ m}$$

In dit geval moeten er 6 parallelle lussen met een lengte van 100 meter gekozen worden.

Verschillende fabrikanten van warmtepompen bieden software aan voor het ontwerp van horizontale collectoren.

20.3. Verticale bodemwarmtewisselaars

Een benaderende dimensionering volgt uit de onderstaande tabel.

Tabel: Mogelijke specifieke onttrekkingsvermogens voor bodemsondes	
(dubbele-U-lus; ca. 2.000 draaiuren) (conform VDI 4640 blad 2)	
(enkele U-lus: 15 à 25 % minder vermogen)	
Ondergrond	Specifiek warmteonttrekkingsvermogen (bij dubbele U-buis en ca. 2.000 draaiuren)
Algemene richtwaarden	
Slechte ondergrond (droog sediment) (<1,5W/(m.K))	20 W/m
Normale ondergrond vast gesteente en met water verzadigd sediment (1,5< <3,0 W/(m.K))	50 W/m
Vast gesteente met hoog warmtegeleidingsvermogen (>3,0 W/(m.K))	70 W/m
Types gesteente	
Kiezel, zand, droog	<20 W/m
Kiezel, zand, watervoerend	55-65 W/m
Klei, leem, vochtig	30-40 W/m
Kalksteen (massief)	45-60 W/m
Zandsteen	55-65 W/m
Zure stollingsgesteenten (bv. graniet)	55-70 W/m
Basische stollingsgesteenten (bv. basalt)	35-55 W/m
Gneis	60-70 W/m

Tabel 37: Dimensionering van verticale bodemsondes volgens VDI 4640.

ISSO-publicatie 73 "Ontwerp en uitvoering van verticale bodemwarmtewisselaars" presenteert een meer gedetailleerde methode. De Smartgeotherm website heeft deze methode omgezet in een online tool: <http://www.smartgeotherm.be/geothermische-screeningstool/>

De screeningtool bevat de volgende stappen (zie Tabel 38)

Locatie aanduiden + aangeven of het om een gesloten of een open bronsysteem gaat.

De bodem-eigenschappen en nodige vergunning komen als resultaat



Gegevens van gebouw, boorgatafwerking en warmtepomp ingeven



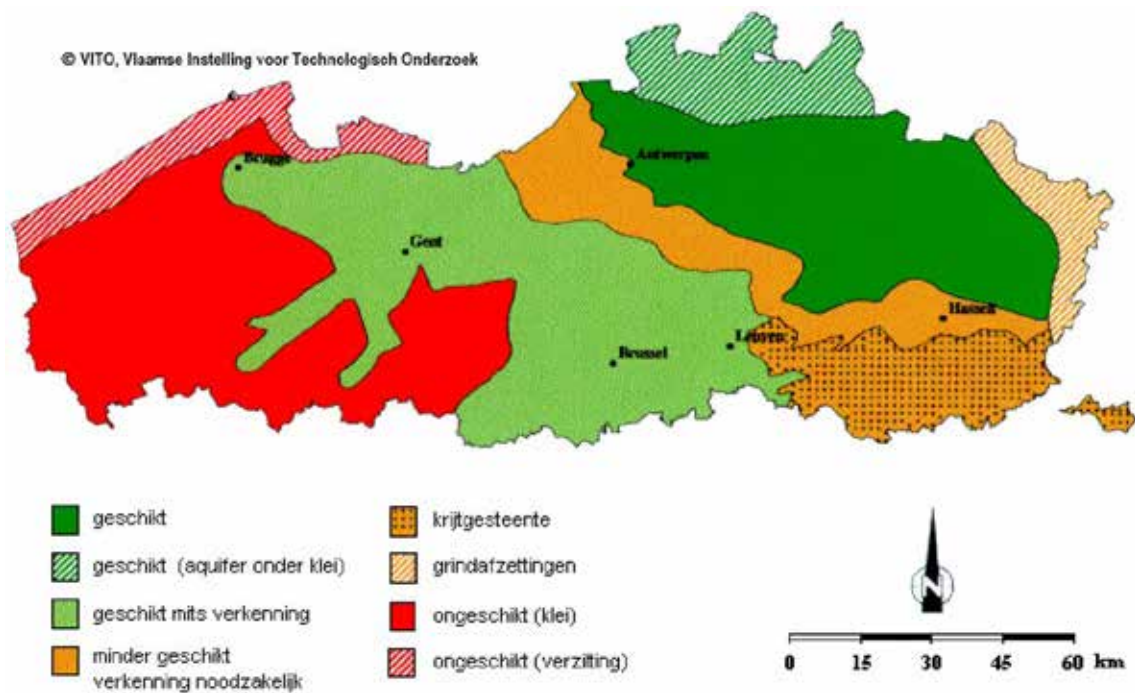
Resultaat: De mogelijke boorveldconfiguraties worden gegeven

Tabel 38: Stappenplan van de SmartGeotherm Screeningstool.

20.4. Grondwater en KWO in detail

Het opgepompte grondwater is de drager van de energie (koude of warmte) en daarom is de beschikbaarheid van het grondwater en de snelheid waarmee dit grondwater kan worden opgepompt, bepalend voor de haalbaarheid en het rendement van een KWO-installatie.

Zand is een materiaal waardoor grondwater snel door kan stromen en dus met een voldoende groot debiet kan worden opgepompt. Indien deze zandlaag aan de boven- en onderzijde wordt begrensd door een minder doordringbare kleilaag, spreekt men van een aquifers of watervoerende laag. In de Kempen zijn deze aquifers op een economisch haalbare diepte beschikbaar.



Figuur 98: Haalbaarheidskaart voor KWO-systemen.

Terwijl bovenstaande kaart een eerste indicatie geeft over de haalbaarheid van een KWO-installatie, moet ook nagegaan worden of er in de buurt andere installaties zijn die grondwater onttrekken.

De hoeveelheid grondwater die moet kunnen worden onttrokken, is ook afhankelijk van de koude en warmtebehoefte van het gebouw en de verhouding tussen de twee vermogens.

Bovendien mag men niet zonder meer grondwaterlagen aanboren. Afhankelijk van de locatie en het vereiste debiet, dient men de nodige vergunningen aan te vragen.

21. Ontwerp van de warmtepomp

Bij de installatie van een warmtepomp is het bijzonder belangrijk dat het vermogen nauwkeurig ingeschat wordt. Te grote warmtepompen zorgen voor onevenredig hoge aankoop- en installatiekosten en verkorten de levensduur van het systeem.

Dit hoofdstuk bevat een bondig overzicht van de nodige stappen om een warmtepompinstallatie te dimensioneren. In meer detail zijn deze stappen terug te vinden in bijvoorbeeld:

- WTCB rapport nr. 14: Ontwerp en dimensionering van centrale-verwarmingsinstallaties met warm water
- WTCB rapport nr.: 18: Dimensionering van vloerverwarmingssystemen met warmwaterbuizen

21.1. Vermogen voor verwarming van nieuwe gebouwen

De warmtebelasting van nieuwe gebouwen wordt bepaald volgens nationale normen en richtlijnen van berekeningsprocedures die in overeenstemming zijn met:

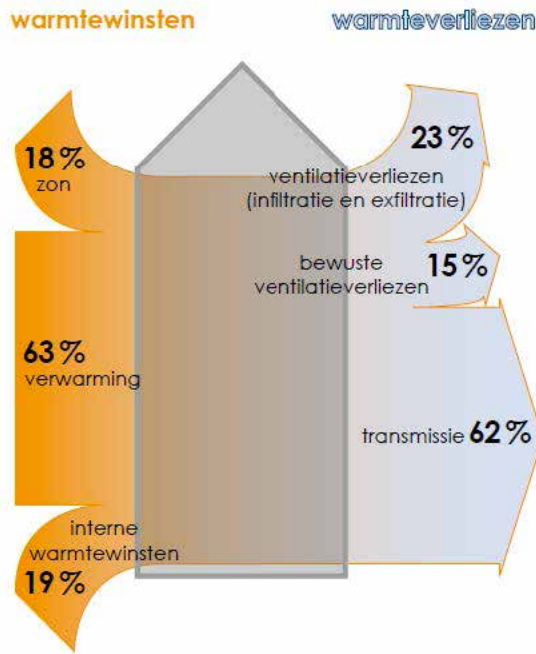
*EN 12831 Verwarmingssystemen in gebouwen -
Methode voor de berekening van de geplande warmtebelasting.*

De warmtebelasting moet berekend worden bij de nominale buitentemperatuur die door nationale richtlijnen vastgelegd is voor de regio waar de warmtepomp geïnstalleerd moet worden. EN12831 berekent de totale warmtebelasting op basis van drie delen:

1. **Transmissieverliezen:** warmteverlies doorheen wanden, ramen, ...
2. **Ventilatieverlies:** warmteverlies via infiltratie, passieve of actieve ventilatie
3. **Extra warmtevermogen voor opstart:** om een afgekoeld gebouw tot op de gewenste temperatuur te brengen

OPMERKING: voor warmtepompsystemen met vloerverwarming en/of in een goed geïsoleerde woning (die 's nachts weinig afkoelt) kan het opstartvermogen achterwege gelaten worden.

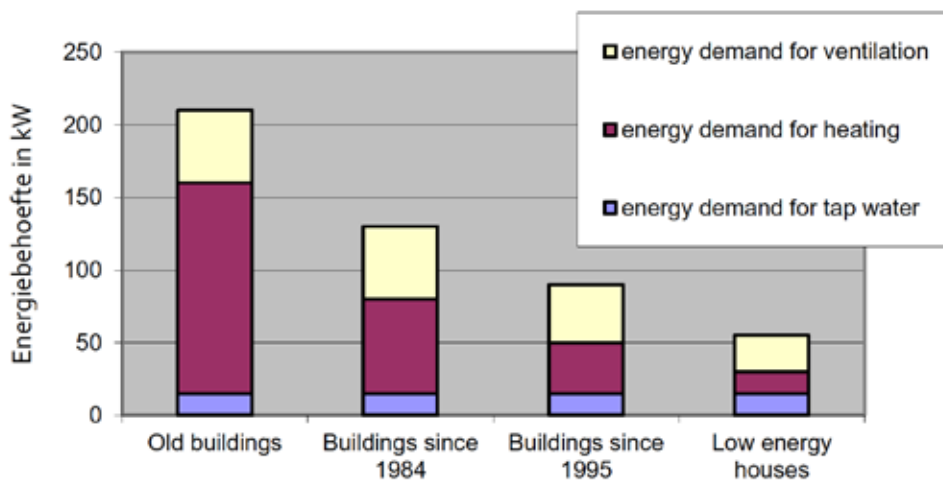
Figuur 99 geeft de energiebalans van een K40 woning weer.



Figuur 99: Warmtebalans van een K40 woning.

Uit ervaring in Duitsland blijkt dat we de volgende warmtebelasting kunnen verwachten:

- Oude gebouwen – meer dan 75 W/m²
- Oude gebouwen met goede isolatie 75 W/m²
- Nieuwe gebouwen met goede isolatie 50 W/m²
- Energiezuinige gebouwen 30 W/m² of minder



Figuur 100: Warmtebelasting in woongebouwen naargelang de ouderdom (volgens Duitse richtlijnen).

Referenties:

- Europese norm EN12831 (2014): Verwarmingssystemen in gebouwen – Methode voor de berekening van de ontwerpwarmtebelasting
- EN12831 nationale bijlage (2015)
- ATIC (2015): Praktijkgids voor de berekening van warmteverliezen van gebouwen, Leidraad bij het toepassen van de norm NBN EN 12831 voor de Belgische bouw- en installatiepraktijk (i.s.m. WTCB en SECO)
- WTCB Excel rekentool EN 12831 (via www.WTCB.be)
- Rekentools Kenniscentrum Energie: <http://kce.thomasmore.be/rekentools.html>

21.2. Vermogen voor verwarming van bestaande gebouwen

Van bestaande gebouwen is de beschikbare informatie over isolatiegraad en gebruikte materialen meestal beperkter en kan het nodig zijn om een schatting te maken.

21.2.1. Kenplaatje van de bestaande verwarmingsinstallatie

Het vermogen van de bestaande stookolie- of gasketel, of de bestaande warmtepomp geven een idee van het nodige vermogen.

LET OP: oude installaties zijn vaak overgedimensioneerd met een factor 1,5 – 2.

21.2.2. Op basis van het stookolie of gasverbruik en (een schatting van) het aantal vollasturen

Voor bestaande gebouwen waaraan niets anders veranderd is, kan het energieverbruik (olie, natuurlijk gas) uit de vorige jaren een beter beeld geven van de warmtebelasting dan de theoretische warmtebehoefte per m² of m³.

De warmtebelasting van gezinswoningen met een bestaande cv-ketel kan bij benadering geschat worden op basis van het jaarlijkse verbruik van aardgas of stookolie of aan de hand van de volgende empirische formule:

$$Q_H [kW] = \frac{\text{aardgasverbruik [m}^3\text{]} \times 11 \text{ kWh/m}^3}{\text{aantal vollasturen [uur]}}$$

$$Q_H [kW] = \frac{\text{stookolieverbruik [m}^3\text{]} \times 10 \text{ kWh/m}^3}{\text{aantal vollasturen [uur]}}$$

Als het aantal vollasturen van een gebouw niet gekend is (uit bv. de regelaar van het verwarmings-toestel), kan de onderstaande tabel een indicatie geven.

Vollasturen op basis van ketelvermogen

GEBOUWFUNCTIE	VOLLASTUREN (UUR/JAAR)
Verzorginghuizen	1.300 - 1.900
Ziekenhuizen	1.500 - 2.000
Kantoren	900 - 1.600
Scholen	800 - 1.300
Woningen	1.200 - 1.500
Overige	1.000 - 2.000

Is het aantal vollasturen lager dan het minimum, dan is de installatie waarschijnlijk overgedimensioneerd. Dit leidt tot hoge stilstandsverliezen en een laag gebruiksrendement.

Bron: Meijer E&M, 2005

Tabel 39: Typische vollasturen. [SenterNovem, Cijfers en Tabellen 2007].

LET OP: oude installaties zijn vaak overgedimensioneerd met een factor 1,5 – 2 en kunnen dus lagere vollasturen hebben dan deze cijfers.

In vele gevallen waarbij een cv-ketel vervangen wordt door een warmtepomp zal de isolatiewaarde van het huis meteen ook verbeteren. De volledige warmtebelasting moet dus altijd berekend worden, net als bij een nieuw huis.

21.2.3. Overdimensionering inschatten op basis van het stookolie of gasverbruik en het opgesteld ketelvermogen

Als het stookolie of gasverbruik gekend zijn, kan aan de hand van het kenplaatje van de ketel een inschatting gemaakt worden van de overdimensionering van de ketel.

Hiervoor worden de bovenstaande formules herschreven:

$$\text{aantal vollasturen [uur]} = \frac{\text{aardgasverbruik [m}^3\text{]} \times 11 \text{ kWh/m}^3}{Q_{\text{ketel}} [\text{kW}]}$$

$$\text{aantal vollasturen [uur]} = \frac{\text{stookolieverbruik [m}^3\text{]} \times 10 \text{ kWh/m}^3}{Q_{\text{ketel}} [\text{kW}]}$$

Als het aantal vollasturen kleiner is dan 1200 à 1500 (typische waarden voor woningen, zie de SenterNovem Tabel 39), dan is de installatie waarschijnlijk overgedimensioneerd. Een inschatting van de overdimensionering volgt uit:

1. Bereken een schatting van het aantal vollasturen a.h.v. het verbruik en het opgesteld vermogen (bovenstaande formule)
2. Is dit resultaat kleiner dan 1200 à 1500, dan is er overdimensionering
3. Bereken een schatting van het op te stellen vermogen a.h.v. het verbruik en het minimum aantal vollasturen (zie SenterNovem-tabel)
4. Overdimensionering = opgesteld vermogen / geschat op te stellen vermogen

OPMERKING: overdimensionering is nadelig voor het rendement en de levensduur van de installatie. De productie (verbrandingsketel of warmtepomp) zal veel vaker aan-uit werking vertonen. Dit leidt tot stilstandsverliezen, slechtere werking en specifiek bij warmtepompen tot o.a. een grotere slijtage van de compressor. Een modulerende werking kan dit ten dele opvangen, maar een juiste selectie van het vermogen blijft belangrijk.

21.3. Vermogen voor sanitair warm water

Het vermogen dat moet voorzien worden voor de opwarming van sanitair warm water, hangt sterk af van:

- Het aantal liter warm water dat moet voorzien worden
- de wijze waarop het warm water bereid wordt

21.3.1. Aantal liter sanitair warm water

Verskillende vuistregels bestaan voor het bepalen van de hoeveelheid warm water per dag. Voor woongebouwen geeft Tabel 40 richtwaarden.

Bron	Richtwaarde [liter/pers.dag]	Verbruikstemperatuur[°C]
WTCB	50	40°C
VDI 2067, hoge eisen	70-140	40°C
VDI 2067, gemiddelde eisen	35-70	40°C
VDI 2067, lage eisen	20-35	40°C

Tabel 40: Warm water verbruik in woongebouwen.

De temperatuur waarbij het water wordt gebufferd is hoger dan de gebruikstemperatuur. Het dagverbruik wordt omgerekend via:

$$\text{dagverbruik } [@T_{\text{opslag}}] = \frac{\text{dagverbruik } (@T_{\text{verbruik}}) \times (T_{\text{verbruik}} - 10)}{(T_{\text{opslag}} - 10)}$$

De methode uit de Code van Goede Praktijk voor warmtepompen neemt nog een kleine veiligheid voor het niet-gebruikte deel van het buffervat en om een marge in te rekenen:

$$\text{Opslagvolume} = 1.2 \times (\text{dagverbruik } (@T_{\text{opslag}}) + 40) \text{ [l]}$$

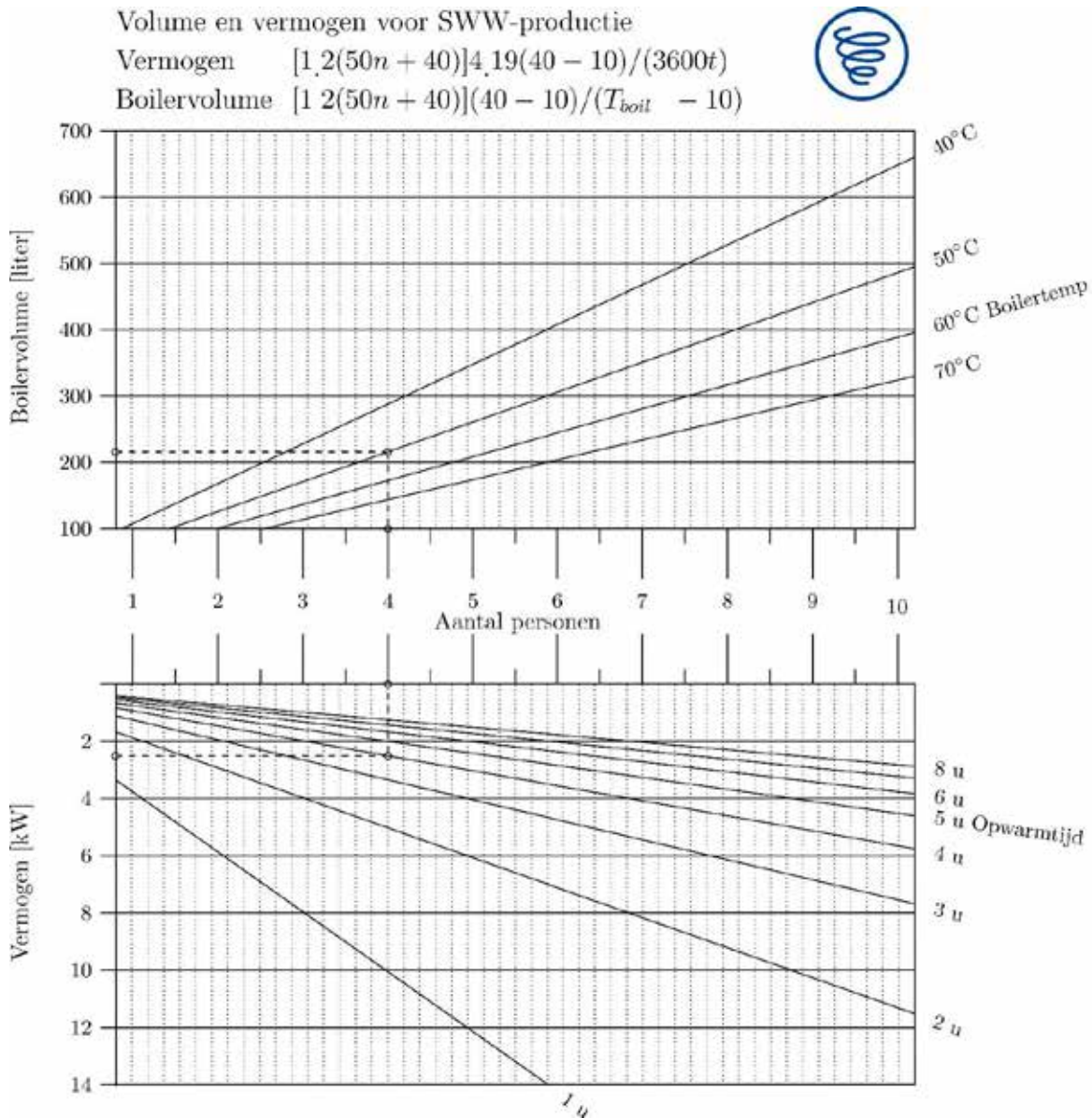
21.3.2. Wijze van warm water productie

Het sanitair warm water kan op verschillende manieren geproduceerd worden:

- Ogenblikkelijk (doorstromer): Niet geschikt voor warmtepompen
- 100% opslag van dagverbruik

$$Q_{\text{SWW}} = \frac{\text{opslagvolume [liter]} \times 4.19 \times (T_{\text{warm}} - T_{\text{koud}})}{\text{Opwarmtijd (uur)} \times 3600} \text{ [kW]}$$

Voor een warmwatertemperatuur van 40°C, een koudwatertemperatuur van 10°C betekent dit per persoon een te voorzien vermogen zoals aangegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 101: Boilervolume en te voorzien vermogen voor de productie van sanitair warm water (met opslagvolume incl. reserve, met een koudwatertemperatuur van 10°C).

De warmtepomp of een backupsysteem of een combinatie van beide (hybridesysteem) kunnen het nodige vermogen leveren.

WTCB rapport 14 bevat een gedetailleerde procedure om bij complexere installaties (bv appartementen met een grote gelijktijdigheid in de productie) een berekening van de nodige hoeveelheid warm water en van het nodige vermogen uit te voeren.

In de praktijk bieden vele warmtepompfabrikanten boilers aan die speciaal ontworpen zijn voor de opslag van warm water. Deze boilers hebben geïntegreerde regelaars voor hun systeem. Die kunnen geselecteerd worden naargelang de grootte van het huis en het aantal inwoners.

Referenties:

- Vlaams Energieagentschap, Code van goede praktijk voor de toepassing van warmtepomp-systemen in de woningbouw
- WTCB rapport 14: Ontwerp en dimensionering van centrale-verwarmingssystemen met warm water
- EN15450: Verwarmingssystemen in gebouwen: Ontwerp van warmtepomp-verwarmingssystemen

21.3.3. Piekdebiet sanitair warm water

Toepassing	Gebruikstemperatuur [°C]	Debiet [Liter/min @ 60°C]	
		DIN1988 (advies WTCB)	Reële productinfo
Lavabo	40	4.2	< 6
Douche	40	9	6 - 30
Bad	40	9	9 - 18
Keukenaanrecht	55	6	3.6 - 12

Tabel 41: Ontwerpdebieten voor warm water.
[Kenniscentrum Energie, WTCB, <https://www.instal2020.be>]

Het reële tapdebiet kan sterk verschillen van de gestandaardiseerde waarde, het verdient daarom de aanbeveling om steeds de reële debieten na te gaan.

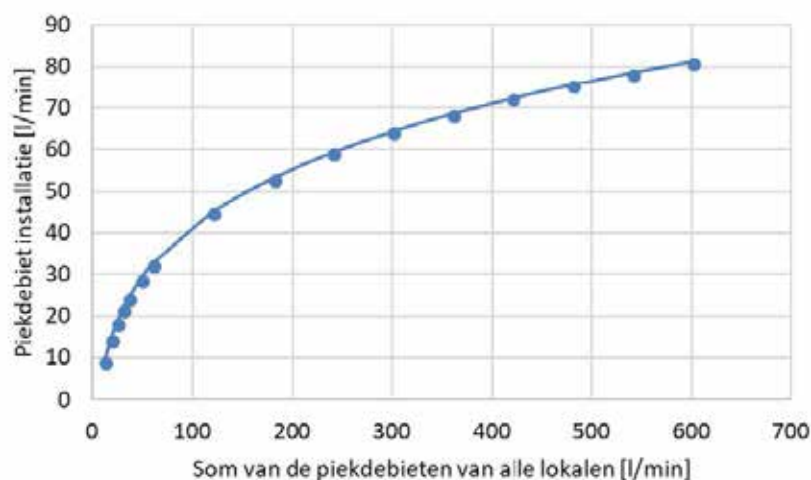
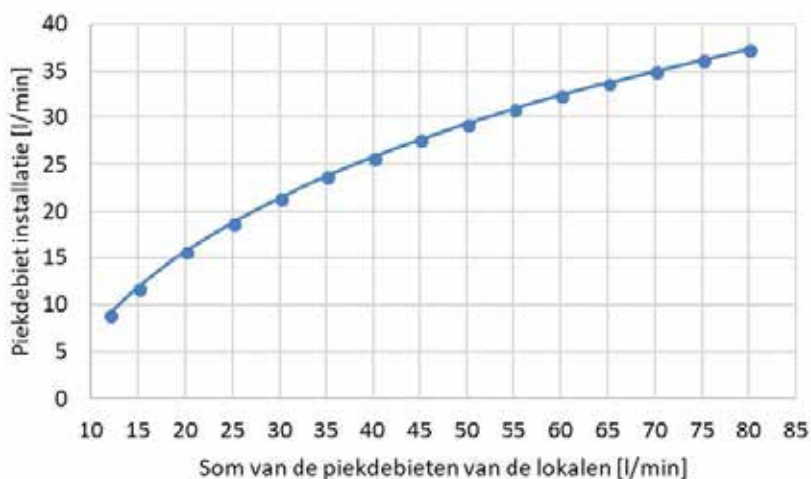
De stappen om het piekdebiet aan warm water te bepalen zijn de volgende [DIN1988-300]:

- Stap 1: Bepaal het aantal en type tappunten (zie Tabel 41)
- Stap 2: Piekdebiet per lokaal: Tel **PER LOKAAL** de verbruikers op, maar hou rekening met:
 - o Douche + bad: tel enkel het bad
 - o 2 lavabo's: tel enkel één lavabo
 - o (de praktijk wijst uit dat twee gelijkaardige tappunten in één lokaal zelden samen gebruikt worden)
- Stap 3: Tel alle piekdebieten per lokaal op
- Stap 4: Hou rekening met de gelijktijdigheid (onderstaande is enkel geldig voor woon-gebouwen):

voor $Som\ piekdebieten_{lokaal} < 12$: $Piekdebiet_{totaal} = Som\ piekdebieten_{lokaal}$

voor $Som\ piekdebieten_{lokaal} > 12$: $Piekdebiet_{totaal} = 40.8 (Som\ piekdebieten_{lokaal})^{0.19} - 56.4$

met de debieten in [l/min] of via de onderstaande grafiek

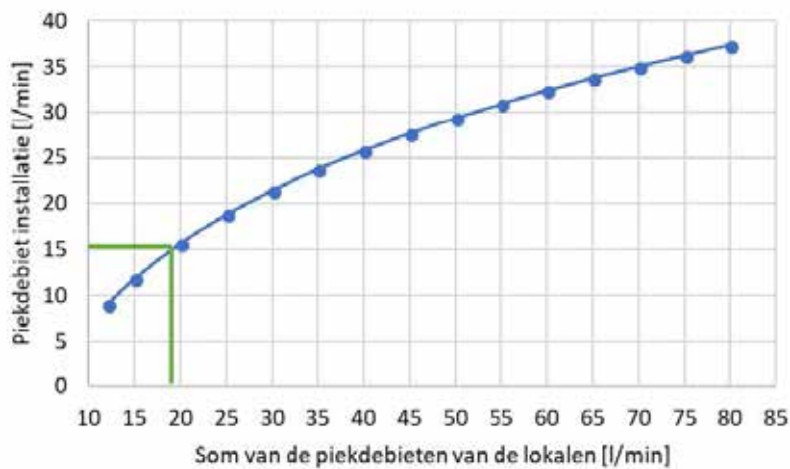


Figuur 102:
Verband tussen het
piekdebiet van de lokalen
(als > 12 l/min) en het
piekdebiet van de installatie
[DIN1988-300]

Voorbeeld:

Een appartementsgebouw heeft 4 appartementen met

- Stap 1:
 - o elk een badkamer met douche, bad en 2 lavabo's
 - o Keuken met aanrecht
- Stap 2:
 - o Badkamer: $\text{piekdebiet} = 9 + 4.2 = 13.2 \text{ l/min}$
 - o Keuken: $\text{piekdebiet} = 6 \text{ l/min}$
- Stap 3:
 - o 1 appartement: $\text{Som piekdebieten} = 13.2 + 6 = 19.2 \text{ l/min}$
 - o 4 appartementen: $\text{Som piekdebieten} = 4 (13.2 + 6) = 129.2 \text{ l/min}$
- Stap 4:
 - o 1 appartement: $\text{Piekdebiet}_{\text{totaal}} = 40.8 (19.2)^{0.19} - 56.4 = 15.1 \text{ l/min}$
 - o 4 appartementen: $\text{Piekdebiet}_{\text{totaal}} = 40.8 (129.6)^{0.19} - 56.4 = 40.41 \text{ l/min}$



Figuur 103:
Piekdebiet voor
sanitair warm water
van 1 appartement uit
het rekenvoorbeeld.

Het gebouw met 4 appartementen zal dus een piekdebiet hebben van 40.4 l/min.

21.4. Bepaling van de verwarmingscapaciteit van de warmtepomp

De verwarmingscapaciteit van een warmtepomp wordt bepaald aan de hand van de benodigde verwarmingsenergie bij de nominale buitentemperatuur. De warmtebelasting van het gebouw bepaalt in grote mate de warmtebehoefte. Er moet ook rekening gehouden worden met de productie van huishoudelijk warm water en de beschikbaarheid van de warmtepomp.

21.4.1. Gelijktijdige productie van verwarming en warm water

Volgens EN15450 is de vereiste warmtetoevoer gelijk aan het totaal van de warmtebelasting van het gebouw plus het warmwaterverbruik. Elk van deze waarden wordt met het gepaste ontwerpaspect vermenigvuldigd.

$$Q_{WP} [kW] = f_{WL} Q_{WL} + f_{SWW} Q_{SWW} + f_{add} Q_{add}$$

Met:

- Q_{WP} : Vermogen van de warmtepomp [kW]
- Q_{WL} : Vermogen voor verwarming (WarmteLast) [kW] (zie EN12831 of andere methoden)
- Q_{SWW} : Vermogen voor de productie van sanitair warm water [kW]
- Q_{add} : eventueel additioneel vermogen (voor bv. zwembad)
- f_{WL} : factor voor de warmtelast
- f_{SWW} : factor voor sanitair warm water
- f_{add} : factor voor de additionele productie

Deze ontwerpaspecten worden bepaald in tabel 4 van EN 15450 Verwarmingssystemen in gebouwen — Methode voor de berekening van de geplande warmtebelasting

Belasting	Factor	Thermische gebouwmassa	Waarde
Warmtebelasting	f_{WL}	Lage gebouwmassa (verlaagde plafonds, verhoogde vloeren): $C_i \leq 20 \text{ Wh/m}^3\text{K}$	1.00
		Medium gebouwmassa (betonvloer/plafond, lichte wanden) : $20 \text{ Wh/m}^3\text{K} \leq C_i \leq 40 \text{ Wh/m}^3\text{K}$	0.95
		Hoge gebouwmassa (betonvloer/plafond, baksteen of betonwanden) : $C_i \geq 40 \text{ Wh/m}^3\text{K}$	0.90
Sanitair warm water	f_{SWW}		1.00
Additioneel	f_{add}		1.00

Met C_i : de effectieve interne warmtecapaciteit van het gebouw [$\text{Wh/m}^3\text{K}$]

21.4.2. Niet-gelijktijdige productie van verwarming en warm water

Als de warmtepompregeling garandeert dat verwarming en sanitair warm water productie niet gelijktijdig kunnen voorkomen (opslagbuffer voor SWW die 's nachts wordt opgeladen bv.), kan gekozen worden om het warmtepompvermogen te bepalen volgens de grootste van de twee vermogens Q_{WL} en Q_{SWW} :

$$Q_{WP} [kW] = \max(Q_{WL}, Q_{SWW})$$

21.4.3. Andere aspecten

Het druist misschien in tegen de intuïtie dat de warmtecapaciteit lager moet zijn dan de warmtebelasting. De schatting van de warmtebelasting volgens EN12831 laat echter al distributieverliezen toe en houdt rekening met de "opwarmingscapaciteit".

Als de warmtebelasting voor ruimteverwarming enkel berekend wordt voor het permanente warmteverlies bij nominale omstandigheden dan moet de vereiste warmtepompcapaciteit gelijk zijn aan of hoger zijn dan de berekende belasting.

21.4.4. Keuze van de warmtepomp

Systeemontwerpers moeten er ook voor zorgen dat de warmtepomp de vereiste verwarmingscapaciteit kan leveren bij nominale omstandigheden volgens EN12831. Dat kan verschillend zijn afhankelijk van de testomstandigheden van de fabrikant, bv. een "10 kW" luchtwarmtepomp die getest werd voor een buitentemperatuur van +7C (EN 14511 nominale standaardomstandigheden) zal geen 10 kW produceren bij een lagere buitentemperatuur. Vraag altijd een bevestiging van de fabrikant dat de capaciteit bij nominale omstandigheden volgens EN12831 gemeten is.

21.4.5. Uitschakelperiode in rekening brengen

Elektriciteitsleveranciers zullen in de toekomst speciale tarieven voor warmtepompen aanbieden die het gebruik van de warmtepomp beperken tijdens piekperiodes in de elektriciteitstoevoer (bv. de warmtepomp 3 keer per dag gedurende 2 uur uitschakelen). Dat betekent dat ervan uitgegaan moet worden dat de warmtepomp niet volledig gebruikt wordt en het belangrijk is om de capaciteit van de warmtepomp te verhogen en zo de uitschakeltijd te compenseren. De vereiste verwarmingscapaciteit van de warmtepomp kan berekend worden met behulp van de volgende formules.

$$Q_{WP} [kW] = \text{Warmtebelasting } Q_H [kW] \times \frac{24 \text{ [uur]}}{\text{beschikbaarheid [uur]}}$$

$$\text{beschikbaarheid [uur]} = 24 \text{ uur} - (\text{maximale uitschakelijperiode} \times \text{frequentie per dag})$$

OPMERKING: de uitschakelperiode zal vooral een invloed hebben op de dimensionering van de thermische buffer in het verwarmingssysteem.

21.5. Bepaling van de koelbelasting van een gebouw

Wat betreft koeling is er geen direct equivalent voor EN 12831 of EN 15450 (Verwarmingssystemen in gebouwen. Ontwerp van warmtepomp-verwarmingssystemen).

[tekst op basis van EPB-pedia]

In een koel klimaat zoals in België blijft de kans op zomerse oververhitting in woongebouwen klein genoeg om het zonder een koelsysteem zoals een airco, te kunnen stellen. Met een doordacht ontwerp kunt u oververhitting beperken. Het gebouw raakt niet oververhit als in de ontwerpfase aandacht is besteed aan:

- de oriëntatie van de vensters;
- het beperken van de hoeveelheid beglazing;
- een lage zonnetoetredingsfactor (g-waarde) van de beglazing.
- Let op! Zonwerend glas laat ook in de winter minder warmte door, terwijl u dan die gratis zonwarmte wel kunt gebruiken.... Bladverliezende bomen zijn een logische oplossing: in de zomer schermen de bladeren de zon af en in de winter laten de kale takken de zon door.
- een effectieve zonnewering voorzien aan vensters die directe bezonning krijgen (zoals selectieve beglazing);
- de vensters beschaduwen door luifels
- de effectieve thermische massa opdrijven: een bouwwijze toepassen met een zekere 'zwaarte'. Een lichte bouwwijze (bijvoorbeeld houtskeletconstructie) kan het oververhittingsrisico doen toenemen. Metselwerk of beton hebben meer thermische capaciteit: ze slaan de warmte beter op in hun massa.
- voorzieningen voor intensieve ventilatie aanbrengen: bijvoorbeeld voldoende vensters die u kunt openzetten.
- nachtelijke ventilatie om het gebouw te koelen.

Om de koelbelasting nauwkeurig te kunnen schatten moet de installateur aan de architect vragen om thermische modellering met behulp van dynamische simulatieprogramma's toe te passen. Dat gebeurt aan de hand van de gepaste software die rekening houdt met de bouw van het gebouw (inclusief raamoppervlakte), oriëntatie, invalshoek van de zon, schaduweffecten, ventilatiecapaciteit en inwendige warmtewinsten voor elke zone samen met het veronderstelde zomerklimaat.

Referenties:

- ISSO Kleintje Koellast
- VDI 2018 (de oude versie van 1996 bevat een hand-rekenmethode)
- Dynamische simulatieprogramma's: TRNSYS, EnergyPlus, Modelica-Buildings/IDEAS, ESP-r
- Commerciële software (indicatieve lijst): VABI, Bink, Carrier-HAP, Linear, C.a.t.s., Solar-computer, ETU, ...

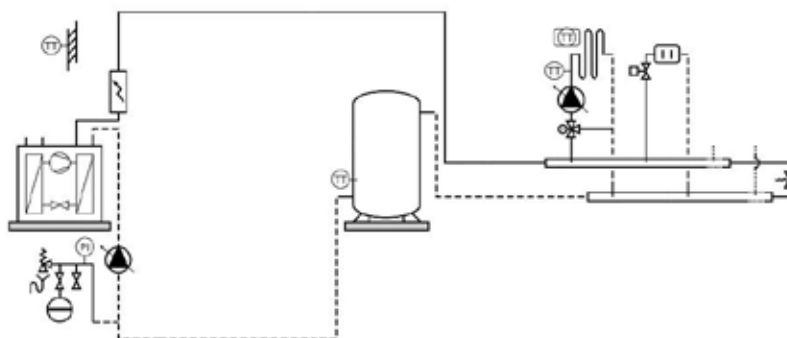
Schema 1c

WP met of zonder elektrische backup

Mengkring en geregelde kring

Buffer in serie voor thermische inertie

Te vermijden opstelling wegens hogere condensortemperatuur door geregelde kring (meestal voor slechts een beperkt deel van het vermogen)



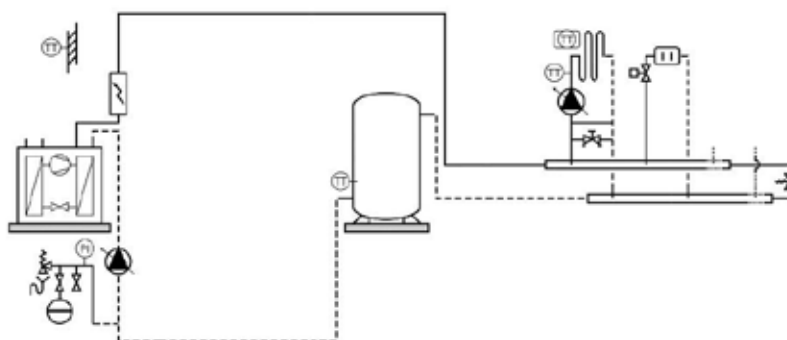
Schema 1d

WP met of zonder elektrische backup

Bypasskring en geregelde kring

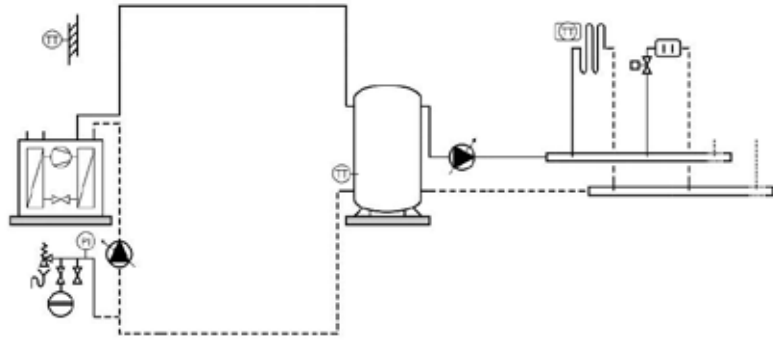
Buffer in serie voor thermische inertie

Te vermijden opstelling wegens hogere condensortemperatuur door geregelde kring (meestal voor slechts een beperkt deel van het vermogen)

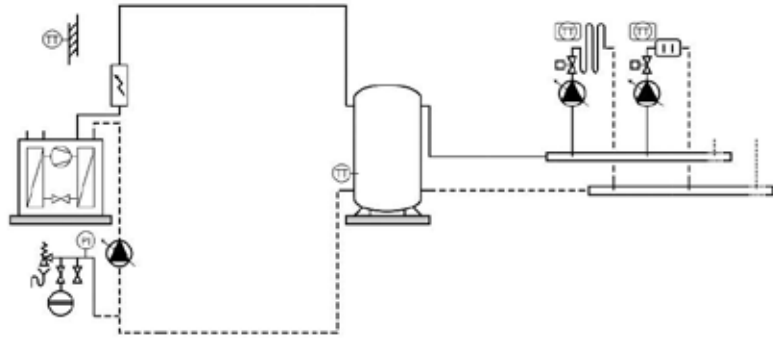


Hydraulische ont koppeling warmtepomp en afgifte door CV buffer parallel of evenwichtsfl es

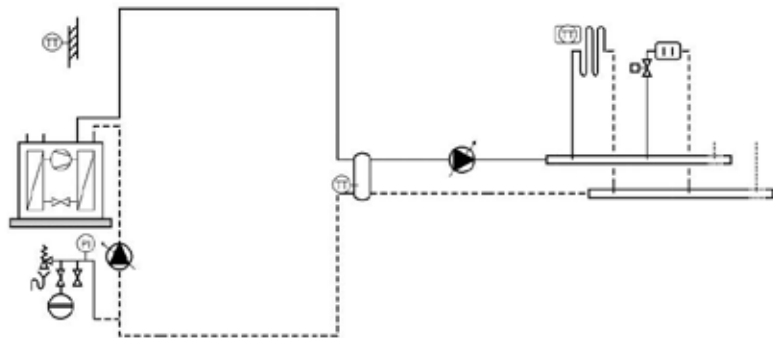
Schema 2a



Schema 2b

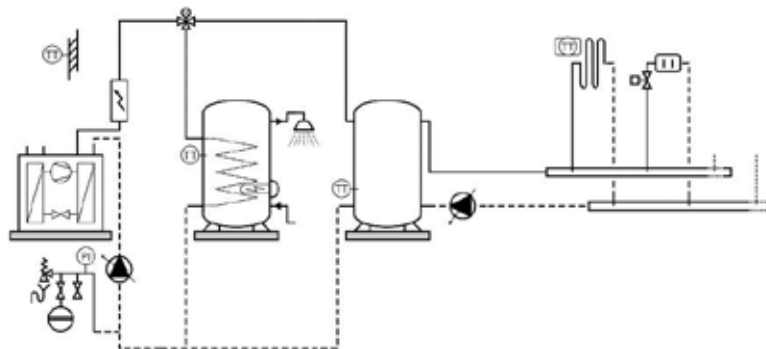


Schema 2c

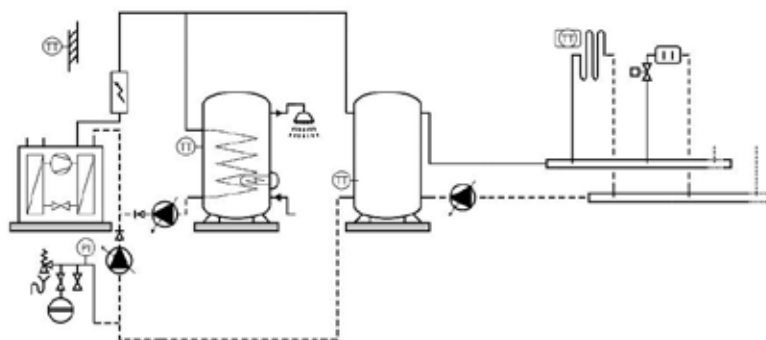


SWW, SWW met laadpomp, SWW als booster-WP

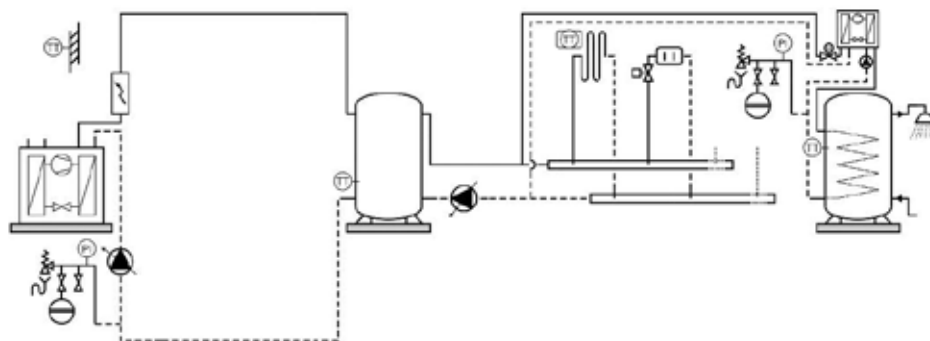
Schema 3a



Schema 3b



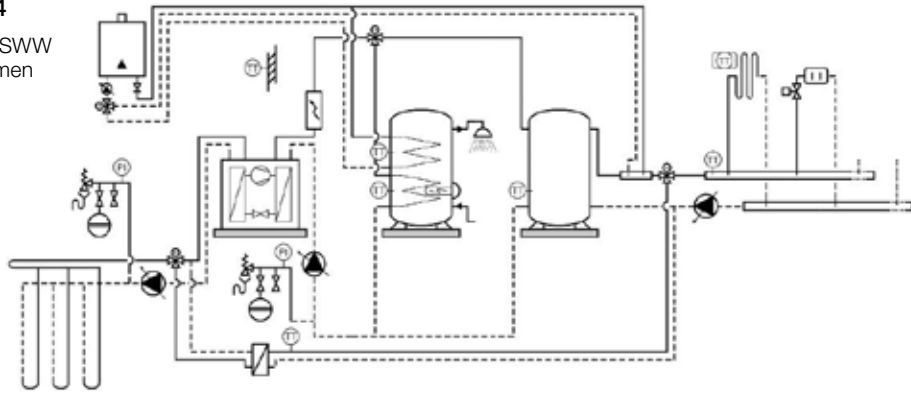
Schema 3c



Bodemkoeling (Passieve koeling)

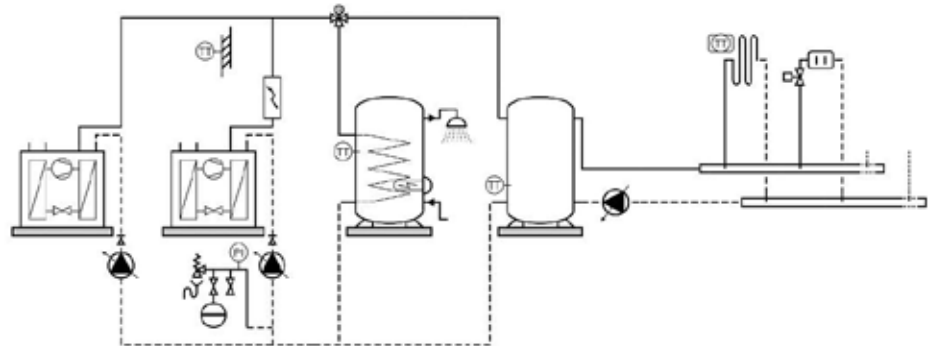
Schema 4

Koeling en SWW kunnen samen



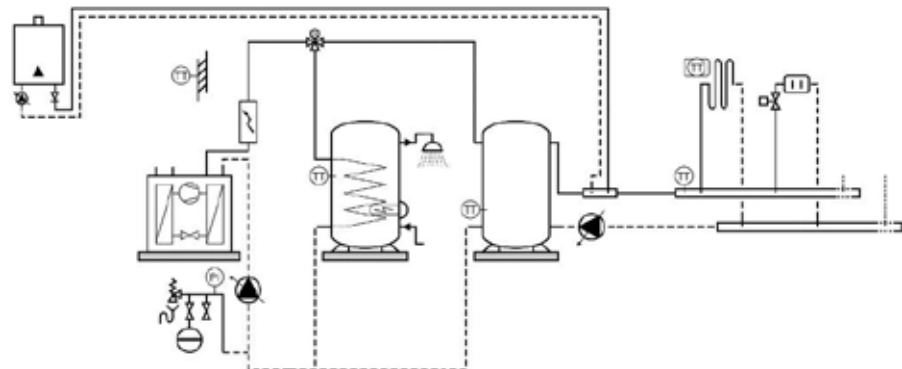
Cascade en backup gasboiler (of andere)

Schema 5a



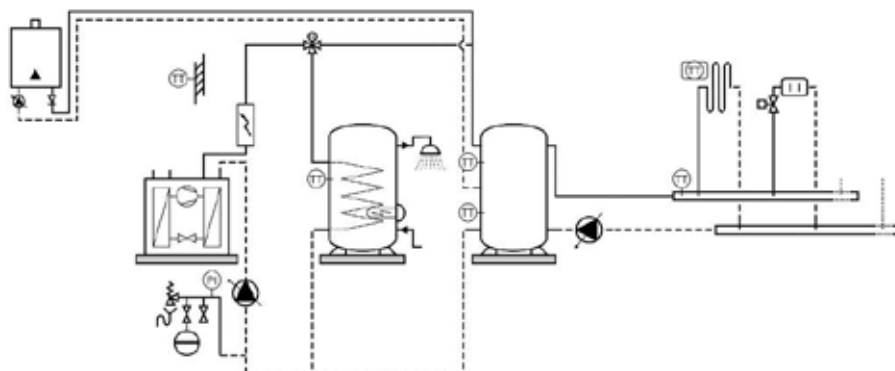
Schema 5b

Backup boiler met shuntschakeling



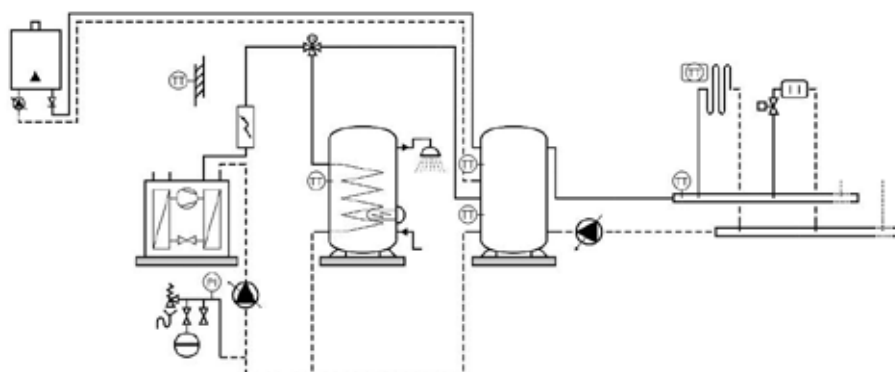
Schema 5c

Backup boiler
alternatieve
werking
(WP of boiler)



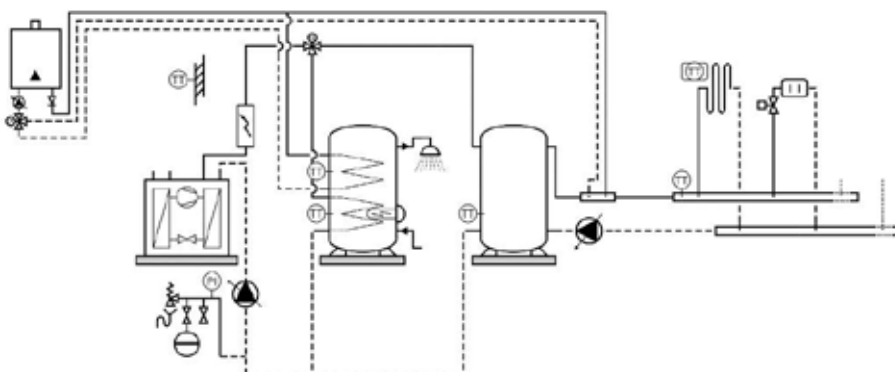
Schema 5d

Backup boiler
parallele werking
(WP én boiler)



Schema 5e

Backup boiler
SWW en shunt



21.7. Bivalentiepunt en hybride

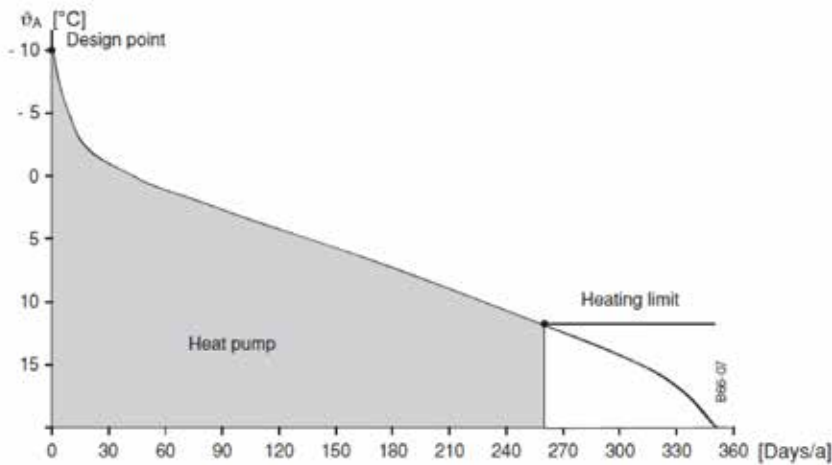


Fig. 6-7 Temperature frequency curve for monovalent operation

De bovenstaande figuur toont welk vermogen de verwarmingsinstallatie bij elke buitentemperatuur moet leveren: hoe kouder, hoe meer vermogen. Het aantal dagen dat het kouder is dan -5°C , is logischerwijs kleiner dan voor bijvoorbeeld 5°C .

Een monovalente warmtepomp, zoals hierboven, levert bij elke buitentemperatuur het gevraagde vermogen.

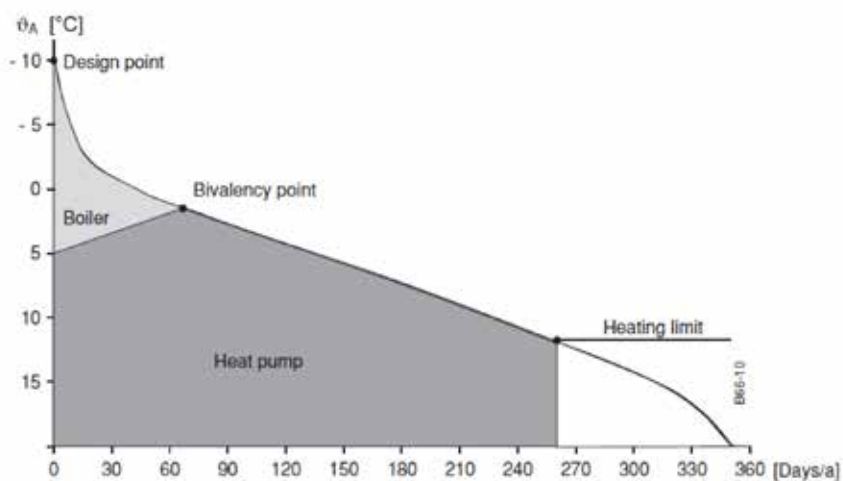


Fig. 6-10 Temperature frequency curve for bivalent parallel operation

Een bivalente installatie heeft een warmtepomp die niet het maximaal vermogen kan leveren. Als ze in 'parallele' werking met een ketel ('boiler') opgesteld staat, betekent dit dat de warmtepomp blijft werken vanaf het bivalentiepunt (hier 2°C) en dat de ketel bijspringt. De ketel is niet op het maximaal vermogen gedimensioneerd.

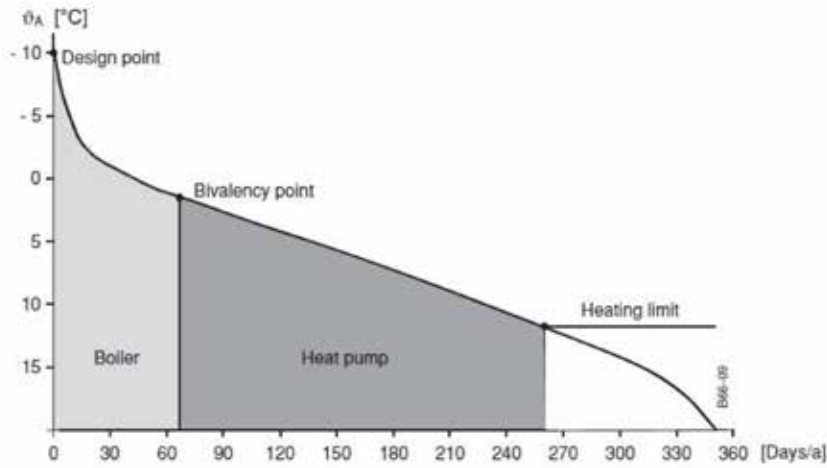


Fig. 6-9. Temperature frequency curve for bivalent alternative operation

Als de warmtepomp in ‘alternatieve’ werking met een ketel (‘boiler’) opgesteld staat, betekent dit dat de warmtepomp stopt met werken vanaf het bivalentiepunt (hier 2°C) en dat de ketel het dan volledig overneemt. De ketel is op het maximaal vermogen gedimensioneerd.

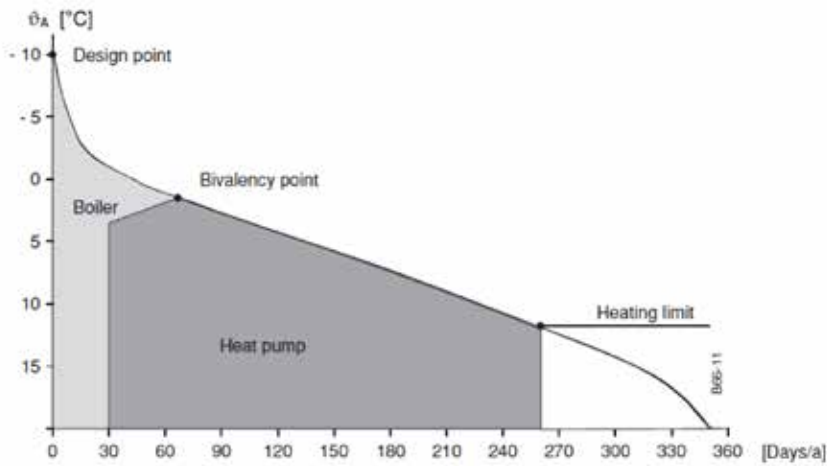


Fig. 6-11 Temperature frequency curve for parallel/alternative bivalent operation

Een gemengde bivalente werking tussen warmtepomp en back-up ketel is ook mogelijk.

21.8. Smart Grid Ready

[tekst: <http://www.ecodan.de/nl/infotheek/sg-ready/>]

Om het Smart-Grid-Ready-label te ontvangen moet een warmtepompsysteem de onderstaande vier werkstanden hebben.

DNB = distributienetbeheerder

Werkstand 1: elektriciteitsverbruik vermijden

Deze werkstand is compatibel voor frequent geschakelde DNB-blokkeringen op vaste tijdstippen en omvat maximaal 2 uur "vaste" blokkeringstijd.

Werkstand 2: elektriciteitsverbruik ontmoedigen

In deze schakelstand loopt de warmtepomp in de energie-efficiënte normale bedrijfsmodus met vulling van de warmteboiler voor de DNB-blokkering van maximaal twee uur.

Werkstand 3: elektriciteitsverbruik aanmoedigen

In deze werkstand loopt de warmtepomp binnen het regelbereik in intensieve werking voor kamerverwarming en warmwaterbereiding. Het gaat daarbij niet om een definitieve startopdracht, maar om een inschakelaanbeveling in lijn met de grotere vraag.

Werkstand 4: elektriciteitsverbruik verplichten

Hierbij gaat het om een definitieve startopdracht, in zoverre mogelijk in het kader van de regelinstellingen.

Voor deze werkstand moet het mogelijk zijn om verschillende tarief- en gebruiksmodellen van verschillende regelmodellen op de regelaar in te stellen:

Variant 1: de warmtepomp (compressor) wordt actief ingeschakeld.

Variant 2: de warmtepomp (compressor en aanvullende elektrische verwarmingen) worden actief ingeschakeld, optioneel: hogere temperatuur in warmteboilers.

Optioneel kan de kamertemperatuur als referentiegrootte voor de regeling van de systeemtemperaturen (voorloop- en retourtemperatuur) worden gebruikt. Een blokkering van de warmtepomp door een kamerthermostaat naargelang de kamertemperatuur volstaat niet.

22. Warmtepompen vergelijken: berekeningen

22.1. Elektrische warmtepomp t.o.v. condenserende gasketel

De onderstaande tabel bevat de berekeningen uit module 1 .

Gevraagd			
Warmte aan woning	Q	100	kWh-warmte
Gasketel			
Rendement gasketel	n_ketel_o	1.09	tov onderste verbrandingswaarde
	n_ketel_b	0.93	tov bovenste verbrandingswaarde (incl. systeemrendement van 95%)
Gasverbruik gasketel	$g_{ketel} = Q/n_{ketel_b}$	107	kWh-gas
Warmtepomp			
SPF warmtepomp	spf	4	
Elektriciteitsproductie STEG-centrale (meest performant)			
Rendement elektriciteitsproductie	n_elek_o	0.55	tov onderste verbrandingswaarde
Bovenste verbrandingswaarde	bo	1.11	x onderste verbrandingswaarde
	$n_{elek_b} = n_{elek_o}/bo$	0.50	tov bovenste verbrandingswaarde
Elektriciteitsverbruik bij warmtepomp			
Gasverbruik bij warmtepomp	$e_{wp} = Q/spf$	25	kWh-elek
	$g_{wp} = e_{wp}/n_{elek_b}$	50	kWh-gas
	$= Q/(spf*n_{elek_b})$		
Besparing			
Gasbesparing door gebruik WP	$(g_{ketel}-g_{wp})/g_{ketel}$	53%	gasbesparing

Figuur 104: Vergelijking tussen een elektrische warmtepomp en een condenserende gasketel.

22.2. Op basis van primaire energie

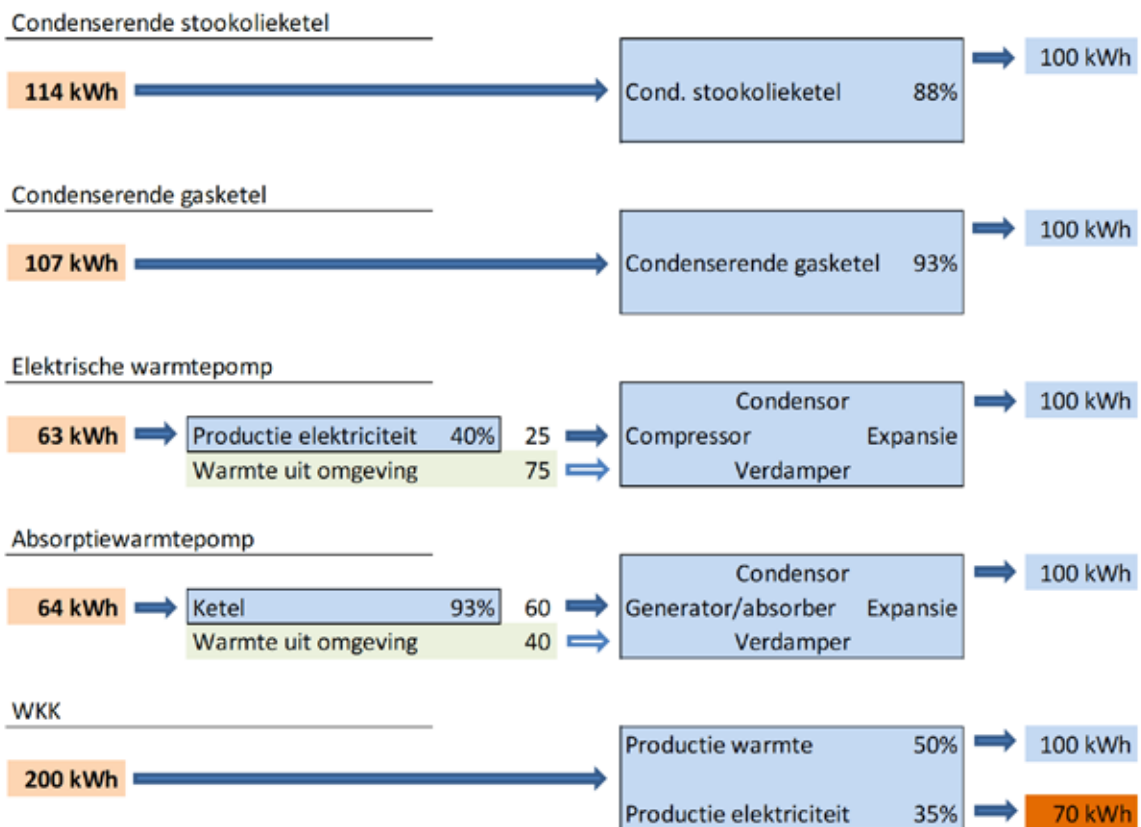
Eén manier om de vergelijking tussen verschillende toestellen te maken is door alle energiestromen om te rekenen naar 'primaire' energie. De energieprestatieregelgeving EPB hanteert deze methode bijvoorbeeld..

Primaire energie is de fossiele of nucleaire energie die nodig is om een andere energiestroom te produceren.

Nuttige energie	Primaire energie
1 kWh aardgas	1 kWh
1 kWh stookolie	1 kWh
1 kWh elektriciteit	2.5 kWh (deze waarde wordt 2.1 kWh in de toekomst)

Tabel 42: Omzetting naar primaire energie.

Merk hierbij op dat, ondanks de ontginning, productie en transport van aardgas en stookolie ook energieverlies met zich meebrengt, dit in berekeningen van primaire energie niet wordt meegeteld. Voor elektriciteit wordt typisch met een gemiddeld productierendement van 40% gerekend ($\frac{1}{0.40} = 2.5$). In de toekomst wordt dit vermoedelijk 48% ($\frac{1}{0.48} = 2.1$).



Figuur 105: Vergelijking van de nodige hoeveelheid primaire energie voor de productie van 100kWh warmte.

Met het begrip 'primaire energie' kan ook het primair energierendement bepaald worden:

$$\text{Primair energierendement} = \frac{\text{Afgegeven warmte [kWh]}}{\text{nodige primaire energie [kWh}_{\text{prim}}]}}$$

De besparing die de elektrische warmtepomp realiseert is:

$$\text{Primaire energiebesparing door elek. WP} = \frac{\text{kWh}_{\text{prim.toestel x}} - \text{kWh}_{\text{prim.WP}}}{\text{kWh}_{\text{prim.toestel x}}}$$

Met de gegevens uit Figuur 105 kan dan ook van deze verschillende toestellen het primaire energierendement en de besparing van de elektrische warmtepomp berekend worden (zie Tabel 43).

Toestel	Primair energierendement	De elektrische WP (SPF=4) levert een primaire energie-besparing van:
Condenserende stookolieketel	$\frac{100}{114} = 88\%$	$\frac{114 - 63}{114} = 45\%$
Condenserende gasketel	$\frac{100}{107} = 93\%$	$\frac{107 - 63}{107} = 42\%$
Elektrische warmtepomp (COP=4)	$\frac{100}{63} = 160\%$	-
Gasabsorptiewarmtepomp	$\frac{100}{64} = 155\%$	$\frac{64 - 63}{64} = 3\%$
WKK	- (zie verder voor details)	5% (zie verder voor details)

Tabel 43: Primair energierendement van de verschillende verwarmingstoestellen en besparing die de elektrische warmtepomp realiseert.

Omdat het aandeel hernieuwbare elektriciteit steeds stijgt, is er ook steeds minder primaire energie nodig om elektriciteit te produceren. Studies tonen nu al aan dat de primaire energiefactor voor elektriciteit in België lager is dan 2.5. De Europese Commissie heeft dan ook beslist om de primaire energiefactor te verlagen tot 2.1. De deelstaten kunnen wel nog beslissen hiervan af te wijken. Met deze primaire energiefactor wordt het primaire energierendement van de warmtepomp uiteraard nog beter: 192% i.p.v. 160%. Als alle elektriciteit hernieuwbaar is, wordt het primaire energierendement zelfs oneindig groot.

22.3. Op basis van CO₂

Een andere vergelijkingsbasis is de uitstoot van CO₂. CO₂ is het meest voorkomende broeikasgas en, aangezien het doel van de energietransitie is om tot een CO₂-vrije samenleving te komen, is een vergelijking op basis van CO₂ misschien wel de meest eerlijke.

Tabel 44 geeft aan hoeveel CO₂ er uitgestoten wordt door het gebruik van 1 kWh gas, stookolie en elektriciteit.

Energiebron	CO ₂ -uitstoot
stookolie	270 g/kWh
gas	185 g/kWh
elektriciteit	200 g/kWh

Tabel 44:
CO₂-emissiefactoren van gas, stookolie en elektriciteit (gemiddelde van het productiepark).

Er is vaak discussie over welk CO₂-uitstoot cijfer er moet gebruikt worden in deze berekeningen. Er kunnen hiervoor twee redeneringen gebruikt worden:

1. Gemiddelde cijfers: net zoals bij de conversie naar primaire energie de factor 2.5 ($= \frac{1}{0.40}$) gerekend wordt met een gemiddeld rendement van het Belgische elektriciteitspark, wordt voor de CO₂-uitstoot ook gerekend met de gemiddelde uitstoot van CO₂ voor de productie van elektriciteit:

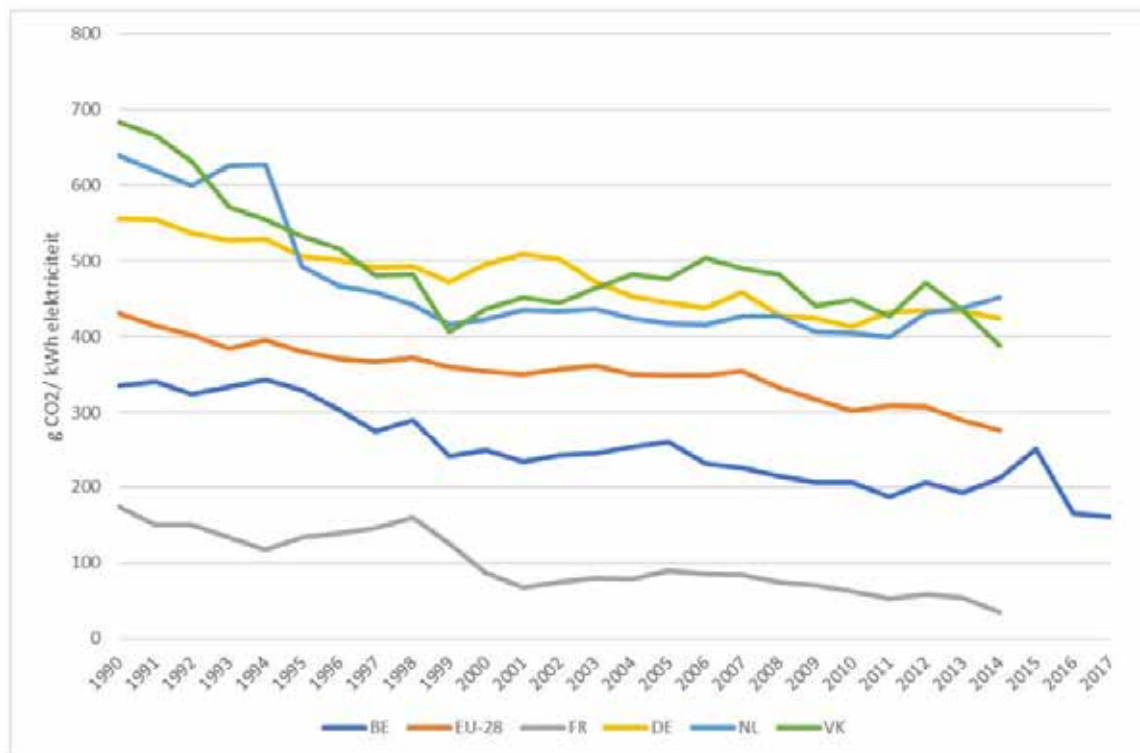
200 g CO₂/kWh

(bron: CREG: <https://www.creg.be/sites/default/files/assets/Publications/Notes/Z1719NL.pdf>, red: omdat het aandeel nucleair sterk fluctueert door de onzekere productiecapaciteit van de Belgische centrales wordt niet het cijfer van 2017 gebruikt, maar een gemiddelde waarde van de laatste jaren, zie Figuur 106)

2. Marginale cijfers: hier wordt geredeneerd dat elke bijkomende (elektrische) warmtepomp extra elektriciteitsvraag genereert. Hiervoor wordt tegenwoordig een gascentrale bijgeschakeld. Deze heeft een rendement van 55% (of 50% t.o.v. de bovenste verbrandingswaarde) en heeft een CO₂-uitstoot van:

370 g CO₂/kWh

(bron: CREG: <https://www.creg.be/sites/default/files/assets/Publications/Studies/F1628NL.pdf>)



Figuur 2 – Koolstofintensiteit gemeten in gram CO₂ /kWh geproduceerde elektriciteit¹.

Noot: De plotse stijging van de koolstofintensiteit in België in 2015 kan verklaard worden door de daling van de nucleaire productie in dat jaar (2014: 32,1 TWh, 2015: 24,8 TWh, 2016: 41,4 TWh).

Figuur 106: CO₂-uitstoot van de Belgische elektriciteitsproductie.
[CREG: <https://www.creg.be/sites/default/files/assets/Publications/Notes/Z1719NL.pdf>]

Met de cijfers uit Figuur 105 wordt de CO₂-uitstoot van de verschillende verwarmingstoestellen:

Energiebron	CO ₂ -uitstoot	De elektrische WP (SPF=4) levert een CO ₂ -besparing van:
Condenserende stookolieketel	31 kg CO ₂	84%
Condenserende gasketel	20 kg CO ₂	75%
Elektrische warmtepomp	5 kg CO ₂	-
Absorptiewarmtepomp	12 kg CO ₂	58%

Tabel 45: CO₂ uitstoot van de verschillende verwarmingstoestellen en besparing gerealiseerd door een elektrische warmtepomp (SPF=4) voor 100 kWh warmte.

22.4. Op basis van kostprijs

De huidige elektriciteits-, gas- en stookolietarieven zijn gemiddeld zoals getoond in Tabel 46.

Energiebron	Energieprijs
stookolie	0,75 €/liter = 0,075 €/kWh
gas	0,05 €/kWh
elektriciteit	0,27 €/kWh

Tabel 46:

Huidige energieprijzen [VREG, Evolutie van de totale elektriciteits- en aardgasrijzen (incl. BTW) voor huishoudelijke afnemers cat Dc+D3; Informazout 29/08/2018, minder dan 2000 liter]

Dit wil zeggen dat momenteel elektriciteit meer dan 5 keer duurder is dan gas en meer dan 3,5 keer duurder dan stookolie. De SPF van de warmtepomp moet hoger zijn dan de verhouding tussen gas- en elektriciteitsprijs om tot een lagere energiekost te komen. Met de huidige prijzen is die verhouding gelijk aan 5,4. Een SPF hoger dan 5,4 is in de realiteit moeilijk haalbaar. Voor stookolie moet de SPF 3,6 zijn, wat wel perfect haalbaar is voor een warmtepompinstallatie.

Een elektrische warmtepomp bespaart op energiekosten als:

$$SPF > \frac{\text{Energiekost elektriciteit} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)}{\text{Energiekost gas} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)} = \frac{0,27}{0,05} = 5,4$$

$$SPF > \frac{\text{Energiekost elektriciteit} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)}{\text{Energiekost stookolie} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)} = \frac{0,27}{0,075} = 3,6$$

Dit betekent dus dat, ondanks de duidelijke milieuwinst van de elektrische warmtepomp, dit door de huidige belastingen via de elektriciteitsrekening, zich niet vertaalt in een financiële besparing ten opzichte van een gasketel. Voor een gasabsorptiewarmtepomp is dat wel het geval.

	Energiekost	De elektrische WP (SPF=4) levert een kostenbesparing van:	De gasabsorptie WP (155%) levert een kostenbesparing van:
Condenserende stookolieketel	8.52 €	21%	62%
Condenserende gasketel	5.37 €	-26%	40%
Elektrische warmtepomp	6.75 €	-	52%
Absorptiewarmtepomp	3.22 €	-109%	-

Tabel 47:

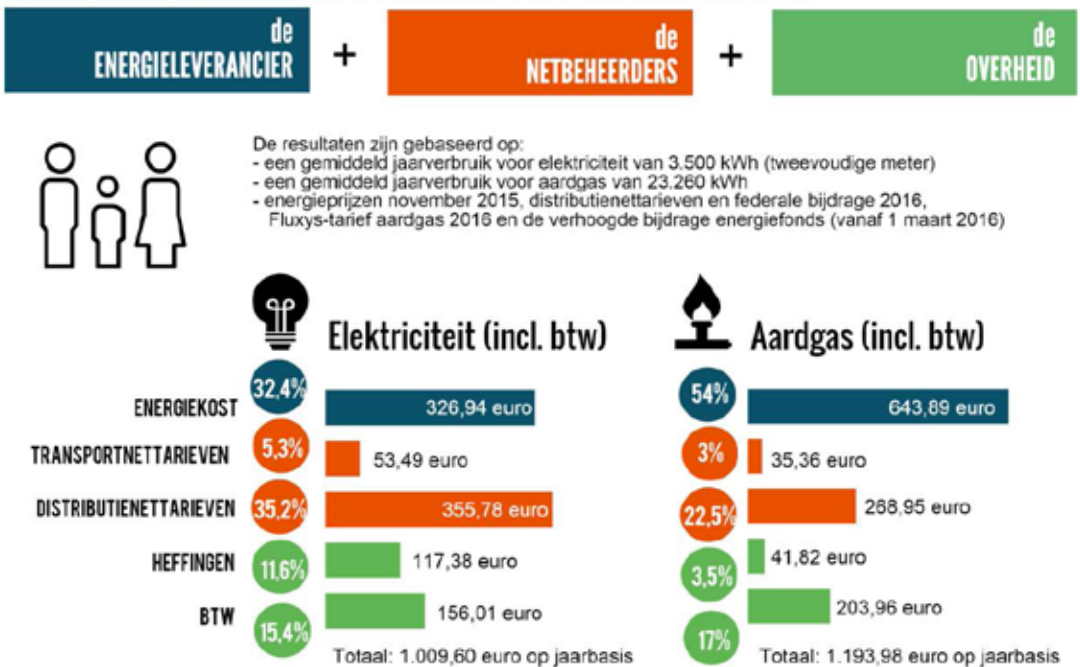
Kostprijs in € van de verschillende verwarmingstoestellen en besparing gerealiseerd door een elektrische warmtepomp (SPF=4) voor 100 kWh warmte.

De tariefstructuur van de elektriciteits- en gasprijzen toont aan dat via de elektriciteitsfactuur veel taksen geheven worden. De prijzen bestaan uit verschillende onderdelen en gaan naar verschillende partijen:

- Energieleverancier: de energiekost zelf
- Distributienetbeheerder: aanleg en onderhoud distributienetten (elektriciteit: voor laagspanning de intercommunales en voor hoogspanning is dit Elia, gas: intercommunales en Fluxys)
- De overheid: taksen allerhande en BTW.

De onderstaande figuur (bron: VREG) geeft dit duidelijk weer.

U ontvangt uw energiefactuur van uw energieleverancier, maar er zijn verschillende betrokken partijen:



ENERGIEKOST
 U betaalt de energiekost aan uw leverancier. Deze bestaat uit:
 - de prijs die u betaalt voor elektriciteit en aardgas
 - de winstmarge van de leverancier
 - een vaste vergoeding (= abonnementskost)
 - de kosten voor groene stroom en warmte-krachtkoppeling

DISTRIBUTIENETTARIEVEN (EANDIS/INFRAX)
 U betaalt distributienettarieven aan Eandis of Infrax voor:
 - het vervoer van elektriciteit en aardgas tot bij u thuis
 - het aanleggen van nieuwe kabels (elektriciteit) en leidingen (aardgas)
 - het onderhoud van die kabels en leidingen
 - openbaardienstverplichtingen (bv. de toekenning van premies en de aankoop van certificaten)

HEFFINGEN & BTW
 U betaalt heffingen aan de federale en Vlaamse overheid. Deze bestaan uit:
 - de energiebijdrage
 - de federale bijdrage
 - de verhoogde bijdrage energiefonds (vanaf 1 maart 2016)

TRANSPORTNETTARIEVEN (ELIA/FLUXYS)
 U betaalt voor:
 - het vervoer van elektriciteit over het hoogspanningsnet van Elia
 - het transport van aardgas over het hogedruknetwerk van Fluxys

www.vreg.be

Figuur 107: Overzicht van de onderdelen van het elektriciteits- en aardgastarief (bron: www.vreg.be, 2017).

Voor elektriciteit bestaan er drie tarieven:

- Enkelvoudig uurtarief
- Tweevoudig uurtarief
- Uitsluitend nachttarief

OPMERKING: deze tarieven hebben enkel betrekking op het energie- en distributiedeel van het totale elektriciteitstarief, niet op de heffingen en BTW.

Klanten met een PV-installatie betalen een extra prosumentarief (varieert in functie van de intercommunale): 90-130 €/kVA/jaar.

De recente evolutie van de energieprijzen wordt weergegeven in de onderstaande figuren.

(bron: http://www.vreg.be/sites/default/files/evolutie_prijzen_hh_september_2016.pdf en De Standaard, 25/2/2017) :

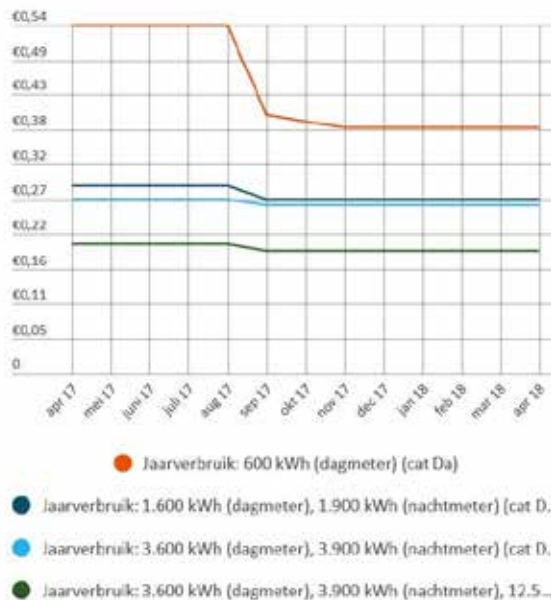
Voor **elektriciteit** is er een curve voor mensen met een

- **laag verbruik** (oranje curve: Da – 600 kWh enkelvoudig verbruik op jaarbasis, 1 persoon),
- **gemiddeld verbruik** (blauwe curve: Dc – 1.600 kWh dagverbruik en 1.900 kWh nachtverbruik op jaarbasis, 3 personen),
- **hoog verbruik** (groene curve: De – 3.600 kWh dagverbruik, 3.900 kWh nachtverbruik en 12.500 kWh uitsluitend nachtverbruik op jaarbasis, 4 personen).

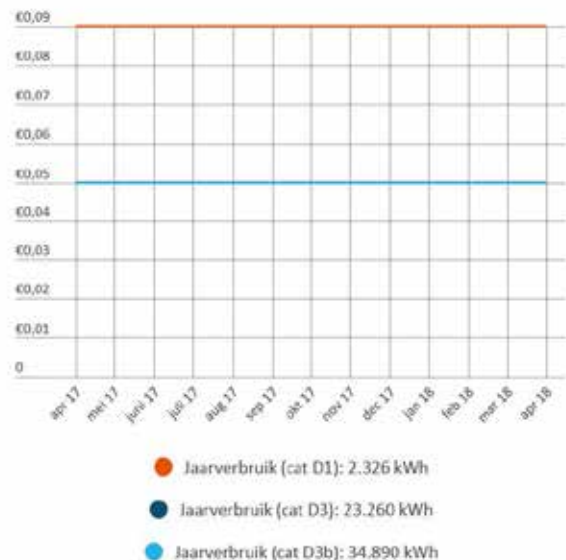
Voor **aardgas** zijn er dezelfde categorieën, maar hebben ze de benaming

- **laag verbruik** (oranje curve: D1 – 2.326 kWh op jaarbasis),
- **gemiddeld verbruik** (blauwe curve D3 – 23.260 kWh op jaarbasis),
- **hoog verbruik** (groene curve: D3b – 34.890 kWh op jaarbasis).

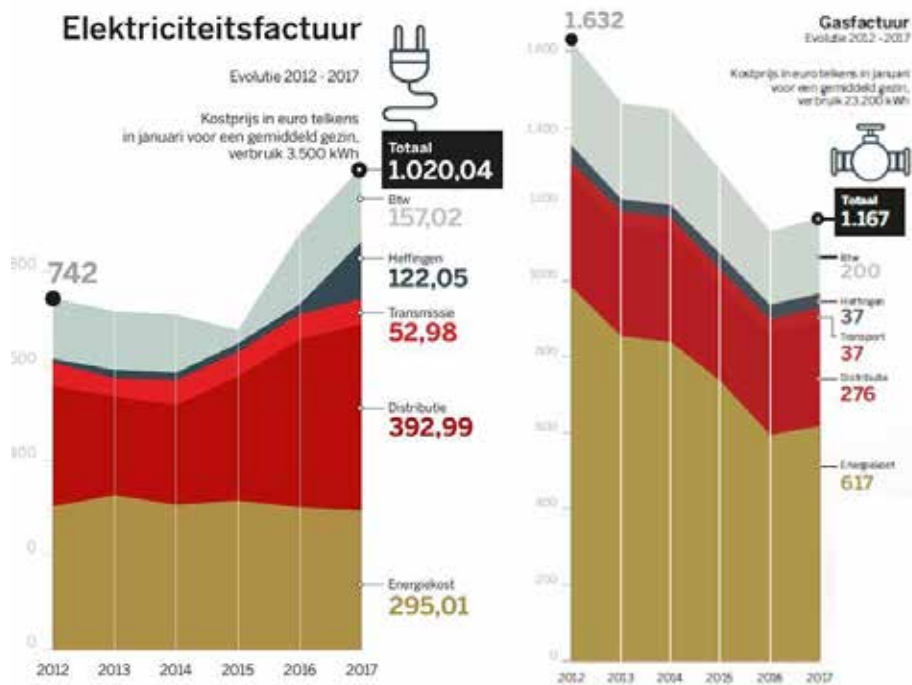
Hoeveel kost 1 kWh elektriciteit (all in, incl. btw)? Prijzen voor huishoudelijke afnemers



Hoeveel kost 1 kWh aardgas (all in, incl. btw)? Prijzen voor huishoudelijke afnemers



Figuur 108: Evolutie van de totale elektriciteits- en aardgasprices (incl. btw) voor huishoudelijke afnemers: energiekost + nettarieven + heffingen (bron: <https://infogram.com/hoeveel-kost-1-kwh-elektriciteit-aardgas-prijzen-voor-gezinnen-all-in-incl-btw-1h9j6qj8ovd54gz>).



Figuur 109: Evolutie van de elektriciteits- en gasprijzen van 2012 tot 2017 (brond De Standaard, 25/2/2017).

Figuur 109 toont duidelijk aan dat de evolutie van de elektriciteitsprijs zeer nadelig is voor de economische haalbaarheid van elektrische warmtepompen ten opzichte van gascondensatieketels.

Conclusie: een berekening van de energiekosten kan dus gebeuren aan de hand van de volgende tarieven:

- Bestaande aansluiting: tarieven op basis van de huidige facturen van de klant.
- Nieuwe aansluiting: Zoek de geldende tarieven op via de V-test (<http://www.vreg.be/nl/energieleveranciers-vergelijken>)
- Algemeen voor een gemiddelde aansluiting (zie Figuur 21):
Gas: 0,05 €/kWh, Elektriciteit: 0,27 €/kWh

22.5. Warmtepomp versus aardgas- of stookolieketel

Met behulp van de onderstaande tabel kan gedetailleerder een inschatting gemaakt worden van het verschil in energiekost van een elektrische warmtepomp en een condenserende gasketel. Bij deze vergelijking wordt ook gerekend met een verbruik voor verwarming en voor sanitair warm water.

Gegevens gas, stookolie en elektriciteit					
	Energiekost (€/kWh)	prim. energie factor (kWh_prim/kWh)	CO2-factor (kg CO2/kWh)	rendement (-)	
gas	k_gas	f_gas	CO2_gas	eta_gas	
stookolie	k_so	f_so	CO2_so	eta_so	
elek	k_elek	f_elek	CO2_elek		
Gegevens warmtepompsysteem					
	Warmtevraag	SCOP			
Verwarming	Qverw	SCOPverw			
Warm water	Qsww	SCOPsww			
Totaal	Qtot=Qverw+Qsww	SCOPtot=Qtot/(Qverw/SCOPverw+Qsww/SCOPsww)			
Analyse					
	Warmte (kWh)	Gas of elek (kWh)	Gas of Elek (€)	Prim. (kWh)	CO2 (kg)
elek	Qtot	Qtot/SCOPtot	kWh_elek x k_elek	kWh_elek x f_elek	kWh_elek x CO2_elek
gas	Qtot	Qtot/eta_gas	kWh_gas x k_gas	kWh_gas x f_gas	kWh_gas x CO2_gas
Vershil			€/kWh_gas - 1	Prim_elek/Prim_gas - 1	CO2_elek/CO2_gas - 1
stookolie	Qtot	Qtot/eta_so	kWh_so x k_so	kWh_so x f_so	kWh_so x CO2_so
Vershil			€/kWh_so - 1	Prim_elek/Prim_so - 1	CO2_elek/CO2_so - 1

Tabel 48 : Benaderende vergelijking van de energiekost van warmtepomp en gasketel.

De onderstaande tabel geeft een voorbeeld van deze berekening :

Gegevens gas, stookolie en elektriciteit					
	Energiekost (€/kWh)	prim. energie factor (kWh_prim/kWh)	CO2-factor (kg CO2/kWh)	rendement (-)	
gas	0.05	1	217	0.95	
stookolie	0.075	1	270	0.88	
elek	0.27	2.5	200		
Gegevens warmtepompsysteem					
	Warmtevraag	SCOP			
Verwarming	10000	4			
Warm water	2500	3.2			
Totaal	12500	3.81			
Analyse					
	Warmte (kWh)	Gas of elek (kWh)	Gas of Elek (€)	Prim. (kWh)	CO2 (kg)
elek	12500	3281	886	8203	656
gas	12500	13158	658	13158	2855
Vershil			35%	-38%	-77%
stookolie	12500	14205	1065	14205	3835
Vershil			-17%	-42%	-83%

Tabel 49 : voorbeeld van benaderende vergelijking van de energiekost van warmtepomp en gasketel.

Deze berekening toont aan dat deze specifieke warmtepomp met de huidige prijzen en CO₂-factoren t.o.v. de condenserende aardgasketel een meerkost aan energie van 32% zal hebben, maar een besparing aan primaire energie oplevert van 39% en een 74% minder CO₂ uitstoot.

Voor een gas(absorptie)warmtepomp kan een gelijkaardige tabel worden opgesteld:

Gegevens gas en stookolie en					
	Energiekost	prim. energie factor	CO2-factor	rendement	
	(€/kWh)	(kWh_prim/kWh)	(kg CO2/kWh)	(-)	
gas	k_gas	f_gas	CO2_gas	eta_gas	
stookolie	k_so	f_so	CO2_so	eta_so	
Gegevens warmtepompsysteem					
	Warmtevraag				
Verwarming	Qverw	hs-verw			
Warm water	Qsww	hs-sww			
Totaal	Qtot=Qverw+Qsww	hs-tot=(Qverw/hs-verw+Qsww/hs-sww)			
Analyse					
	Warmte	Gas of elek	Gas of Elek	Prim.	CO2
	(kWh)	(kWh)	(€)	(kWh)	(kg)
absorptieWP	Qtot	Qtot/hs-tot	kWh_abs x k_gas	kWh_abs x f_gas	kWh_abs x CO2_gas
gasketel	Qtot	Qtot/eta_gas	kWh_ketel x k_gas	kWh_ketel x f_gas	kWh_ketel x CO2_gas
Vershil			€abs/€ketel - 1	Prim_abs/Prim_ketel - 1	CO2_abs/CO2_ketel - 1
stookolie	Qtot	Qtot/eta_so	kWh_so x k_so	kWh_so x f_so	kWh_so x CO2_so
Vershil			€abs/€so - 1	Prim_abs/Prim_so - 1	CO2_abs/CO2_so - 1

Tabel 50: Benaderende vergelijking van de energiekost van gas(absorptie)warmtepomp en gasketel.

De onderstaande tabel geeft een voorbeeld van deze berekening:

Gegevens gas, stookolie en elektriciteit					
	Energiekost	prim. energie factor	CO2-factor	rendement	
	(€/kWh)	(kWh_prim/kWh)	(kg CO2/kWh)	(-)	
gas	0.05	1	217	0.95	
stookolie	0.075	1	270	0.88	
Gegevens warmtepompsysteem					
	Warmtevraag	hs			
Verwarming	10000	150			
Warm water	2500	100			
Totaal	12500	136.36			
Analyse					
	Warmte	Gas of elek	Gas of Elek	Prim.	CO2
	(kWh)	(kWh)	(€)	(kWh)	(kg)
absorptieWP	12500	9167	458	9167	1989
gasketel	12500	13158	658	13158	2855
Vershil			-30%	-30%	-30%
stookolie	12500	14205	1065	14205	3835
Vershil			-38%	-7%	-26%

Tabel 51: voorbeeld van benaderende vergelijking van de energiekost van gas(absorptie) warmtepomp en gasketel.

Het verschil tussen een gasabsorptiewarmtepomp en een gasketel in energiekost, primaire energie en CO₂-uitstoot komt in dit geval natuurlijk neer op het berekenen van:

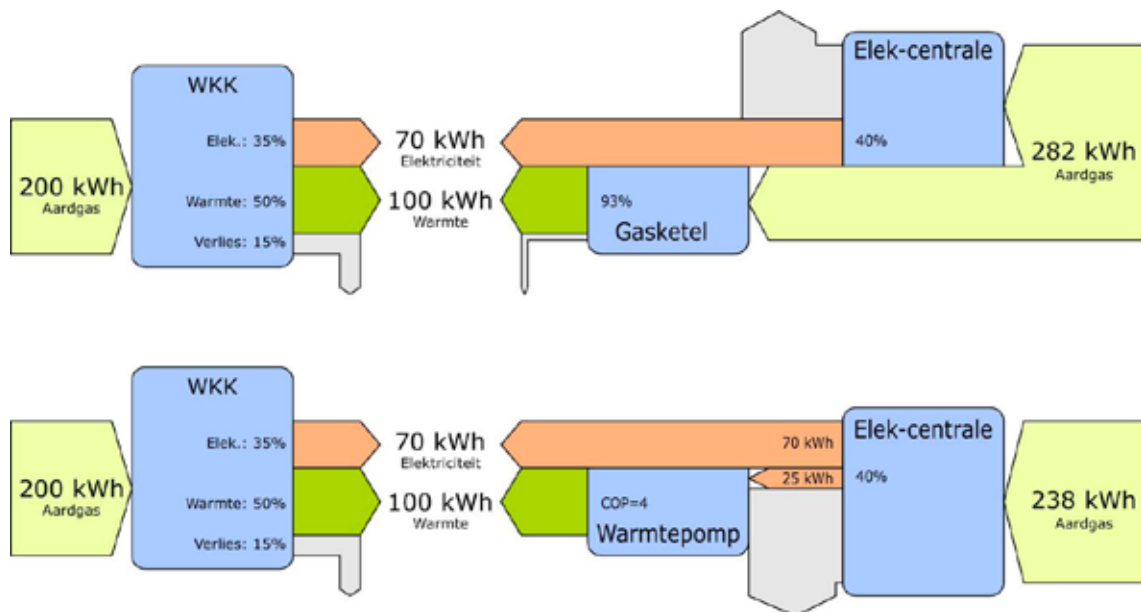
$$reductie = \frac{T_{gasketel}}{T_{gasabsorptieWP}} - 1$$

22.6. Elektrische warmtepomp t.o.v. WKK

Voor een vergelijking tussen een warmtepomp en een WKK is de vergelijking iets ingewikkelder omdat de geproduceerde elektriciteit ook mee in rekening gebracht wordt. Die zou in een ander geval immers ook moeten geproduceerd worden. Een WKK wordt dus vergeleken met:

- de gescheiden productie van warmte (met een condenserende gasketel, rendement 93%) en van elektriciteit (met een gemiddeld rendement van 40%, of met een STEG- of aardgascentrale met een rendement 50% t.o.v. bovenste verbrandingswaarde), of met
- de gescheiden productie van warmte (een elektrische warmtepomp, COP=4) en van elektriciteit (met een gemiddeld rendement van 40%, of met met een STEG- of aardgascentrale met een rendement 50% t.o.v. bovenste verbrandingswaarde).

Deze vergelijking geeft de resultaten zoals getoond in Figuur 110 en Tabel 52.



Figuur 110: 100 kWh warmte leveren met een WKK of met gescheiden productie met gasketel (boven) en elektrische warmtepomp (onder).

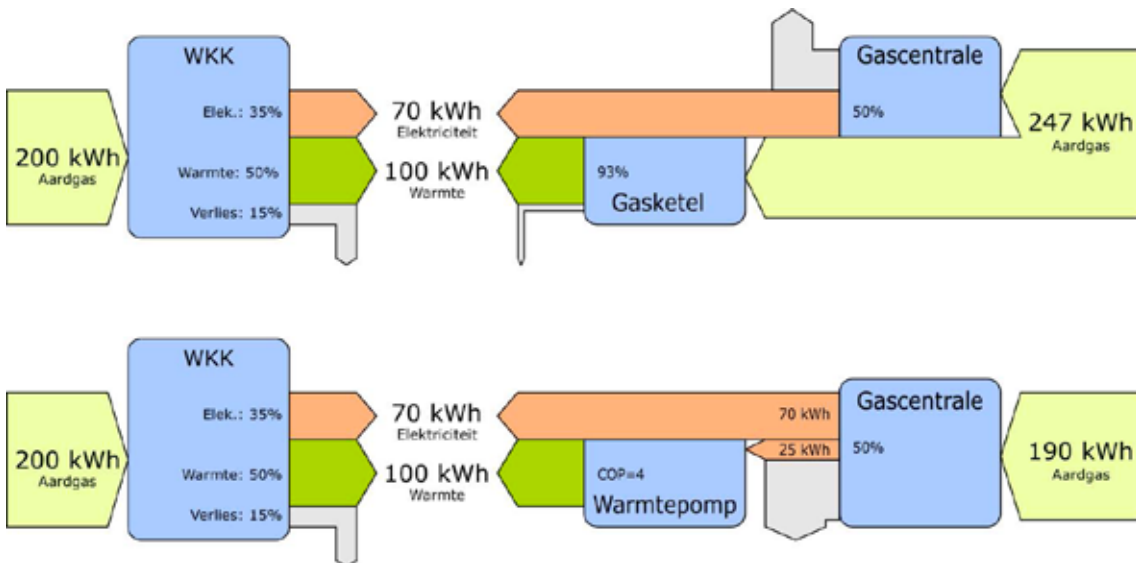
WKK (t.o.v. cond. gasketel en STEG-centrale)	$\frac{E_{prim,gescheiden}}{E_{prim,WKK}} = \frac{\frac{100}{0.93} + \frac{70}{0.40}}{200} = \frac{107 + 175}{200} = 141\%$ $Prim.energiebesparing = \frac{282 - 200}{282} = 29\%$
WKK (t.o.v. elek. warmtepomp en STEG-centrale)	$\frac{E_{prim,gescheiden}}{E_{prim,WKK}} = \frac{\frac{100}{4 \cdot 0.50} + \frac{70}{0.40}}{200} = \frac{50 + 175}{200} = 119\%$ $Prim.energiebesparing = \frac{238 - 200}{238} = 16\%$

Tabel 52: Verhouding tussen de primaire energie voor gescheiden productie en primaire energie voor WKK.

Bij een gescheiden productie via een gascentrale en een gasketel levert de WKK een primaire energiebesparing van 29%, en t.o.v. een gascentrale en een warmtepomp gebruikt een WKK 16% minder primaire energie.

Let wel: een WKK kan warmte leveren aan een hogere, en dus breder bruikbare temperatuur dan een warmtepomp.

Als de gescheiden elektriciteitsproductie berekend wordt met een primair energierendement van 50%, wat blijkt uit de evolutie naar steeds meer hernieuwbare elektriciteit, dan verschuift het voordeel naar de warmtepomp ten opzichte van de WKK.



Figuur 111: 100 kWh warmte leveren met een WKK of met gescheiden productie met gasketel (boven) en elektrische warmtepomp (onder).

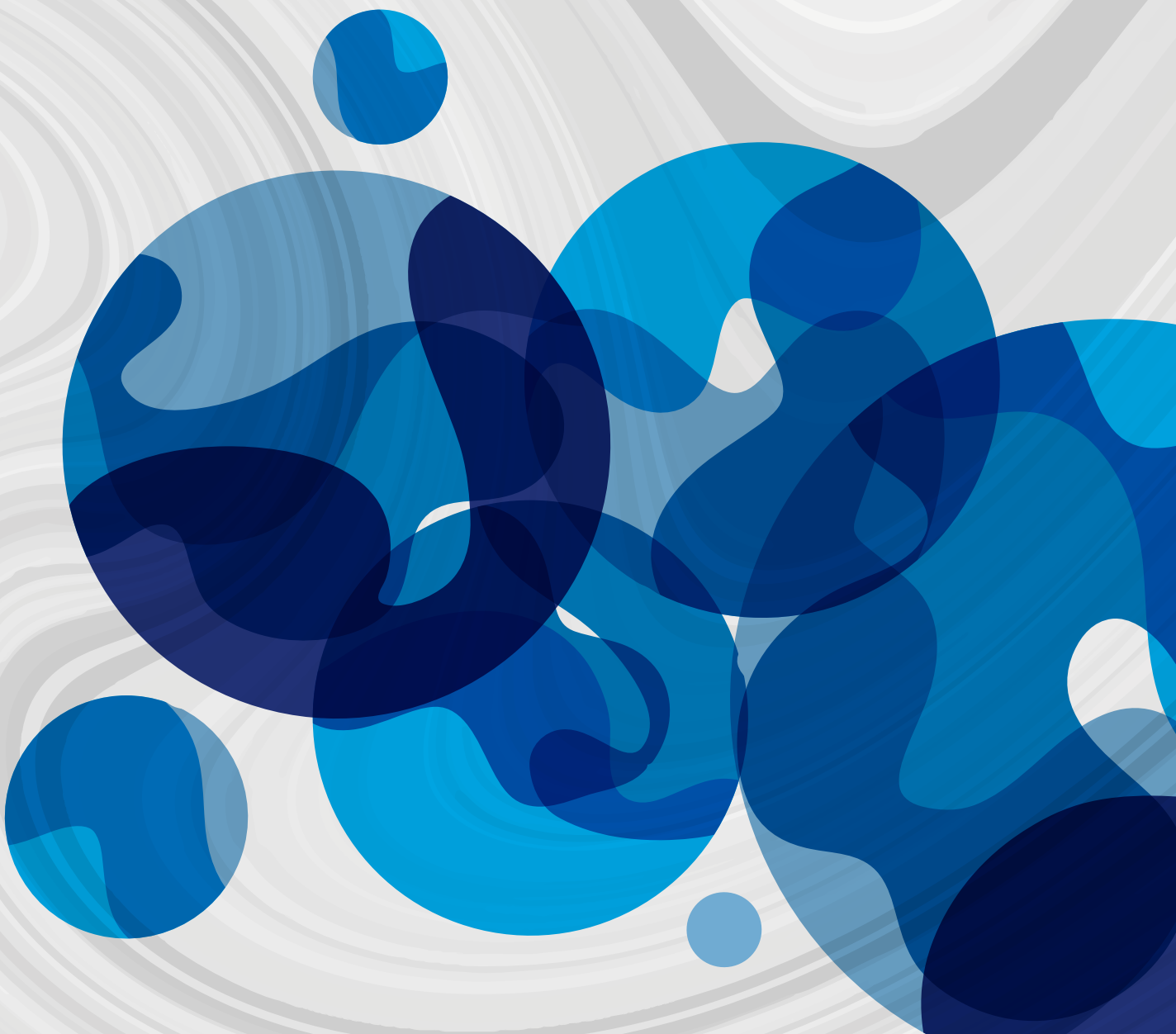
Gescheiden productie met de warmtepomp levert nu een besparing van 5% ten opzichte van de gecombineerde productie met de WKK.

Opgelet: een WKK wordt gedimensioneerd op basislast. Er zal dus steeds een bijkomende stookinstallatie nodig zijn voor het opvangen van de piekvragen. De voorstelling zoals in Figuur 39 en Figuur 40 is dat de WKK de volledige warmtevraag kan dekken, maar dat komt in de praktijk zelden voor.



Module 4

Regelgeving en steun



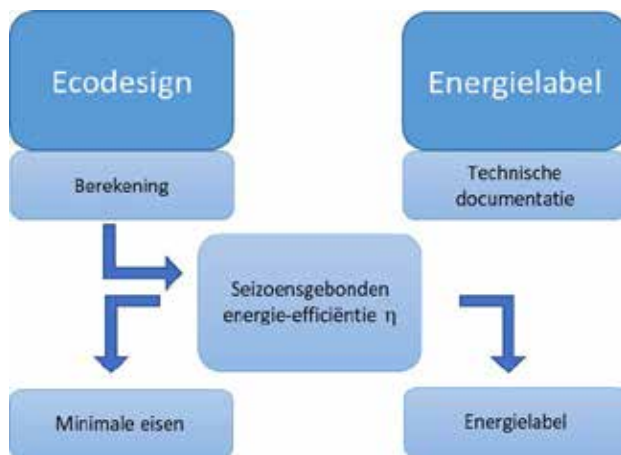
23. ERP: Ecodesign en Energielabel

23.1. Over ERP

De Europese “Energy Related Products Directive” (ERP) legt op Europees niveau eisen op producten die een impact hebben op energieverbruik. Dus niet alleen toestellen die effectief energie verbruiken (koelkasten, warmtepompen, aircotoestellen, gasketels, ...), maar ook producten die het energieverbruik beïnvloeden, zoals ramen en isolatie. ERP bevat 2 luiken: ECODESIGN (minimale producteisen) en ENERGIELABEL (afficheren van energieprestatie).

De ECODESIGN en ENERGIELABEL richtlijnen hanteren een methode om de SCOP te berekenen. Met de invoering van zowel de Ecodesign- als de Energielabel-richtlijn benadrukt de Europese Unie dat energie-efficiëntie wordt beschouwd als een wezenlijke bijdrage in het wegwerken van broeikasgasemissies. Meer nog stelt de richtlijn dat “energiebesparing de meest kostenefficiënte manier is om de continuïteit van de voorziening te verbeteren en de afhankelijkheid van invoer te reduceren”: Europa wil bekomen dat producten zo ontworpen worden dat ze zo efficiënt mogelijk met energie omspringen tijdens hun gehele levenscyclus (**Ecodesign**) en dat consumenten op een duidelijke en éénduidige manier weten welk product het meest energie-efficiënt is (**Energielabel**).

Vanaf 26/09/2015 is alles in voege gegaan met een energielabel van G tot A++. Op 29/09/2019 wordt het energielabel voor ruimteverwarming geüpdatet naar D tot A+++.



Figuur 112: ‘Energy Related Products Directive’.

Zo is bijvoorbeeld de seizoensgebonden energie-efficiëntie van een elektrische warmtepomp gedefinieerd als:

$$\eta_s = \frac{SCOP}{CC}$$

- met
- : seizoens-COP van de warmtepomp
 - : conversiefactor van elektriciteit naar primaire energie, momenteel gelijk aan 2.5 maar dit zal in de toekomst wijzigen naar 2.1

Ecodesign	Energielabel
Deze richtlijn bepaalt hoe het ecologisch ontwerp voor energieproducten moet berekend worden en legt ook een minimumeis op om toegang tot de Europese markt te krijgen. De Ecodesign richtlijn is dus gericht op fabrikanten van producten (of samenstellers van systemen).	Voor de consumenten gaat Europa verder in de ingeslagen weg van het 'Energielabel', gekend van huishoudtoestellen. Dit staat beschreven in een andere Europese richtlijn 'Energy Labelling'.
Berekeningsmethode voor en minimale eisen van de 'seizoensgebonden energie-efficiëntie ϵ (ϵ voor ruimteverwarming en ϵ_{vh} voor warmwaterverwarming)	Indeling in energieklassen G – A+++ op basis van 'seizoensgebonden energie-efficiëntie ϵ Vereisten voor beschikbare technische documentatie.
De minimumeisen en berekeningsmanieren van de Ecodesign richtlijn worden per productgroep apart opgesteld, zo ook voor verwarmingssystemen.	De indeling in energieklassen is niet hetzelfde voor verschillende productgroepen, bijvoorbeeld: <ul style="list-style-type: none"> • Klasse A voor laag-temperatuur warmtepompen: $115 \leq \epsilon < 123$ • Klasse A voor lucht/lucht warmtepompen: $136 \leq \epsilon < 160$ • Klasse A voor andere verwarmingstoestellen: $90 \leq \epsilon < 98$ • Klasse A warmwatertoestellen voor gemiddeld verbruik: $65 \leq \epsilon_{vh} < 100$ Ketels kunnen maximaal een energieklassen A hebben ($\epsilon=100\%$), terwijl warmtepompen in energieklassen A+++ kunnen zitten.
Voor verwarmingstoestellen tot 400kW	Voor verwarmingstoestellen tot 70 kW

Ecodesign: Verordeningen voor berekening en minimale eisen van ϵ	Energielabelling: Verordeningen voor energie-etikettering
Nr. 813: <ul style="list-style-type: none"> • Ruimteverwarmingstoestellen • Combinatieverwarmingstoestellen 	Nr. 811: <ul style="list-style-type: none"> • Ruimteverwarmingstoestellen • Combinatieverwarmingstoestellen • Pakketten van ruimteverwarmingstoestellen, temperatuurregelaars en zonne-energie-installaties • Pakketten van combinatieverwarmingstoestellen, temperatuurregelaars en zonne-energie-installaties
Nr. 814: <ul style="list-style-type: none"> • Waterverwarmingstoestellen • Warmwatertanks 	Nr. 812: <ul style="list-style-type: none"> • Waterverwarmingstoestellen • Warmwatertanks • Pakketten van waterverwarmingstoestellen en zonne-energie-installaties

Tabel 53: Overzicht van Ecodesign en Energielabel.

23.2. Berekening van de seizoengebonden energie-efficiëntie van een lage temperatuur-warmtepompinstallatie (30-35°C)

Om de totale seizoengebonden energie-efficiëntie €van een warmtepomp of van een installatie waarin een warmtepomp met een regeling, zonneboiler en/of een bijkomende ketel wordt gecombineerd te berekenen, ziet het berekeningschema er uit zoals in de onderstaande figuur.

Seizoengebonden energie-efficiëntie van ruimteverwarming door warmtepomp 1 %

Temperatuurregelaar 2 %

Overeenkomstig productkaart temperatuurregelaar

Klasse I = 1 %, Klasse II = 2 %, Klasse III = 1,5 %, Klasse IV = 2 %, Klasse V = 3 %, Klasse VI = 4 %, Klasse VII = 3,5 %, Klasse VIII = 5 %

Aanvullende ketel 3 %

Overeenkomstig productkaart ketel

Seizoengebonden energie-efficiëntie van ruimteverwarming (in %)

(- 'I') × 'III' = - %

Bijdrage zonne-energie 4 %

Overeenkomstig productkaart zonne-energie-installatie

Collectoroppervlak (in m²)

Volume warmwatertank (in m³)

Collectorefficiëntie (in %)

Klasse warmwatertank
 A* = 0,95, A = 0,91
 B = 0,86, C = 0,83,
 D-G = 0,81

('III' × + 'IV' ×) × 0,45 × (/100) × = + %

Seizoengebonden energie-efficiëntie van ruimteverwarming door pakket onder gemiddelde klimaatomstandigheden 5 %

Seizoengebonden energie-efficiëntieklasse van ruimteverwarming door pakket onder gemiddelde klimaatomstandigheden

G	F	E	D	C	B	A	A ⁺	A ⁺⁺	A ⁺⁺⁺
< 30 %		≥ 30 %		≥ 34 %		≥ 36 %		≥ 75 %	
≥ 82 %			≥ 90 %			≥ 98 %		≥ 125 %	
≥ 150 %									

Seizoengebonden energie-efficiëntieklasse van ruimteverwarming onder koudere en warmere klimaatomstandigheden

Kouder: 5 - 'V' = %

Warmer: 5 + 'VI' = %



Er wordt een onderscheid gemaakt tussen verschillende klimaatzones in Europa volgens de onderstaande kaart: België ligt in de gemiddelde klimaatzone.

Figuur 114:
Klimaatzones in de ERP regelgeving.

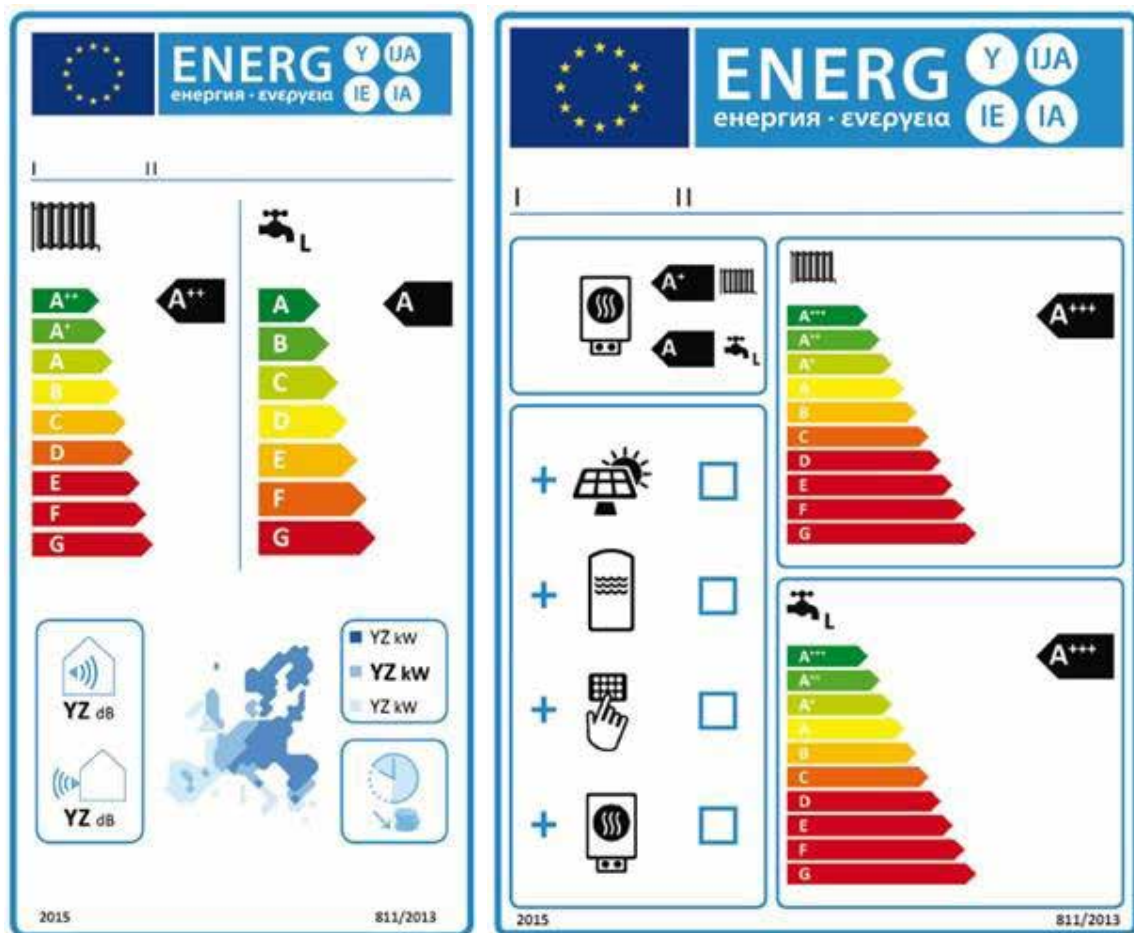
Om de waarde van de seizoensgebonden energie-efficiëntie voor het vakje (1) in het berekeningschema te bepalen, moet de volgende procedure gevolgd worden:

- De berekening moet verplicht voor de energiezone 'Gemiddeld' worden uitgevoerd, de andere zones zijn optioneel.
- $\eta_s = \frac{SCOP}{CC}$
 - met
 - SCOP: seizoens-COP van de warmtepomp
 - CC: conversiefactor van elektriciteit naar primaire energie
- $SCOP = \frac{Q_H}{Q_{HE}}$
 - met
 - $Q_H = P_{design,h} \times 2066$: de jaarlijkse energievraag van het gebouw (voor de gemiddelde klimaatzone)
 - $P_{design,h}$: ontwerpverwarmingsvermogen bij -10°C (voor de gemiddelde klimaatzone)
 - Q_{HE} : het jaarlijks energieverbruik van de warmtepomp
- $Q_{HE} = \frac{Q_H}{SCOP_{on}} + H_{TO} \times P_{TO} + H_{SB} \times P_{SB} + H_{CK} \times P_{CK} + H_{OFF} \times P_{OFF}$
 - met
 - $SCOP_{on}$: de prestatiecoëfficiënt in actieve modus, bepaald volgens de 'bin'methode van EN14825
 - $H \times P$: verliesterm, aantal uren x vermogen
 - Onderschrift **TO**: thermostaat-uit stand
 - Onderschrift **SB**: Stand-by stand
 - Onderschrift **CK**: carterverwarming-stand
 - Onderschrift **OFF**: uit stand
- COP-waarde getest en/of berekend volgens EN14825 (temperatuurcondities) en 14511 (testcondities)

23.3. Energielabels

Het energielabel koppelt de seizoensefficiëntie η aan een bepaalde energiekلاسe (G tot A+++).

Per productgroep is er een eigen definitie van welk seizoensrendement η hoort bij welke energiekلاسe. Het is gelukkig wel zo dat de hoog-temperatuur warmtepompen, gasketels en olieketels op een gelijkaardige manier het energielabel wordt bepaald. Ze zijn dus onderling vergelijkbaar.



Figuur 115: (LINKS) energielabel voor een combi-toestel verwarming + sanitair warm water en (RECHTS) voor een combinatiepakket (productie + eventueel opslag, regeling, zonneboiler) met warmtepomp voor verwarming en warm water.

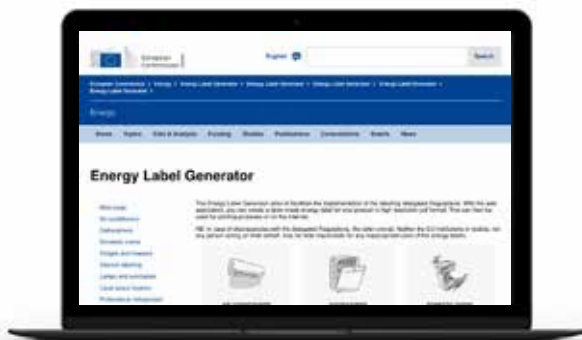
In Europa zijn enkel warmtepompen met de volgende energielabels toegelaten:

Toepassing	Toegelaten energieklassen
Ruimteverwarming	A++ tot G
Ruimteverwarming vanaf september 2019	A+++ tot D (lager mag niet meer verkocht worden)
Water verwarming vanaf september 2017	A+ tot F (lager mag niet meer verkocht worden)



http://www.be.nl.heatinglabel.com/Start_BE

Techlink, de beroepsfederatie voor elektro-, HVAC-, en sanitair-installateurs, stelt een gratis online tool ter beschikking voor de opmaak van een energielabel:



<https://ec.europa.eu/energy/eepf-labels/en/eepf-labels/label-type/space-heaters>

Ook op Europees niveau werd een labelgenerator voor verwarmingstoestellen ontwikkeld:



23.4. Seizoensefficiëntie voor verschillende types warmtepompen

De onderstaande tabellen geven de koppeling aan tussen de seizoensefficiëntie en het energielabel.

	SCOP					Seizoensefficiëntie				
A+++			SCOP	≥	5.1			η_s	≥	204
A++	4.6	≤	SCOP	<	5.1	184	≤	η_s	<	204
A+	4	≤	SCOP	<	4.6	160	≤	η_s	<	184
A	3.4	≤	SCOP	<	4	136	≤	η_s	<	160
B	3.1	≤	SCOP	<	3.4	124	≤	η_s	<	136
C	2.8	≤	SCOP	<	3.1	112	≤	η_s	<	124
D	2.5	≤	SCOP	<	2.8	100	≤	η_s	<	112
E	2.2	≤	SCOP	<	2.5	88	≤	η_s	<	100
F	1.9	≤	SCOP	<	2.2	76	≤	η_s	<	88
G			SCOP	<	2.9	0	0	η_s	<	76

Tabel 54: Koppeling seizoensefficiëntie met energielabel voor lucht/lucht warmtepompen (EU richtlijn 626-2011).

	SCOP					Seizoensefficiëntie				
A+++			SCOP	≥	3.75			η_s	≥	150
A++	3.125	≤	SCOP	<	3.75	125	≤	η_s	<	150
A+	2.45	≤	SCOP	<	3.125	98	≤	η_s	<	125
A	2.25	≤	SCOP	<	2.45	90	≤	η_s	<	98
B	2.05	≤	SCOP	<	2.25	82	≤	η_s	<	90
C	1.875	≤	SCOP	<	2.05	75	≤	η_s	<	82
D	0.9	≤	SCOP	<	1.875	36	≤	η_s	<	75
E	0.85	≤	SCOP	<	0.9	34	≤	η_s	<	36
F	0.75	≤	SCOP	<	0.85	30	≤	η_s	<	34
G			SCOP	<	0.75	0	0	η_s	<	30

Tabel 55: Koppeling seizoensefficiëntie met energielabel voor hoog-temperatuur warmtepompen (tot 55°C) met water als afgifte (EU richtlijn 811-2013).

	SCOP				Seizoensefficiëntie					
A+++			SCOP	≥	4.375			η_s	≥	175
A++	3.75	≤	SCOP	<	4.375	150	≤	η_s	<	175
A+	3.075	≤	SCOP	<	3.75	123	≤	η_s	<	150
A	2.875	≤	SCOP	<	3.075	115	≤	η_s	<	123
B	2.675	≤	SCOP	<	2.875	107	≤	η_s	<	115
C	2.5	≤	SCOP	<	2.675	100	≤	η_s	<	107
D	1.525	≤	SCOP	<	2.5	61	≤	η_s	<	100
E	1.475	≤	SCOP	<	1.525	59	≤	η_s	<	61
F	1.375	≤	SCOP	<	1.475	55	≤	η_s	<	59
G			SCOP	<	1.375	0	0	η_s	<	55

Tabel 56: Koppeling seizoensefficiëntie met energielabel voor laag-temperatuur warmtepompen (tot 35°C) met water als afgifte (EU richtlijn 811-2013).

	3XS				XXS				XS				S							
A+++			hs	≥	62			hs	≥	62			hs	≥	69			hs	≥	90
A++	53	≤	hs	<	62	53	≤	hs	<	62	61	≤	hs	<	69	72	≤	hs	<	90
A+	44	≤	hs	<	53	44	≤	hs	<	53	53	≤	hs	<	61	55	≤	hs	<	72
A	35	≤	hs	<	44	35	≤	hs	<	44	38	≤	hs	<	53	38	≤	hs	<	55
B	32	≤	hs	<	35	32	≤	hs	<	35	35	≤	hs	<	38	35	≤	hs	<	38
C	29	≤	hs	<	32	29	≤	hs	<	32	32	≤	hs	<	35	32	≤	hs	<	35
D	26	≤	hs	<	29	26	≤	hs	<	29	29	≤	hs	<	32	29	≤	hs	<	32
E	22	≤	hs	<	26	23	≤	hs	<	26	26	≤	hs	<	29	26	≤	hs	<	29
F	19	≤	hs	<	22	20	≤	hs	<	23	23	≤	hs	<	26	23	≤	hs	<	26
G			hs	<	19			hs	<	20			hs	<	23			hs	<	23

	M				L				XL				XXL							
A+++			hs	≥	163			hs	≥	188			hs	≥	200			hs	≥	213
A++	130	≤	hs	<	163	150	≤	hs	<	188	160	≤	hs	<	200	170	≤	hs	<	213
A+	100	≤	hs	<	130	115	≤	hs	<	150	123	≤	hs	<	160	131	≤	hs	<	170
A	65	≤	hs	<	100	75	≤	hs	<	115	80	≤	hs	<	123	85	≤	hs	<	131
B	39	≤	hs	<	65	50	≤	hs	<	75	55	≤	hs	<	80	60	≤	hs	<	85
C	36	≤	hs	<	39	37	≤	hs	<	50	38	≤	hs	<	55	40	≤	hs	<	60
D	33	≤	hs	<	36	34	≤	hs	<	37	35	≤	hs	<	38	36	≤	hs	<	40
E	30	≤	hs	<	33	30	≤	hs	<	34	30	≤	hs	<	35	32	≤	hs	<	36
F	27	≤	hs	<	30	27	≤	hs	<	30	27	≤	hs	<	30	28	≤	hs	<	32
G			hs	<	27			hs	<	27			hs	<	27			hs	<	28

Tabel 57: Koppeling seizoensefficiëntie met energielabel voor waterverwarming (EU richtlijn 811-2013)
(Vermenigvuldig met 2,5 om de SCOP te berekenen).

23.5. Minimum Ecolabel-eisen vanaf september 2017

De Ecolabel richtlijn legt onder andere minimale energie-efficiëntie-waarden op. Vanaf september 2017 gelden de volgende minimum eisen voor de seizoensefficiëntie van warmtepompen.

Toestel	Minimum η_s	
Ruimteverwarming		
Warmtepompen en combi-warmtepompen	110%	Klasse A+
Laag-temperatuur warmtepompen	125%	Klasse A+
Gasketels (uitgezonderd B1)	86%	Klasse A
Sanitair warm water		
Warm water toestellen 3XS – S	32%	
Warm water toestellen M	36%	
Warm water toestellen L	37%	
Warm water toestellen XL	38%	
Warm water toestellen XXL	60%	
Warm water toestellen 3XL-4XL	34%	

Tabel 58: Minimale seizoensefficiëntie volgens de Ecolabel richtlijn.

23.6. Nuttige referenties

- Algemene informatie over Ecodesign en Energielabel: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficient-products>
- Alle informatie over Ecodesign en Energielabel voor ruimte- en tapwaterverwarming: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficient-products/heaters>. Deze site bevat o.a.:
 - Gids voor consumenten
 - Documenten 811-814 met berekeningsmethode, minimale eisen en indeling in energie- klassen
 - Excel rekenblad voor de berekening van een energielabel
- Ecodesign richtlijn: “RICHTLIJN 2009/125/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 21 oktober 2009 betreffende de totstandbrenging van een kader voor het vaststellen van eisen inzake ecologisch ontwerp voor energie gerelateerde producten”
 - Link: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32009L0125>
- Energy labelling richtlijn: RICHTLIJN 2010/30/EU VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 19 mei 2010 betreffende de vermelding van het energieverbruik en het verbruik van andere hulpbronnen op de etikettering en in de standaardproductinformatie van energie gerelateerde producten
 - Link: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32010L0030>

24. EPB [tekst gebaseerd op www.energiesparen.be]

Wie in Vlaanderen bouwt of verbouwt, is verplicht om de energieprestatieregelgeving (EPB) te respecteren. EPB staat voor 'EnergiePrestatie en Binnenklimaat'.

De energieprestatieregelgeving legt eisen op voor isolatie, installaties, ventilatie en oververhitting.

E-peil		Binnenklimaat	
Gebouwschil		Installaties	Ventilatie
U- en R-waarden		Installatie-eisen	Oververhitting
K-peil	S-peil	Hernieuwbare energietechnieken	
Netto energiebehoefte voor verwarming			

Niet alle projecten moeten aan alle EPB-eisen voldoen. Dat hangt af van:

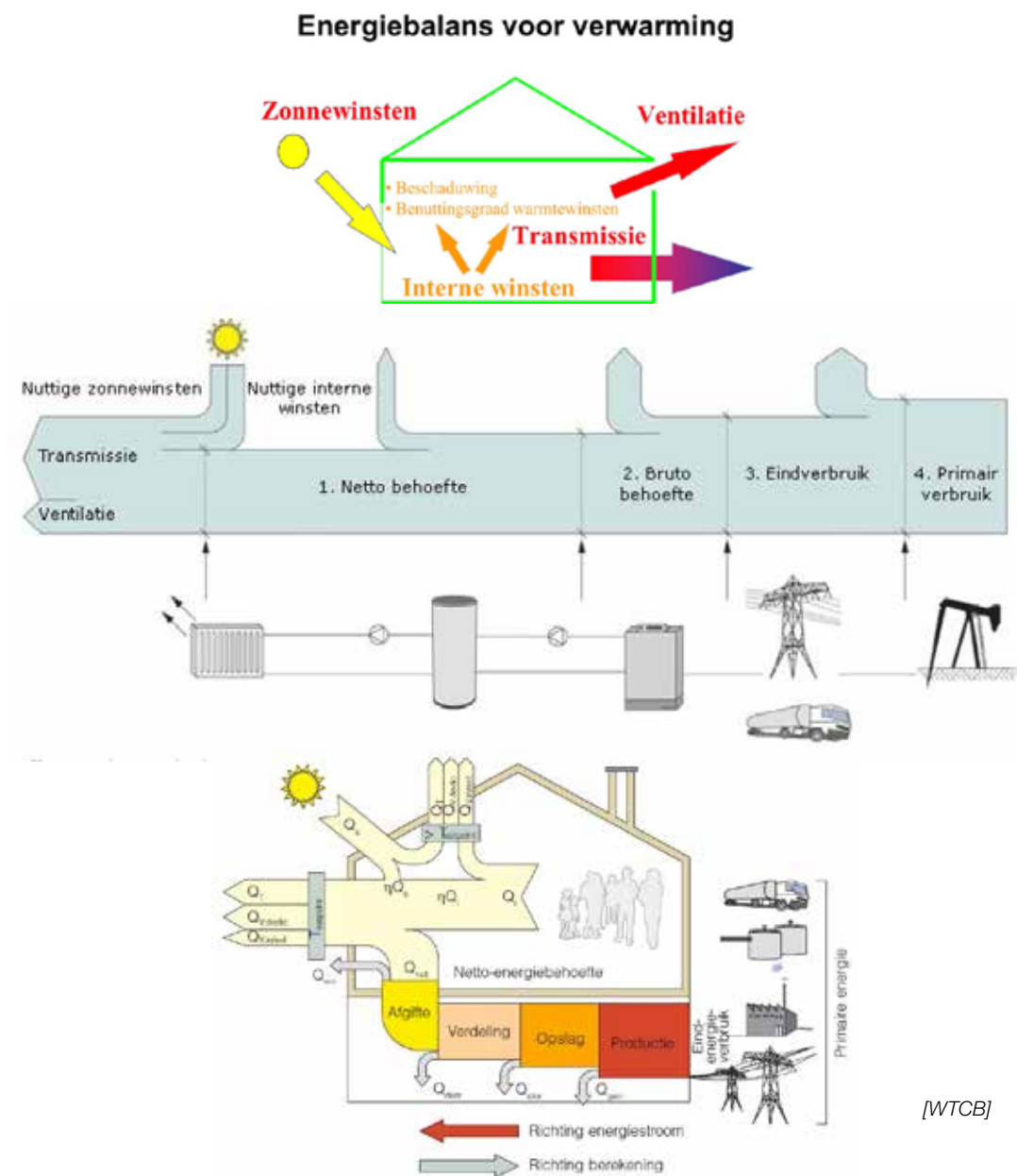
- de **aard van de werken** (renovatie of nieuwbouw);
- de **bestemming** van het gebouw of gebouwdeel (woongebouwen of niet-residentiële gebouwen);
- de **datum van de bouw**aanvraag.

De berekening van de energiebehoefte voor de verwarming in de EPB-regelgeving gebeurt in verschillende stappen, waarin telkens bepaalde parameters een rol spelen:

1. eerst wordt de **netto energiebehoefte** voor de verwarming bepaald. Dat is de hoeveelheid warmte die door de warmteafgiftelichamen moet worden afgegeven om een bepaalde binnentemperatuur te bereiken en in stand te houden. Deze behoefte wordt bepaald op basis van de warmteverliezen door transmissie en ventilatie en de warmtewinst door bezonning en het gebruik van het gebouw. Ook de thermische capaciteit van het gebouw heeft een invloed op de netto energiebehoefte.
2. in een tweede stap wordt de netto energiebehoefte omgezet in de bruto **energiebehoefte**. Dat is de hoeveelheid warmte die door de warmteopwekker (cv-ketel, warmtepomp, ...) wordt afgegeven aan het warmteafgiftesysteem. Het verschil tussen de netto en bruto energiebehoefte is een gevolg van de verliezen in het verdeel-, afgifte- en opslagsysteem, en wordt uitgedrukt door het systeemrendement.
3. vervolgens wordt het **eindenergieverbruik** voor de verwarming bepaald. Dit is de hoeveelheid energie die via de warmteopwekker in het gebouw binnenkomt door verbranding van de brandstof. Het verschil tussen de bruto energiebehoefte en het eindenergieverbruik is een gevolg van de mantel- en schoorsteenverliezen van de warmteopwekker en door de verliezen bij de verbranding van de brandstof. Dit verschil wordt uitgedrukt door het opwekkingsrendement. Verder wordt bij de bepaling van het eindenergieverbruik ook rekening gehouden met de bijdrage van een thermisch zonnesysteem, indien dit gekoppeld is aan de verwarmingsinstallatie.

4. ten slotte wordt het **karakteristieke primaire energieverbruik** voor de verwarming bepaald. Het eindenergieverbruik wordt daarbij omgezet naar primaire energie rekening houdend met de verliezen bij de productie, het transport en de omzetting van de brandstof. Het eindenergieverbruik in de vorm van elektriciteit zal met een bepaalde factor vermenigvuldigd moeten worden, omdat de omzetting van de gebruikte energiebron (bv. steenkool, aardgas, stookolie of uranium) in elektriciteit gepaard gaat met rendementsverlies in de elektriciteitscentrales.

Op de onderstaande afbeelding wordt de rekenmethode schematisch voorgesteld.



Afb. 4 Schematische voorstelling van de bepaling van het E-peil voor residentiële gebouwen.



Figuur 116: Schema EPB berekeningsprincipe.

24.1. Wat is het E-peil?

Het E-peil is een maat voor de globale energieprestatie van een gebouw. Hoe lager het E-peil, hoe energiezuiniger het gebouw.

Het is het resultaat van een berekening en de vergelijking met een referentiegebouw.

$$\frac{\textit{karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik}}{\textit{referentiewaarde van het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik}} \times 100 \leq \textit{E-peileis}$$

Het E-peil vergelijkt dus het energiegebruik van een bepaald gebouw, onder vastgelegde omstandigheden, met een referentiesituatie. Het 'karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik' is dus **geen exacte** voorspelling van het energiegebruik van het gebouw!

Zoals de onderstaande figuur aangeeft, zijn er veel gebouw- en installatieparameters die meegenomen worden in de berekening.

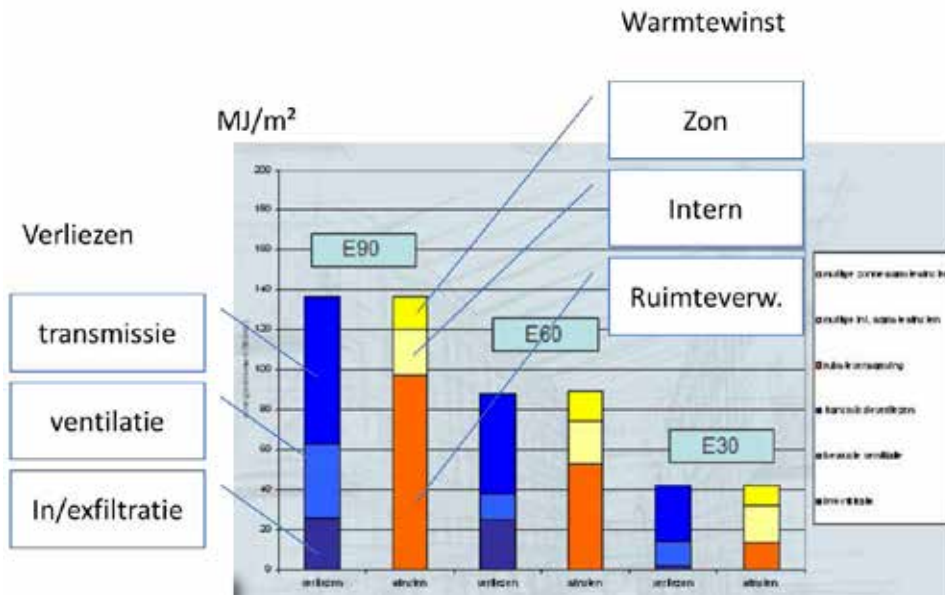
warmteverliezen	energiebalans = netto energiebehoefte	bruto energiebehoefte	eindenergieverbruik voor ruimteverwarming	maandtotalen naar jaarlijks eindenergieverbruik omzetten naar primair energieverbruik	karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik en referentiewaarde
nuttige warmtewinsten					
systemrendement					
opwekkingsrendement					
systemrendement	eindenergieverbruik voor warm tapwater				
bijdrage thermisch zonne-energiesysteem					
opwekkingsrendement	energieverbruik voor hulpfuncties en ventilatoren				
energiebeverbruik van hulpfuncties van de installaties					
energieverbruik van de ventilatoren					
energieverbruik voor koeling					
energiewinst door PV-panelen of WKK					

E peil

[www.energiesparen.be]

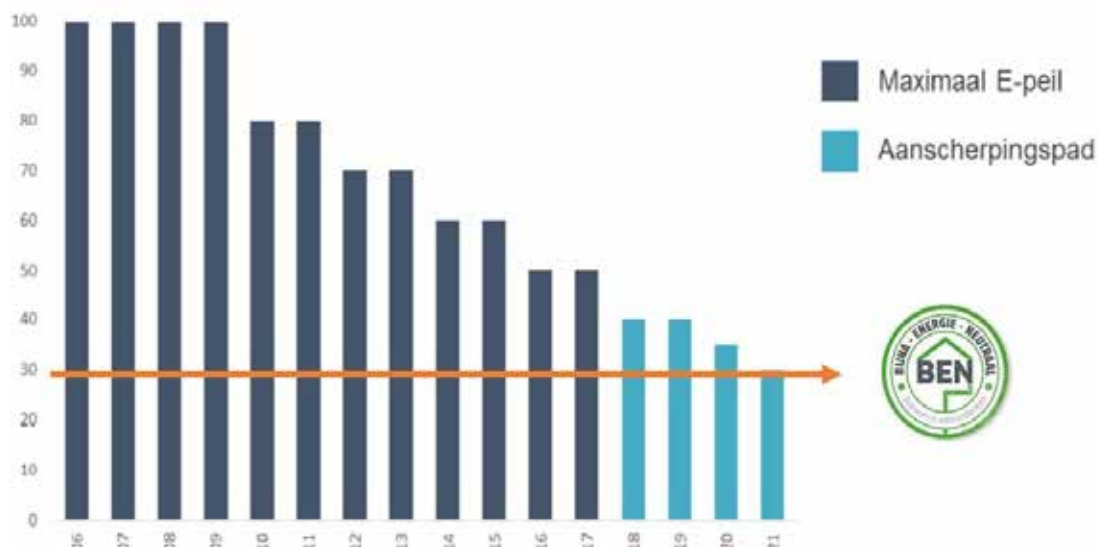
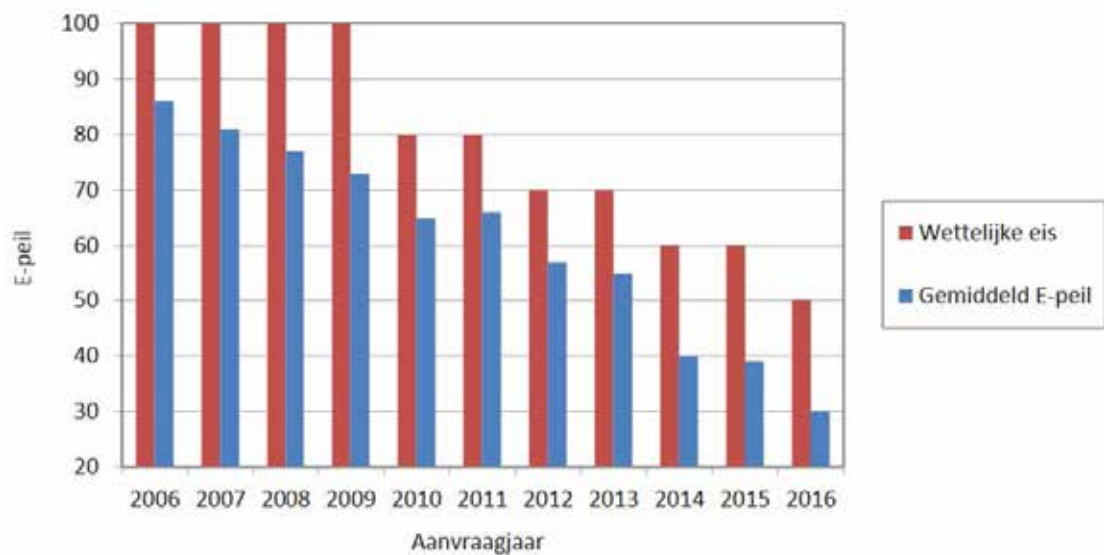
Figuur 117: Overzicht van de invloeden van gebouw- en installatieparameters op het E-peil.

Het E-peil geeft weer hoeveel energie er nodig is om een woning op temperatuur te houden, zowel voor verwarming als voor eventueel, koeling. De onderstaande figuur geeft de verdeling tussen de verschillende warmteverliezen en warmtewinsten weer.



Figuur 118: Warmtewinsten en -verliezen in een eengezinswoning in functie van het E-peil.

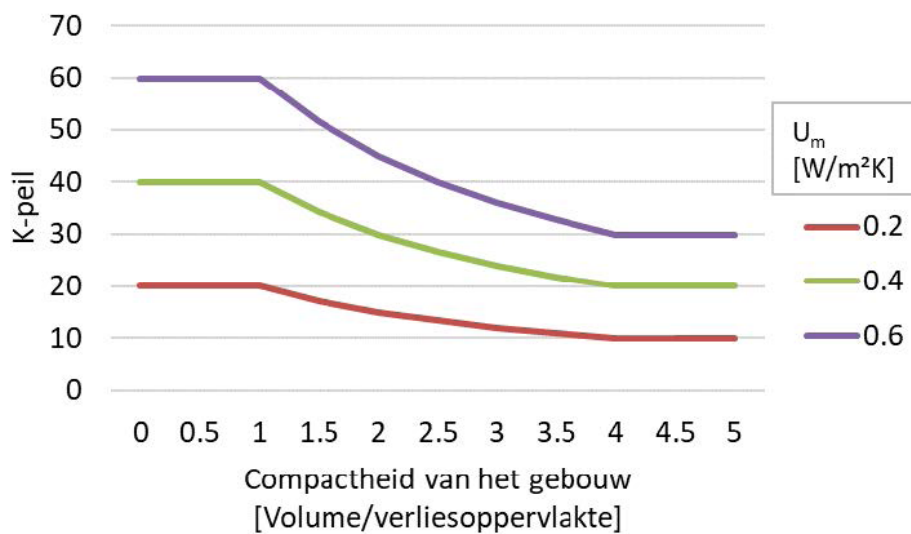
Het verplicht E-peil wordt steeds strenger, om in 2021 te komen tot een E30, wat het niveau van een BEN (Bijna Energie Neutraal) -woning is.



Figuur 119: Evolutie E-peil.

24.2. Wat is een K-peil?

Het K-peil geeft de globale warmte-isolatie van het gebouw weer. Het hangt af van het warmteverlies van een gebouw via buitenmuren, daken, vloeren en vensters. Hoe beter een gebouw geïsoleerd is, hoe lager en hoe beter het K-peil is. Maximaal isoleren, volledig sluitend rond het gebouw, van de vloer tot het dak, is belangrijk.



Figuur 120: K-peil in functie van de gebouwschil en de compactheid $C = V/A$.

Let op: het K-peil is nadelig voor kleine gebouwen, waardoor voor woongebouwen het K-peil sinds 2018 vervangen is door het S-peil.

24.3. Wat is het S-peil?

Het 'S-Peil' of 'schilpeil' drukt de energie-efficiëntie van de gebouwschil uit. Het vat alle energetische kwaliteiten van de schil (zowel de winsten als de verliezen) samen tot één getal. Het zegt hoe goed de schil bestand is tegen koude winterdagen, maar ook of er genoeg zonnewering is op hete zomerdagen en of de woning een efficiënte vorm heeft.

$$S\text{-peil} = \frac{\text{Energieverbruik gerelateerd aan de schil voor verwarming en koeling}}{\text{Equivalent boloppervlak van het gebouw}} \left[\frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \text{equiv. bolopp.}} \right]$$

24.4. Verplicht aandeel hernieuwbare energie

Vanaf 2014 moet een gebouw (behalve industrie) ook een verplicht aandeel hernieuwbare energie produceren. Momenteel moet dit hoger zijn dan 15kWh/m².jaar.

U kunt op 4 verschillende manieren voldoen aan het minimumaandeel hernieuwbare energie:

1	<p>Minstens 15 kWh aan hernieuwbare energie produceren in het geval van een woongebouw en minstens 20 kWh bij een niet-residentieel gebouw, per m² bruto vloeroppervlakte door middel van 1 of meerdere van de onderstaande technieken:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zonnepanelen (PV) • zonneboiler • warmtepomp en warmtepompboiler • ketel, kachel of WKK op biobrandstof* • stadsverwarming of -koeling
2	<p>De volledige energievraag voor ruimteverwarming dekken door middel van 1 of meerdere van de onderstaande technieken:</p> <ul style="list-style-type: none"> • warmtepomp • ketel, kachel of WKK op biobrandstof* • stadsverwarming of -koeling met een aandeel hernieuwbare energie van 100%
3	<p>Een zonneboiler plaatsen met een apertuuroppervlakte van minstens 2,5% van de bruto vloeroppervlakte.</p> <p>Voor een woning van 150 m² komt dat overeen met een apertuuroppervlakte van minstens 3,75 m².</p>
4	<p>Participatie, die voldoet aan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • minstens 20 euro per m² bruto vloeroppervlakte • minstens 15 kWh/m² bruto vloeroppervlakte • Extra voorwaarden

* Let op! de biomassaketel of -kachel (vb. hout, pellets) moet voldoen aan de voorwaarden uit het KB van 12 oktober 2010:

- heeft een opwekkingsrendement van minstens 85 % én
- de emissieniveaus (CO en fijn stof) zijn kleiner dan de grenswaarden uit fase III van het KB.

24.5. Overzicht van de eisen per bouwtype

De onderstaande tabel toont welke eisen voor welke types gebouwen gelden.

Voor bouwprojecten met stedenbouwkundige vergunningsaanvraag of melding vanaf 1 januari 2018

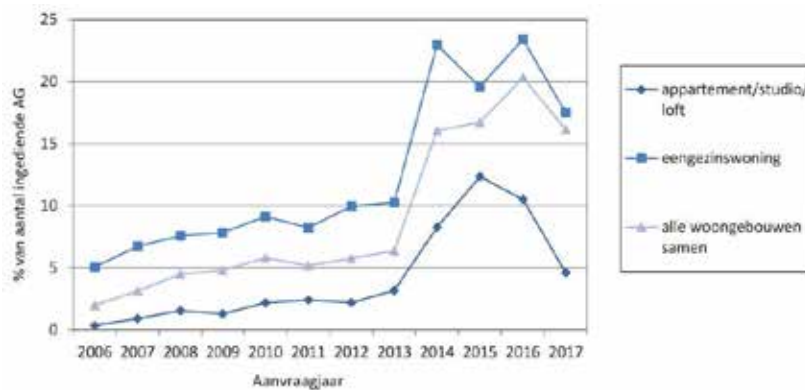
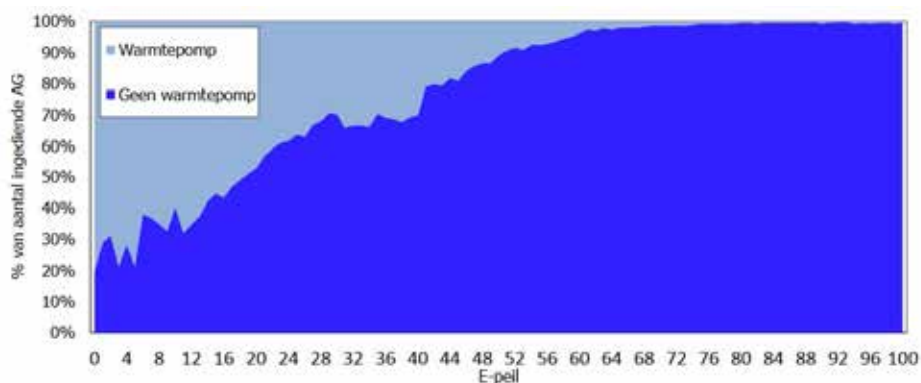
EPB-eisen (eisen op het vlak van ENERGIEPRESTATIE en BINNENKLIMAAT)		BESTEMMING		
AARD VAN HET WERK		wonen	niet-residentieel	industrie
nieuwbouw (of gelijkwaardig)	thermische isolatie	maximaal 0,31 (wooneenheid) en maximale U-waarden	maximale U-waarden	maximaal K 40 (gebouw) en maximale U-waarden
	energieprestatie	maximaal E 40 (wooneenheid)	maximaal E-peil* (in functie van de functionele delen)	-
	binnenklimaat	minimale ventilatievoorzieningen en beperken van risico op oververhitting (wooneenheid)	minimale ventilatievoorzieningen	minimale ventilatievoorzieningen
	hernieuwbare energie	≥ 15 kWh/m ² .jaar	≥ 15 kWh/m ² .jaar	
*: voor kantoorgebouwen van publieke organisaties gelden strengere E-peilen		installaties	-	minimale installatie-eisen
ingrijpende energetische renovatie	thermische isolatie	maximale U-waarden (voor nieuwe en na-geïsoleerde delen)		-
	energieprestatie	maximaal E 90 (wooneenheid)	maximaal E-peil (in functie van de functionele delen)	volg de eisen bij renovatie
	installaties	-	-	
	binnenklimaat	minimale ventilatievoorzieningen		
		hernieuwbare energie	≥ 15 kWh/m ² .jaar	≥ 15 kWh/m ² .jaar
renovatie	thermische isolatie	maximale U-waarden (voor nieuwe en na-geïsoleerde delen)		
	energieprestatie	-		
	installaties	minimale eisen (voor nieuwe, vernieuwde of vervangen installaties)		
	binnenklimaat	minimale ventilatievoorzieningen (voor bestaande ruimten bij vervanging van vensters en voor nieuwe ruimten)		ventilatie-eisen (voor het nieuw gebouwde toegevoegde deel)

Figuur 121: Eisentabel EPB 2019.

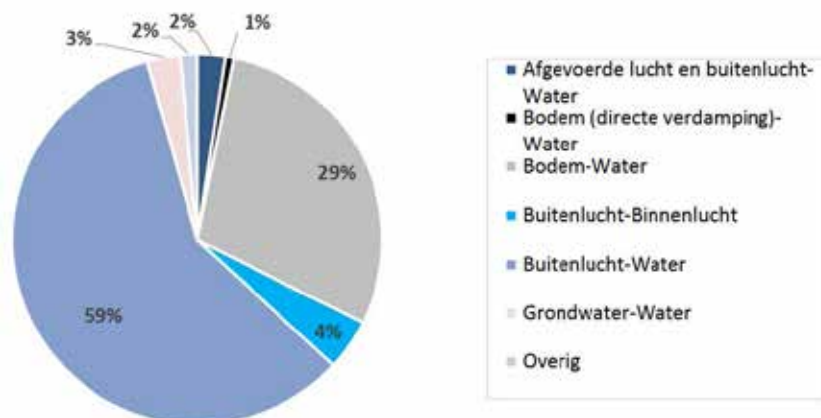
[EPB-pedia]

24.6. Impact op warmtepompen

De onderstaande figuren geven weer welke impact het E-peil heeft op de toepassing van warmtepompen in woningen.



Grafiek 16 - % van de EPB-aangiften woongebouwen met warmtepomp, per aanvraagjaar



Figuur 122: E-peil, evolutie van het E-peil in eengezinswoningen, impact van E-peil op de keuze voor warmtepompen en types warmtepompen (2016). [VEA, cijferreport-2018]

24.7. Warmtepompen in EPB

De prestatie van warmtepompen in EPB wordt bepaald aan de hand van een hele reeks eigenschappen van de warmtepomp en de installatie. De algemene formule ziet er al volgt uit (bijlage V, EPW):

$$\eta_{\text{gen,heat}} = \frac{P_{\text{nom}} \cdot t_{\text{on}}}{\frac{P_{\text{nom}} \cdot t_{\text{on}}}{\text{SCOP}_{\text{inst}}} + P_{\text{TO}} \cdot t_{\text{TO}} + P_{\text{CCH}} \cdot t_{\text{CCH}} + P_{\text{off}} \cdot t_{\text{off}} + P_{\text{SB}} \cdot t_{\text{SB}}} \quad (-)$$

Een belangrijke factor hierin is $\text{SCOP}_{\text{inst}}$:

$$\text{Eq. 334} \quad \text{SCOP}_{\text{inst}} = f_{\theta,\text{en}} \cdot f_{\theta,\text{source}} \cdot f_{\Delta\theta} \cdot f_{\text{pumps}} \cdot f_{\text{AHU}} \cdot f_{\text{dim,gen,heat}} \cdot \text{SCOP}_{\text{on}} \quad (-)$$

waarin:

$f_{\theta,\text{en}}$	een correctiefactor voor het verschil tussen de ontwerpvertrektemperatuur naar het systeem van warmteafgifte (of desgevallend warmteopslag) en de uitlaattemperatuur van de condensor waarvoor SCOP_{on} werd bepaald, zoals hieronder bepaald, (-);
$f_{\theta,\text{source}}$	een correctiefactor voor het verschil tussen de (conventionele) temperatuur van de warmtebron en de inlaattemperatuur van de verdamer waarvoor SCOP_{on} werd bepaald, zoals hieronder bepaald, (-);
$f_{\Delta\theta}$	een correctiefactor voor het verschil in temperatuursvariatie van enerzijds het warmteafgiftesysteem bij ontwerpomstandigheden (of desgevallend warmteopslag) en van anderzijds het water over de condensor onder testomstandigheden volgens de norm NBN EN 14511 of onder de testomstandigheden waarbij SCOP_{on} of SGUE_h werd bepaald, in geval van warmtetransport met water, zoals bepaald in § 10.2.3.3.3, (-);
f_{pumps}	een correctiefactor voor het energieverbruik van een pomp op het circuit naar de verdamer, zoals bepaald in § 10.2.3.3.3, (-);
f_{AHU}	een correctiefactor voor het verschil in luchtdebiet bij ontwerp en het luchtdebiet bij de test volgens de norm NBN EN 14511 of het luchtdebiet waarbij SCOP_{on} of SGUE_h werd bepaald. f_{AHU} komt enkel tussen bij de warmtepompen op ventilatielucht en wordt bepaald in § 10.2.3.3.3, (-);
$f_{\text{dim,gen,heat}}$	een correctiefactor om rekening te houden met de dimensionering van het warmteopwekkingssysteem voor ruimteverwarming; voor het ogenblik wordt deze factor conventioneel gelijkgesteld aan 1,00, (-);
SCOP_{on}	de prestatiecoëfficiënt in actieve modus en voor gemiddelde klimaatomstandigheden van de elektrische warmtepomp, zoals hieronder bepaald, (-).

Als een warmtepomp wordt toegepast waarvoor de bovenstaande parameters niet beschikbaar zijn, wordt de onderstaande formule toegepast.

$$\text{Eq. 345 } \text{SPF} = f_{\theta, \text{heat}} \cdot f_{\Delta\theta} \cdot f_{\text{pomp}} \cdot f_{\text{AHU}} \cdot f_{\text{dim, gen, heat}} \cdot \text{COP}_{\text{test}} \quad (-)$$

waarin:

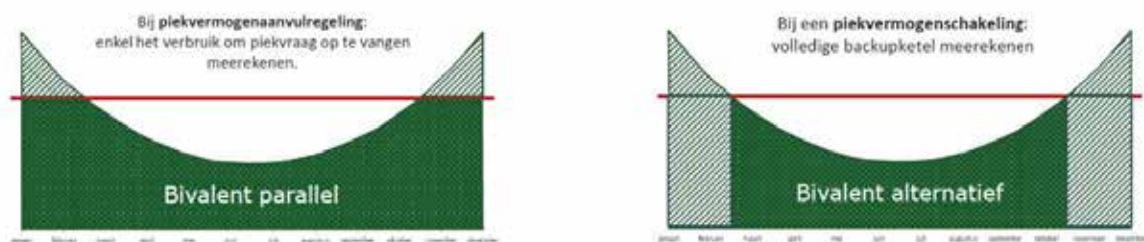
$f_{\theta, \text{heat}}$	een correctiefactor voor het verschil tussen de ontwerpvertrektemperatuur naar het systeem van warmteafgifte (of desgevallend warmteopslag) en de uitlaattemperatuur van de condensor in de test volgens de norm NBN EN 14511, in geval van warmtetransport met water, zoals hieronder bepaald, (-);
$f_{\Delta\theta}$	een correctiefactor voor het verschil in temperatuursvariatie van enerzijds het warmteafgiftesysteem bij ontwerpomstandigheden (of desgevallend warmteopslag) en van anderzijds het water over de condensor onder testomstandigheden volgens de norm NBN EN 14511 of onder de testomstandigheden waarbij SCOP_{om} of SGUE_h werd bepaald, in geval van warmtetransport met water, zoals hieronder bepaald, (-);
f_{pomp}	een correctiefactor voor het energieverbruik van een pomp op het circuit naar de verdamer, zoals hieronder bepaald, (-);
f_{AHU}	een correctiefactor voor het verschil in luchtdebiet bij ontwerp en het luchtdebiet bij de test volgens de norm NBN EN 14511 of het luchtdebiet waarbij SCOP_{om} of SGUE_h werd bepaald. f_{AHU} komt enkel tussen bij de warmtepompen op ventilatielucht en wordt hieronder bepaald, (-);
$f_{\text{dim, gen, heat}}$	een correctiefactor om rekening te houden met de dimensionering van het warmteopwekkingssysteem voor ruimteverwarming; voor het ogenblik wordt deze factor conventioneel gelijkgesteld aan 1,00, (-);
COP_{test}	de prestatiecoëfficiënt (coefficient of performance) van de warmtepomp bepaald volgens de norm NBN EN 14511 bij de volgende testomstandigheden (-):

Voor gasabsorptiewarmtepompen geldt een gelijkaardige aanpak. Voor projecten met een aanvraagdatum vanaf 1 januari 2018 is de Ecodesignrichtlijn voor verwarming van toepassing. Deze Ecodesignrichtlijn legt, in het geval van een warmtepomp, de temperatuurstoename over de condensor vast: - 5°C als het om een lagetemperatuurswarmtepomp gaat; - 8°C als het niet om een lagetemperatuurswarmtepomp gaat. Deze waarden worden vanaf nu standaard ingevuld in de software als het om een warmtepomp gaat die onder de Ecodesignrichtlijn valt.

24.8. Bivalente systemen

Voor bivalente systemen wordt in EPB de aanpak overgenomen die ook voor WKK-installaties wordt gebruikt. Er wordt gerekend met een:

- Piekvermogenaanvulregeling
 - o De niet-preferente toestellen treden 'aanvullend' in werking als warmtevraag > warmtelevering door het preferente toestel
 - o Preferent toestel blijft op maximaal vermogen in werking
 - o = BIVALENT PARALLEL
- Piekvermogenschakelregeling
 - o Niet-preferent toestel neemt over als warmtevraag > warmtelevering door preferent toestel
 - o Preferent toestel wordt uitgeschakeld
 - o = BIVALENT ALTERNATIEF

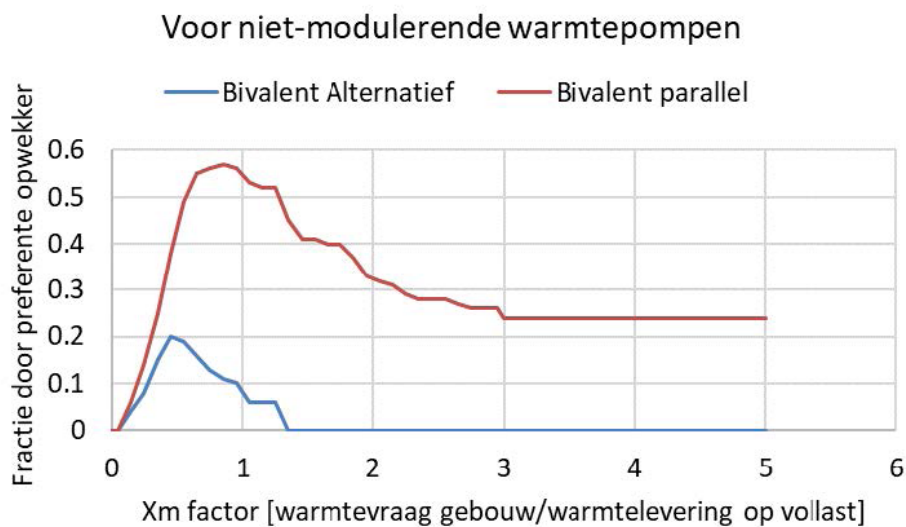
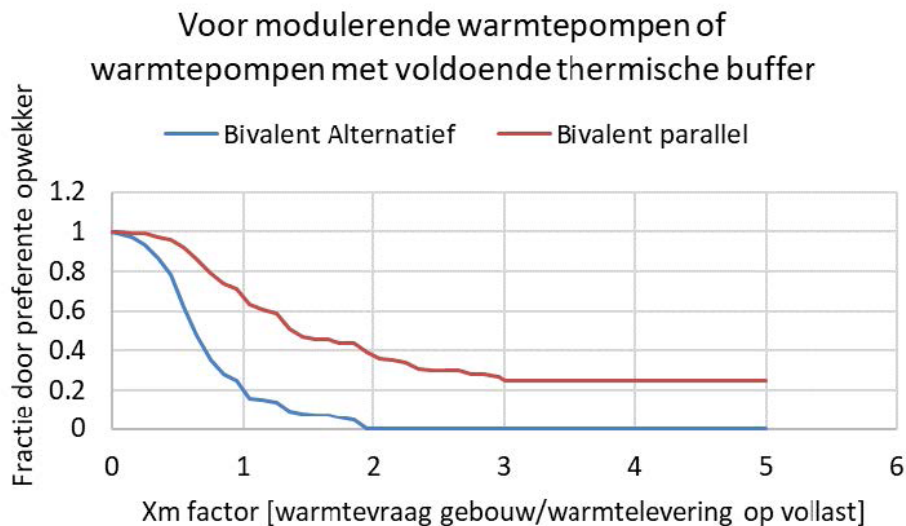


Figuur 123: Aanvul- en schakelregeling in EPB.

[Stiebel-Eltron]

De verhouding van de warmtelevering tussen de preferente en de niet-preferente opwekker is dus niet langer op basis van vermogensverhouding, wel uitgedrukt in functie van hulpvariabele X_m en de schakelregeling tussen preferente en niet-preferente opwekkers

- X_m = verhouding tussen warmtevraag en warmte die door het preferent toestel kan geleverd worden bij constante werking op vol vermogen
- Hulpvariabele X_m :
 - o $X_m = 1$: in die maand wordt warmtevraag gedekt door preferent toestel
 - o $X_m < 1$: preferent toestel kan meer warmte leveren dan nodig, niet-preferent toestel zal weinig in werking zijn → aandeel preferent toestel groter in totaalrendement
 - o $X_m > 1$: het preferent toestel kan onvoldoende warmte leveren waardoor het niet-preferente moet bijspringen.



Figuur 124: Verband tussen X_m en de geleverde fractie van de warmte door de preferente opwekker.

De conclusie is dus dat het vermogen van de weerstand niet meer belangrijk is, maar wel het vermogen van de warmtepomp zelf in combinatie met de warmtevraag van het gebouw.

Zowel een modulerende warmtepomp als een warmtepomp met voldoende thermische buffer worden in EPB beschouwd als modulerend.

24.9. Warmtepomp met elektrische bijverwarming

[EPB-pedia: <https://www.energiesparen.be/bouwen-en-verbouwen/epb-pedia/technieken/verwarming-koeling-en-sanitair-warm-water/opwekking/warmtepomp/elektrische-warmtepomp/specifieke-combinaties-of-toepassingen-met-warmtepompen>]

Wanneer een warmtepomp gecombineerd is met een weerstand voor bijverwarming, moet u deze weerstand als niet-preferente opwekker inrekenen. Ook in het geval dat de aanwezige elektrische weerstand geblokkeerd, afgekoppeld of verwijderd werd. In de EPB-software 3G geeft u in dit geval de warmtepomp in als preferente opwekker en de elektrische weerstand als niet-preferente opwekker.

Uitzondering: in de volgende gevallen moet u de weerstand niet als aparte opwekker invoeren:

- Sanitair warm water: als de warmtepomp onder **Ecodesign** valt en de weerstand ingeschakeld was tijdens de testen volgens Ecodesign, moet u de weerstand niet als aparte opwekker invoeren voor sanitair warm water. U moet wel aantonen dat de weerstand ingeschakeld werd bij de testen waarbij de Ecodesign gegevens bepaald werden. Als u dit niet kan aantonen of als de warmtepomp niet onder Ecodesign valt, moet u de weerstand wel als een aparte opwekker invoeren.
- Ruimteverwarming: als het opwekkingsrendement voor de warmtepomp bepaald wordt op basis van **Ecodesign**, wordt er steeds van uitgegaan dat de weerstand werd meegenomen in de Ecodesigngegevens. U moet dan de weerstand niet als aparte opwekker ingeven.

25. Steun (situatie juni/2019)



<http://www.energiesparen.be/subsidies>

Voor Vlaanderen is alle informatie over subsidies terug te vinden op de website:



25.1. Voor particulieren

Voor 2019 geldt het volgende overzicht. Voor warmtepompen kunnen er subsidies zijn van:

- uw netbeheerder (opgelegd door de Vlaamse overheid)
- uw gemeentebestuur
- uw provinciebestuur

25.1.1. Nieuwbouw

25.1.1.1. Vlaamse Overheid: Korting op roerende voorheffing

<https://www.energiesparen.be/korting-op-onroerende-voorheffing-voor-nieuwbouwwoningen-met-verlaagd-e-peil>

Voor bouwaanvragen vanaf 2016:

- Korting van 50% op de onroerende voorheffing bij een E-peil van max E30 en dit gedurende 5 jaar.
- Korting van 100% op de onroerende voorheffing bij een E-peil van max E20 en dit gedurende 5 jaar.
- Opmerking: In sommige gevallen zal de korting op de onroerende voorheffing niet worden toegekend, indien de wooneenheid geen apart KI heeft

25.1.1.2. Vlaamse Overheid: Voordelig BEN-krediet voor zeer energiezuinige nieuwbouw

BEN-nieuwbouwwoningen kunnen een voordelig krediet aangaan bij een aantal banken. De banken die hiervoor in aanmerking komen hebben een energiebeleidsovereenkomst afgesloten met de Vlaamse overheid.

Voor alle details en aanvraag: www.energiesparen.be/ben/krediet

25.1.2. Bestaande woningen en appartementen

25.1.2.1. Netbeheerder: premie

- Geothermische warmtepomp 4000 euro;
- Lucht-waterwarmtepomp 1500 euro;
- Hybride lucht-waterwarmtepomp 800 euro;
- Lucht-luchtwarmtepomp 300 euro –
- Warmtepompboiler (vanaf 2019): 400 euro (niet cumuleerbaar met zonneboilerpremie)

Telkens per woning of wooneenheid en telkens max 40% van de factuur (incl. BTW).

Verdubbeling van de premies:

- bij volledige vervanging van de bestaande elektrische weerstandsverwarming in een woning, wooneenheid of woongebouw dat al vóór 1 januari 2006 op het elektriciteitsdistributienet werd aangesloten met toepassing van het uitsluitend nachttarief of
- als de warmtepomp werd geplaatst in een woning, wooneenheid of woongebouw, gelegen in een gebied waar geen aardgasdistributienet aanwezig is op het ogenblik van de uitvoering van de werken,

De technische voorwaarden voor 2018 zijn:

- Minimum label A++ voor geothermische warmtepompen
- Minimum label A+ voor lucht/water, lucht/lucht en hybride warmtepompen
- Actieve koeling moet uitgeschakeld worden
- Warmtepomp moet geplaatst zijn door een Rescert-erkende aannemer
- De maximale temperatuur van het afgiftesysteem is 55°C
- Aannemer beschikt over certificaat van bekwaamheid (= CERTIFICAAT RESCERT)

25.1.2.2. Netbeheerder: Totaalrenovatiebonus bij investering in minstens 3 energiebesparende investeringen:

Premie bovenop de individuele premies van de netbeheerder (via netbeheerder).

Als in een bestaande woning of appartement na 1 januari 2017 binnen een periode van 5 jaar minstens drie van de zeven energiebesparende investeringen worden uitgevoerd (dak, vloer, muur, glas, zonneboiler, warmtepomp of ventilatie), kan een voucher of BENO-pass worden geactiveerd waardoor aanspraak kan worden gemaakt op totaalrenovatiebonussen bovenop de individuele premies die voor deze investeringen al werden uitbetaald.

Premiehoogte in woningen:

- na de derde investering: 1250 euro,
- na de vierde 1750 euro,
- na de vijfde + bewijs EPC dat de woning voldoet voor de eerste 5 investeringen 2750 euro
- na de zesde 3750 euro
- na de zevende 4750 euro

In appartementen bedragen de bonussen de helft hiervan.

25.1.2.3. Vlaamse Overheid : Korting op onroerende voorheffing voor laag E-peil bij ingrijpende energetische renovatie

Uitsluitend voor nieuwe bouwaanvragen vanaf 1 oktober 2016 voor een Ingrijpende Energetische Renovatie:

- Korting van 50% op de onroerende voorheffing bij een E-peil van max E90 en dit gedurende 5 jaar.
- Korting van 100% op de onroerende voorheffing bij een E-peil van max E60 en dit gedurende 5 jaar.
- De 'ingrijpende energetische renovatie' is een renovatie waarbij de technische installaties volledig worden vervangen en minstens 75% van de bestaande en nieuwe buitenschil worden (na)geïsoleerd. De korting wordt automatisch toegekend door de Vlaamse belastingadministratie.

25.1.2.4. Vlaamse overheid: Verlaagde registratierechten bij aankoop van een woning die ingrijpend gerenoveerd wordt

Voor de aankoop van de enige gezinswoning bedraagt het tarief vanaf 1 juni 2018 7%. Als u binnen de 5 jaar ingrijpend energetisch renoveert (IER), komt daar een vermindering bovenop: u moet slechts 6% registratierechten op de aankoopssom betalen.

<https://www.energiesparen.be/verlaagde-registratierechten-ier>

25.1.2.5. Vlaamse overheid: Teruggave deel schenkingsrechten bij energetische renovatie

De verkrijger van de schenking, of een van hen, moet binnen vijf jaar vanaf de datum van de akte van schenking renovatiewerken laten uitvoeren voor een totaal bedrag van minstens 10.000 euro (exclusief BTW).

<https://belastingen.vlaanderen.be/tarief-onroerende-goederen-energetische-renovatie-of-verhuring>

25.1.2.6. Federale overheid: 6% BTW bij renovatie

Voor nieuwbouwwoningen is een BTW-tarief van 21% van toepassing. Een woning renoveren kan aan een BTW-tarief van 6%. De woningen moeten minstens 10 jaar oud zijn om als een bestaande woning te worden beschouwd. Deze maatregel is ook interessant voor energiebesparende maatregelen: plaatsing van isolatie, zonneboiler, fotovoltaïsche zonnepanelen, vervangen van centraleverwarmingsketel.

25.2. Voor bedrijven, scholen en verenigingen

Als ondersteuning die ook voor scholen en verenigingen geldt, wordt dit expliciet vermeldt, anders geldt het enkel voor bedrijven.

25.2.1. Vlaamse Overheid : Korting roerende voorheffing

OOK VOOR SCHOLEN EN VERENIGINGEN

Voor ingrijpende energetische renovatie van niet-woongebouwen met bouwaanvraag vanaf 1/10/2016 kan u gedurende 5 jaar vermindering krijgen:

- is het E-peil ten hoogste E90, dan bedraagt de vermindering 50% van de onroerende voorheffing;
- is het E-peil ten hoogste E60, dan bedraagt de vermindering 100% van de onroerende voorheffing.

Voor nieuwbouw niet-woongebouwen met een bouwaanvraag vanaf 1/1/2016 kan u gedurende 5 jaar vermindering krijgen:

- is het E-peil ten hoogste E30, dan bedraagt de vermindering 50% van de onroerende voorheffing;
- is het E-peil ten hoogste E20, dan bedraagt de vermindering 100% van de onroerende voorheffing.

Voor details: zie <http://www.energiesparen.be/korting-onroerende-voorheffing>

25.2.2. Vlaamse overheid (Vlaio): Ecologiepremie

(<https://www.vlaio.be/nl/subsidies-financiering/ecologiepremie/wat-is-de-ecologiepremie#Recente-wijzigingen>)

Een selectie die betrekking heeft op warmtepomptechnologie:

- Aansluiting op een bestaand warmtenet (enkel voor kmo) (met of zonder extra warmtewisselaar)
- Chemische warmtepomp
- Vaatwasmachine met geïntegreerde warmtepomp die het tankwater opwarmt zodat elektrische tankverwarming overbodig wordt
- Recuperatie van restenergie (warmte/koude) waarbij de warmte niet mag gebruikt worden om elektriciteit te produceren (enkel voor kmo en met een maximum investeringskost van 500.000 euro)
- Warmtepomp met als warmtebronsysteem restenergie van de industrie (maximaal vermogen installatie 5 MW)
- Warmtepomp met als warmtebronsysteem de bodem (maximaal vermogen installatie 5 MW)

25.2.3. Vlaamse overheid (Vlaio): energiescans- en advies

<https://www.vlaio.be/nl/begeleiding-advies/klimaat-energie>

- De energiescan: gratis individuele energiedoorlichting aan via aanbestede energieadviesbureaus
- KOALA: Gratis begeleidingstraject voor uitbaters van toeristische logies en attracties om de CO₂-uitstoot van hun onderneming te verlagen

25.2.4. Federale overheid : Verhoogde investeringsaftrek

Voor de energiebesparende investeringen gedaan in 2018 (aanslagjaar 2019) bedraagt de verhoogde aftrek 13,5%.

Komt in aanmerking

- warmtepompen voor de terugwinning van afvalwarmte;
- energieproductie op basis van hernieuwbare energieën. In aanmerking komen, de nodige apparatuur voor de productie van mechanische, thermische of elektrische energie door aanwending of door omzetting van de hernieuwbare energieën

Details: zie https://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/Handleiding_Verhoogde_investeringsaftrek_energie-aj2019-versie_mei2018.pdf

25.2.5. Netbeheerder

OOK VOOR SCHOLEN EN VERENIGINGEN

25.2.5.1. Warmtepomp in renovatie

Voor niet-woongebouwen aangesloten op het net voor 1/1/2014 (of bouwaanvraag tot 31/12/2013)

- premie afh. van type en vermogen van de warmtepomp.
- Sinds 1 juli 2017 moeten de installaties worden gevalideerd door een aannemer die beschikt over een certificaat van bekwaamheid (Rescert)

25.2.5.2. Steun na audit:

Voor eindfacturen vanaf 2017 bedraagt de premie 0,035 euro per bespaarde kWh primaire energie met een maximum van 25.000 euro per project en per jaar. De terugverdientermijn van de investering moet steeds langer zijn dan 2 jaar. Ingeval van nieuwe installaties of uitbreidingen worden alleen de meerkosten en de meerbesparing ten opzichte van de standaardinvestering in rekening gebracht.

25.2.5.3. Investeringssteun 2018 via Elia voor niet-woongebouwen

Maximaal 200.000 euro per jaar per eindafnemer en per site. De terugverdientermijn van de investering moet steeds langer zijn dan 2 jaar. Ingeval van nieuwe installaties of uitbreidingen worden alleen de meerkosten en de meerbesparing ten opzichte van de standaardinvestering in rekening gebracht. Voor details: www.elia.be

25.2.5.4. Cumuleren van premies van de netbeheerder en ecologiepremie

Cumul mogelijk voor investeringen die tevens vermeld staan op de limitatieve technologieënlijst van de ecologiepremie. (meer info: www.vlaio.be/themas/ecologiesteun)

25.2.5.5. Cumuleren van premies van de netbeheerder en verhoogde investeringsaftrek voor energiebesparende investeringen

Cumul mogelijk voor investeringen in isolatie, zonneboiler, warmtepomp en relighting (in verhouding tot de energiebesparing) voor gebouwen die al in gebruik zijn (5 jaar voor isolatiemaatregelen in gebouwen, 3 jaar voor installaties).

(meer info: <http://www.energiesparen.be/verhoogdeinvesteringaftrek>)

25.3. Specifiek voor land- en tuinbouw:

25.3.1. VLIF-investeringssteun voor land- en tuinbouwers:

Het VLIF verleent steun aan investeringen op land- en tuinbouwbedrijven die bijdragen tot:

- Het verhogen van de weerbaarheid;
- Efficiënter energiegebruik;
- Reduceren van de uitstoot van broeikasgassen en ammoniak, verbeteren van de luchtkwaliteit

De steunomvang hangt af van de mate waarin de investeringen de duurzaamheid van de land- en tuinbouwproductie verbetert. Elke investering krijgt hierop een score volgens vooraf bepaalde selectiecriteria:

- 30% op subsidiabele kosten voor investeringen zoals o.a. geothermie, aansluiten op extern energienetwerk, KWO-systemen, alle types warmtepompen, warmtebuffer, hooidrooginstallatie met warmtepomp/zonneboiler;
- 15% op subsidiabele kosten van overige investeringen

Voor details:

<http://lv.vlaanderen.be/nl/subsidies/vlif-steun/vlif-investeringssteun-voor-land-en-tuinbouwers>

25.3.2. Projectsteun voor innovaties in de landbouw via jaarlijkse projectoproep:

40% van de subsidiabele investeringskost; subsidiabele kost is geplafonneerd op 500.000 euro ofwel 200.000 euro subsidie

Voor details:

<https://lv.vlaanderen.be/nl/subsidies/vlif-steun/projectsteun-voor-innovaties-de-landbouw-0>

- Investeringssector omkaderingssector
Afhankelijk van de specifieke oproep
Voor details: <http://lv.vlaanderen.be/nl/subsidies/vlif-steun/investeringssector>

Het volledige overzicht aan VLIF steun is te vinden op :

<http://lv.vlaanderen.be/nl/subsidies/vlif-steun-voor-de-land-en-tuinbouw>

25.3.3. Andere types van steunmaatregelen:

- Goedkope of renteloze lening voor energiebesparende maatregelen
- Verbeterings- en aanpassingspremies
- Voor beschermde afnemers zijn er nog een aantal bijkomende tegemoetkomingen, zoals bv. dat beschermde afnemers die een woning huren op de private huurmarkt ook in aanmerking komen voor de sociale energie efficiëntieprojecten, een gratis energiescan, en tot slot worden de premiebedragen (en de maxima) van de algemene premies voor bestaande woningen en voor nieuwbouw verhoogd.
- Enkele kwetsbare groepen komen in aanmerking voor een gratis energiescan en de sociale energie efficiëntieprojecten van de netbeheerder gericht op kwetsbare groepen op de private huurmarkt.
- Voor andere energiebesparende maatregelen zie: www.energiesparen.be/subsidies

26. RESCert

[tekst: Nieuwsflits Warmtepomp Platform juni 2017]

Vanaf 1 juli 2017 zal een eindklant enkel een premie voor huishoudelijke zonneboilers en warmtepompen kunnen aanvragen als het installatiebedrijf minstens één persoon heeft (de zaakvoerder of één van zijn werknemers) die over een RESCert certificaat van bekwaamheid beschikt of als het installatiebedrijf zich laat bijstaan door een extern installatiebedrijf of keuringsorganisme, telkens RESCert gecertificeerd. In deze nieuwsflits leggen wij nog eens uit hoe u een RESCert certificaat kan behalen en wat de voorwaarden zijn.

Voor het verkrijgen van een warmtepomppremie moet het installatiebedrijf minstens 1 persoon hebben die beschikt over het certificaat van bekwaamheid voor warmtepompen of ondiepe geothermische systemen. Bij een geothermische warmtepomp moet enkel het installatiebedrijf van de warmtepomp en niet het boorbedrijf minimum één persoon hebben die over het certificaat van bekwaamheid voor warmtepompen of ondiepe geothermische systemen beschikt. Maar indien de zaakvoerder of werknemer van het boorbedrijf over het certificaat van bekwaamheid voor ondiepe geothermische systemen beschikt, kan die hiermee wel de warmtepomp installeren en de premie aanvragen.

De gecertificeerde persoon zal de eindverantwoordelijkheid voor de kwalitatieve uitvoering van de gesubsidieerde installatie op zich nemen en moet ook zijn certificeringsnummer op het aanvraagformulier voor de premie vermelden.

26.1. Toekenning RESCert certificaat van bekwaamheid:

Het certificaat van bekwaamheid wordt toegekend op basis van:

- Het volgen van een erkende opleiding.
In Vlaanderen zijn er 11 centra die de opleiding voor warmtepompen aanbieden, in Wallonië zijn er 2 centra.
- Het slagen voor een examen.
Men kan het examen afleggen in dezelfde centra waar de opleiding gegeven wordt.
- Uiterlijk 6 maanden na de datum van het examen moet de aanvrager een certificaataanvraag indienen. Hiervoor moet de aanvrager een account aanmaken op de RESCert website.
- De aanvrager van het certificaat moet in de Kruispuntbank van Ondernemingen bij beroepsbekwaamheden ingeschreven staan onder één van de relevante beroepscategorieën (basisberoepen):
 - o loontrekkende praktijkervaring (registratie sociale zekerheid),
 - o praktijkervaring van bedrijfsleider zonder arbeidsovereenkomst (benoeming in Belgisch Staatsblad en aansluiting bij sociale verzekeringskas voor zelfstandigen),
 - o praktijkervaring van zelfstandig helper (getuigschrift van zelfstandig ondernemingshoofd en bewijs van aansluiting bij een sociale verzekeringskas voor zelfstandigen)
- Indien de aanvrager nog niet over voldoende relevante beroepservaring beschikt, kon hij vroeger een 'certificaat van bekwaamheid als aspirant' bekomen. Het certificaat van bekwaamheid als aspirant verdwijnt. Wie nu nog in dat geval is, wordt in een overgangsmaatregel gelijkgesteld met een RESCert-installateur.

26.2. Externe keuring

Indien het uitvoerende installatiebedrijf niet over een persoon beschikt die een certificaat van bekwaamheid heeft, dan dient hij of zij zich te laten bijstaan. Dit kan door een extern installatiebedrijf of keuringsorganisme, telkens RESCert gecertificeerd, die de goede uitvoering van de installatie valideert. De gecertificeerde aannemer draagt de verantwoordelijkheid voor de goede berekening en uitvoering van de installatie. Hiervoor is tot nu toe geen checklist of een lijst van voorwaarden voorzien, maar het gecertificeerd installatiebedrijf of keuringsorganisme kan hiervoor vrijblijvend de Quest checklist voor warmtepompen gebruiken als leidraad.

Als de uitvoerder bijvoorbeeld een warmtepomp met een te groot vermogen selecteert, heeft enkel een controle achteraf weinig zin. De gecertificeerde aannemer zal dus bijkomend begeleiding moeten voorzien gedurende het ontwerpproces van de installatie om te zorgen dat de installatie goed berekend en uitgevoerd is. De gecertificeerde aannemer draagt immers de verantwoordelijkheid voor het werken van de hele installatie. Op het aanvraagformulier voor de premie moet het certificeringsnummer van deze RESCert gecertificeerde aannemer vermeld staan.

26.3. Controle

Wanneer het Vlaams Energieagentschap (VEA) vaststelt dat het werk van een gecertificeerde aannemer van onvoldoende kwaliteit getuigt, dan kan het agentschap het hem toegekende certificaat van bekwaamheid intrekken.

26.4. Geldigheid

Het Rescert Certificaat van Bekwaamheid is 7 jaar geldig.

26.5. Meer informatie en bronnen:

- RESCert: <https://rescert.be/>
- VEA: <https://www.vlaanderen.be/nl/bouwen-wonen-en-energie/bouwen-en-verbouwen/premie-van-de-netbeheerder-voor-een-warmtepomp>
- Techlink: <http://www.techlink.be/nl/certificering/nationaal/rescert>

27. Vergunningen voor warmtebronnen

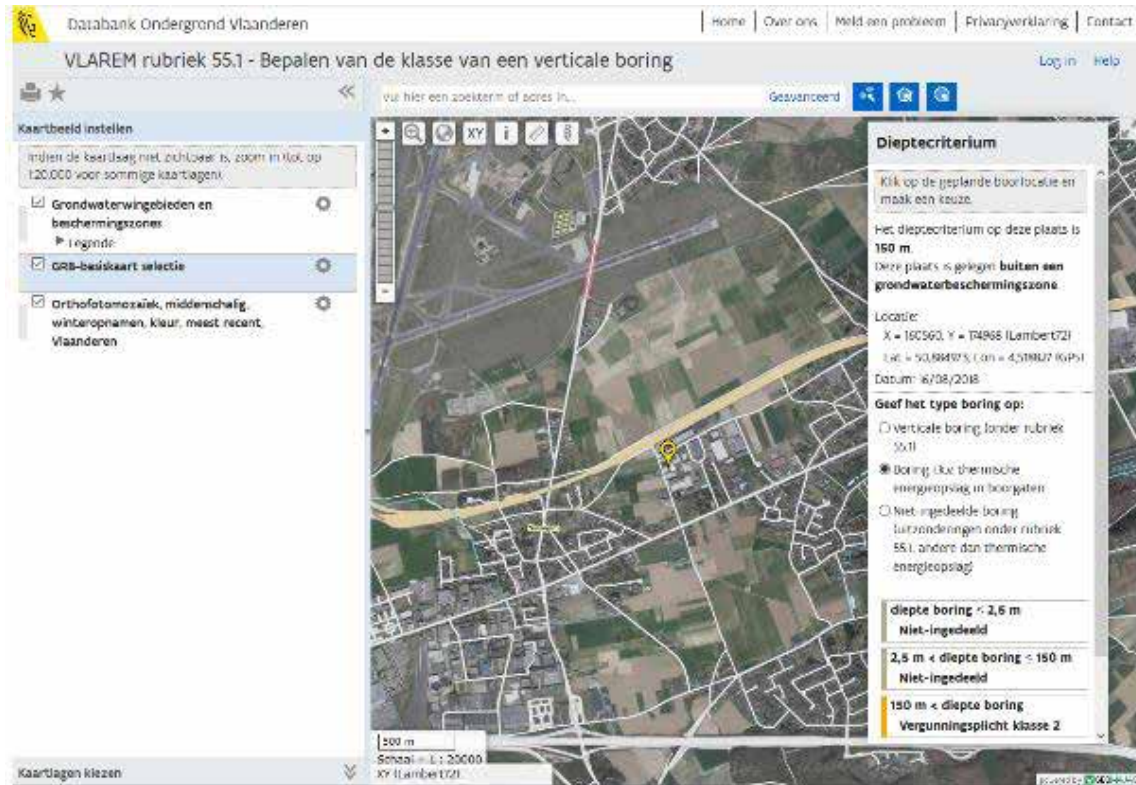
Voor de aanleg en exploitatie van de verschillende warmtebronnen kan een milieuvergunning of bouwvergunning noodzakelijk zijn. In de buurt van drinkwaterwinningen is het verboden om boringen uit te voeren. Voor open systemen is altijd een vergunning vereist. Maar boringen tot een diepte van 150 meter (of minder, afhankelijk van de regio) voor de aanleg van gesloten systemen is in een groot deel van Vlaanderen vergunningsvrij. Belangrijke bronnen van informatie zijn:

- <http://navigator.emis.vito.be/milnav-consult/>
- <http://www.smartgeotherm.be/wetgeving/>

Er zijn 3 types milieuvergunningen:

- **klasse 3: geen vergunningsplicht**, doch enkel een meldingsplicht bij het college van burgemeester en schepenen (van de gemeente waar de werken worden uitgevoerd);
- **klasse 2: vergunningsplicht**, waarbij men de vergunning moet aanvragen bij het college van burgemeester en schepenen (van de gemeente waar de werken worden uitgevoerd);
- **klasse 1: vergunningsplicht**, waarbij men de vergunning moet aanvragen bij de bestendige deputatie van de provincieraad (van de provincie waar de werken worden uitgevoerd).

Op de website van de dienst ondergrond Vlaanderen (<http://www.dov.vlaanderen.be/rubriek55/>) kan men door het eenvoudig klikken op een locatie op de kaart te weten komen welke type vergunning nodig is voor een verticale bodemwarmtewisselaar. Ook op <http://tool.smartgeotherm.be> vindt u de dieptegrens voor elke locatie.



Figuur 125: Voorbeeld van de VLAREM rubriek 55.1 webtoepassing.

Voor horizontale lussen is er mogelijk een bouwvergunning nodig. Hiervoor moet de betrokken gemeentelijke dienst gecontacteerd worden.

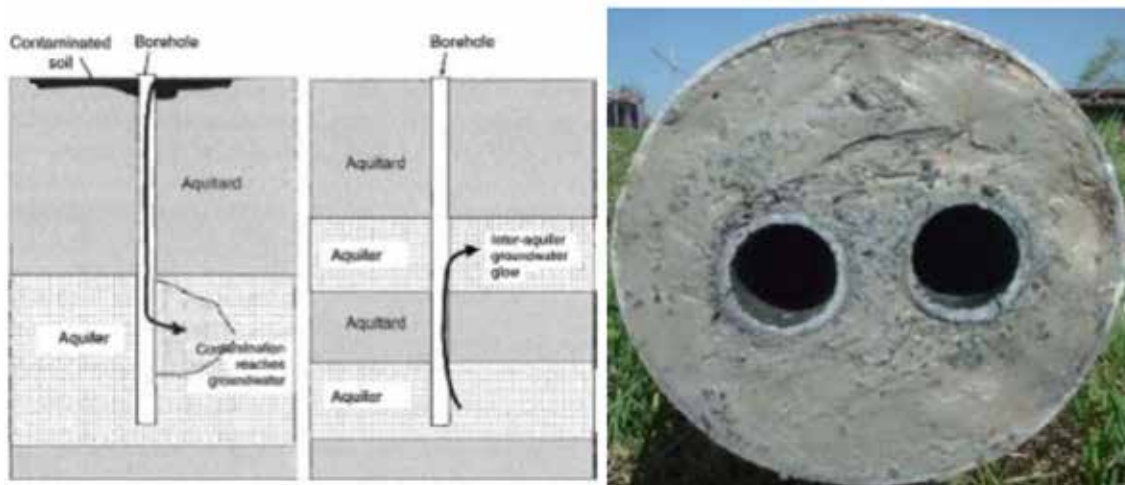
Wat betreft de bescherming van het grondwater gelden verschillende regels. Het nodige type vergunning (melding, klasse 2, klasse 1) is dan ook afhankelijk van de aanwezigheid van beschermingszones en de diepte van de boring (VLAREM I, Rubriek 53.6: Grondwaterwinningsputten voor koude-warmtepompen).

Voor KWO systemen waarbij grondwater opgepompt wordt en terug in dezelfde watervoerende laag wordt geïnjecteerd, gelden de volgende richtlijnen in functie van het opgepompte debiet:

- <30.000 m³/jaar : klasse 2 vergunning
- >30.000 m³/jaar : klasse 1 vergunning

Vlarem II legt ook algemene sectorale voorwaarden op om de verontreinigingen van het grondwater te voorkomen. Onder andere gelden de volgende voorwaarden voor verticale bodemsondes:

- Zo moet het boorgat aan de bovenzijde degelijk worden afgedicht. Ook moeten stoppen ter hoogte van de waterscheidende lagen worden aangebracht zodat de verschillende watervoerende lagen niet met elkaar in verbinding komen.
- De afdichtingsstoppen moeten aan bepaalde voorwaarden voldoen. Ze verhogen bovendien de thermische geleidbaarheid tussen de bodem en de warmtewisselaar.
- Om er over te waken dat de vloeistof in de warmtewisselaar niet naar de bodem lekt, worden druktesten opgelegd.
- De injectietemperatuur is maximaal 25°C (belangrijk bij koeling).



Figuur 126: Afdichting van verschillende waterlagen bij verticale boringen.

Onder andere gelden de volgende voorwaarden voor KWO systemen:

- De herinjectie moet gebeuren in dezelfde waterlaag als waar uit opgepompt werd.
- Het grondwatercircuit en het gebouw-circuit moeten fysiek gescheiden zijn.
- Het grondwatercircuit moet in overdruk gehouden worden.
- De injectietemperatuur is maximaal 25°C (belangrijk bij koeling).

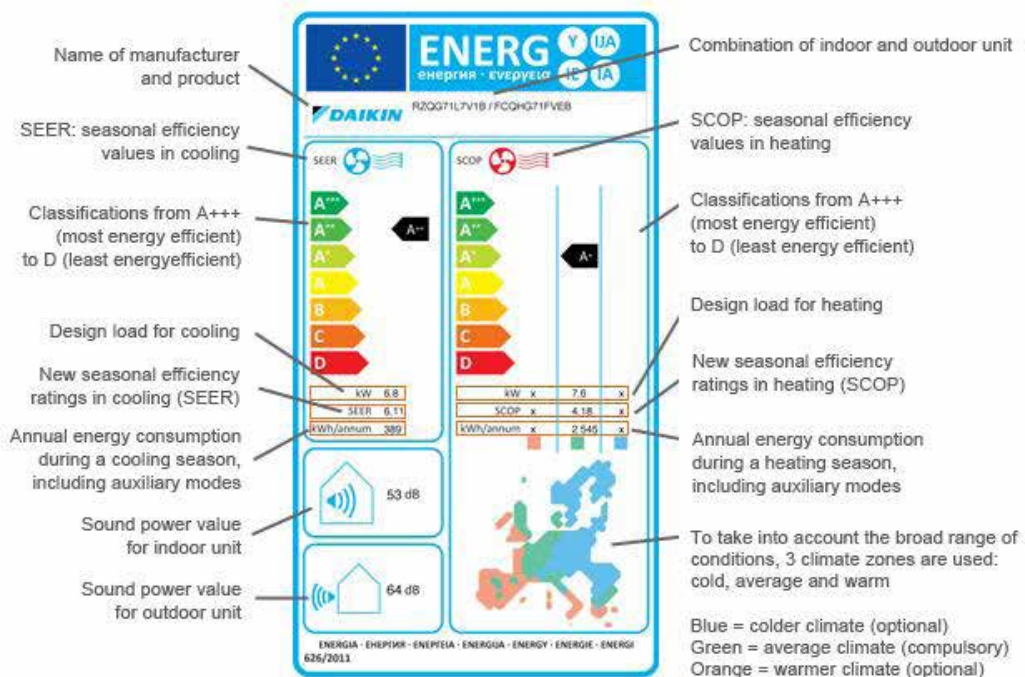
Tenslotte worden er vergunningen vereist in functie van het geïnstalleerd vermogen van de warmtepomp. Warmtepompen zijn opgenomen in rubriek 16.3.1 van het Vlaams Reglement betreffende de Milieuvergunning, Titel 1 (VLAREM I): Koelinstallaties voor het bewaren van producten, luchtcompressoren [warmtepompen] en airconditioninginstallaties, met een totale geïnstalleerde drijfkracht van:

- <5 kW : Indien de installatie een vermogen heeft van minder dan 5 kW, dan zijn in VLAREM geen geluidswaarden voorhanden. Het kan echter zijn dat in de gemeentelijke reglementering aandacht wordt besteed aan dergelijke situaties.
- 5 kW – 200 kW : klasse 3 (melding)
- >200 kW : klasse 2 (hiervoor kan ook een tijdelijke vergunning worden verkregen)

(ter info: het gaat hier om het elektrisch compressorvermogen van uw warmtepomp)

Met betrekking tot geluid zijn in beide gevallen (klasse 2 en 3) richt- en grenswaarden volgens VLAREM van toepassing die afhankelijk zijn van de indeling van het gebied volgens de gewestplannen. Die waarden kunt u terugvinden in hoofdstuk 4.5 van VLAREM II en de bijlagen (zie hiervoor <http://www.lne.be/themas/vergunningen/regelgeving>).

In verband met geluid is het verschil tussen geluidsvermogen en geluidsdruk belangrijk. Het geluidsvermogen is een eigenschap van het toestel en de geluidsdruk is het resultaat van een geluidsbron, op een bepaalde afstand en rekening houdend met de omgeving. Het energielabel van een warmtepomp vermeldt het geluidsvermogen van een warmtepomp (binnen- en/of buitenunit), terwijl de VLAREM II richtlijnen grenswaarden geven voor de geluidsdruk op een bepaalde plaats.

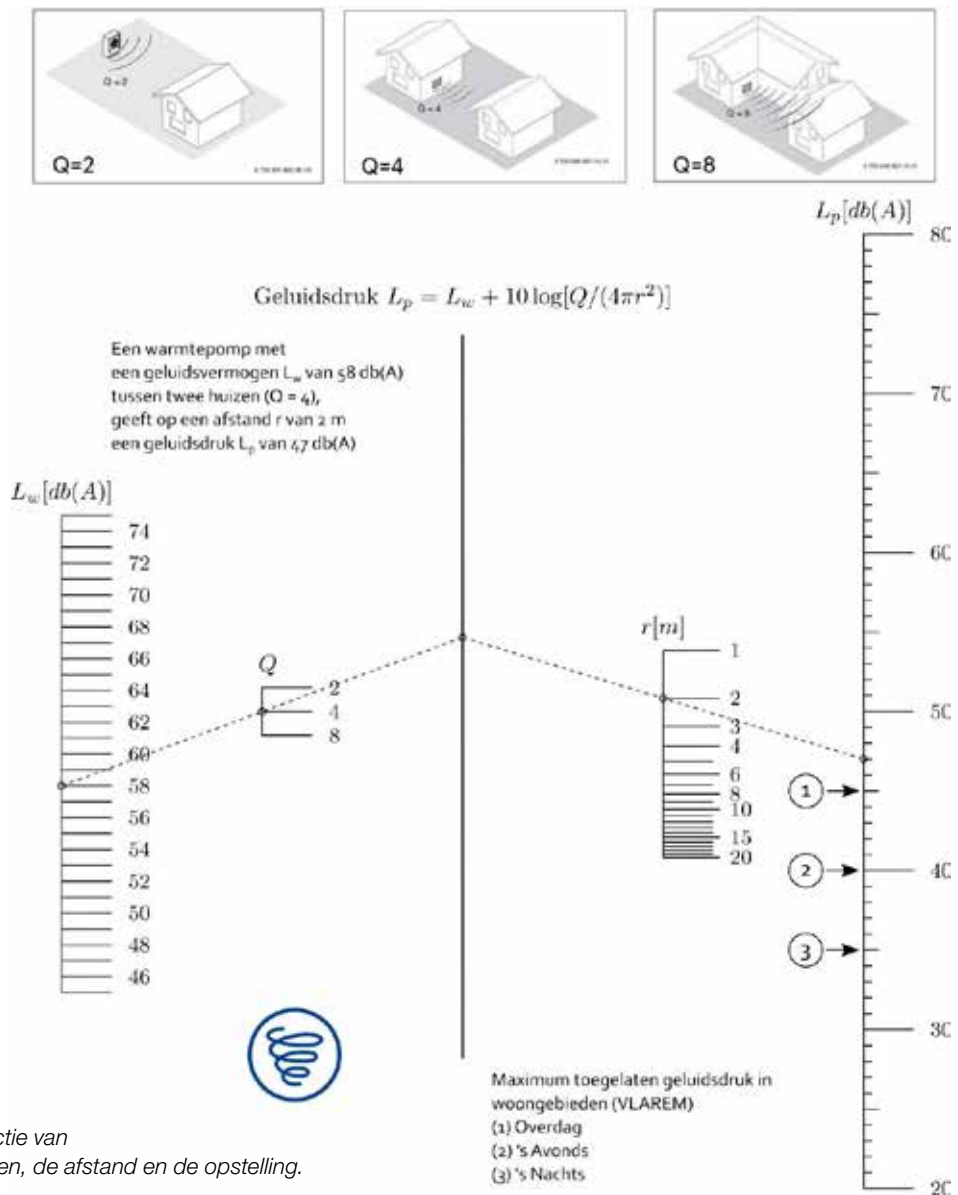


Figuur 127: Betekenis van de geluidsdruk symbolen op het Energietabel.

VLAREM II, bijlage 4.5.4 (<https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=18928&woLang=nl>) geeft bijvoorbeeld voor woongebieden de volgende grenswaarden voor de geluidsdruk in open lucht (db(A)):

- Overdag: 45 dB(A)
- 's Avonds: 40 dB(A)
- 's Nachts: 35 dB(A)

Het verband tussen het geluidsvermogen van een warmtepomp en de geluidsdruk op een bepaald afstand en in functie van de omliggende huizen, wordt getoond in de onderstaande figuur.



[Thermiek; Bosch]

Figuur 128: Geluidsdruk in functie van het geluidsvermogen, de afstand en de opstelling.

28. F-gas wetgeving

28.1. Milieu

2 belangrijke milieuproblemen worden mede veroorzaakt door koelmiddelen als ze vrijkomen in het milieu.

- Afbraak van de ozonlaag
- Broeikasewerking

Om de schadelijkheid van koelmiddelen te karakteriseren zijn verschillende indicatoren ontwikkeld. Om aan te geven in welke mate een koelmiddel bijdraagt tot de afbraak van de ozonlaag is de **ODP factor of Ozon Depletion Potential factor** ontwikkeld. Hoe schadelijker een koelmiddel is voor de afbraak van de ozonlaag, hoe hoger deze waarde. Als referentie wordt de ODP waarde van R11 genomen (ODP R11=1)

Om de afbraak van de ozonlaag een halt toe te roepen voorzorg het protocol van Montreal (1987) het uitrangeren van koelmiddelen die chloor bevatten en een hoge ODP waarde hebben.

Het aardopwarmingsvermogen (**Global Warming Potential of GWP**) van een koelmiddel geeft de invloed op het broeikasewerking weer. De GWP waarde van CO₂ wordt als referentie gebruikt (GWP CO₂ = 1). De meeste koelmiddelen hebben echter een veel hogere GWP waarde. Om de uitstoot van koelmiddelen met een hoge GWP waarde te beperken is het Protocol van Kyoto (1997) uitgevaardigd. Dit protocol ligt aan de basis van de huidige Europese F-gas wetgeving.

Momenteel veel gebruikte koelmiddelen hebben een groot GWP, zoals de onderstaande figuur aangeeft.



Figuur 129: GWP van veel gebruikte koelmiddelen (opm: de 'komma' in de getallen duidt het duizendtal aan, en is dus geen decimaal scheidingsteken).
[The Greens / European Free Alliance – Shecco; Climalife]

Uit bovenstaande figuur blijkt dat 1 kg van R134a die in de omgeving terecht komt hetzelfde effect heeft op de aardopwarming als 1430 kg CO₂.

Om aan F-gas-eisen te voldoen, hebben de fabrikanten nieuwe HFO-moleculen ontwikkeld waarmee een atmosfeer temperatuurstijging van minder dan 1 kan bereikt worden. Maar hoe lager het GWP, hoe hoger de ontvlambaarheid, er moest dus een compromis worden gevonden tussen ontvlambaarheid en GWP om zo goed mogelijk te voldoen aan de behoeften van de professionals en om milieuvriendelijke en efficiënte oplossingen te leveren.

28.2. Indeling en toepassing van koudemiddelen

[De nieuwe A2L-koudemiddelen, handleiding goede praktijken, Climalife]

De veiligheidsclassificatie van koudemiddelen is geregeld in de internationale norm ISO 817 en opgenomen in de Amerikaanse norm ASHRAE 34 op basis van de toxiciteit en ontvlambaarheid.

De letter geeft het toxiciteitsniveau aan:

- A = Koudemiddel met een lage toxiciteit
- B = Koudemiddel met een hoge toxiciteit

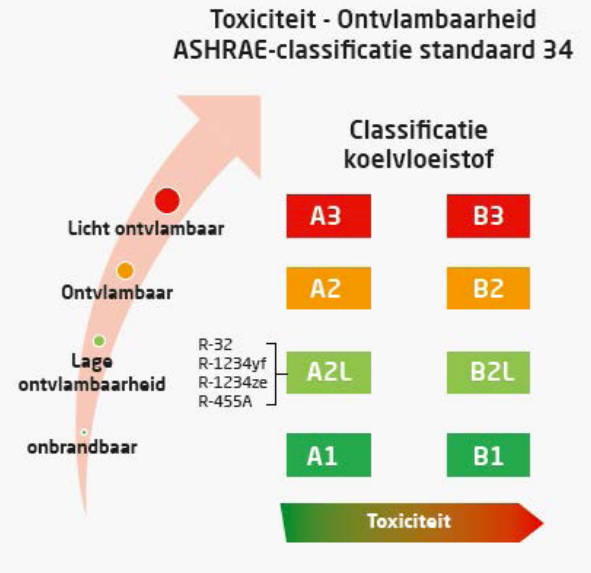
Het cijfer geeft het ontvlambaarheidsniveau aan:

- 1 = onbrandbaar
- 2L = lage ontvlambaarheid
- 2 = ontvlambaar
- 3 = licht ontvlambaar

Belangrijkste parameters voor de mate van ontvlambaarheid van een koudemiddel:

- de onderste en bovenste ontvlambaarheidsgrens (LFL en UFL)
- de verbrandingssnelheid (BV)
- de minimale ontbrandingsenergie (MIE)
- de verbrandingswarmte (HOC)

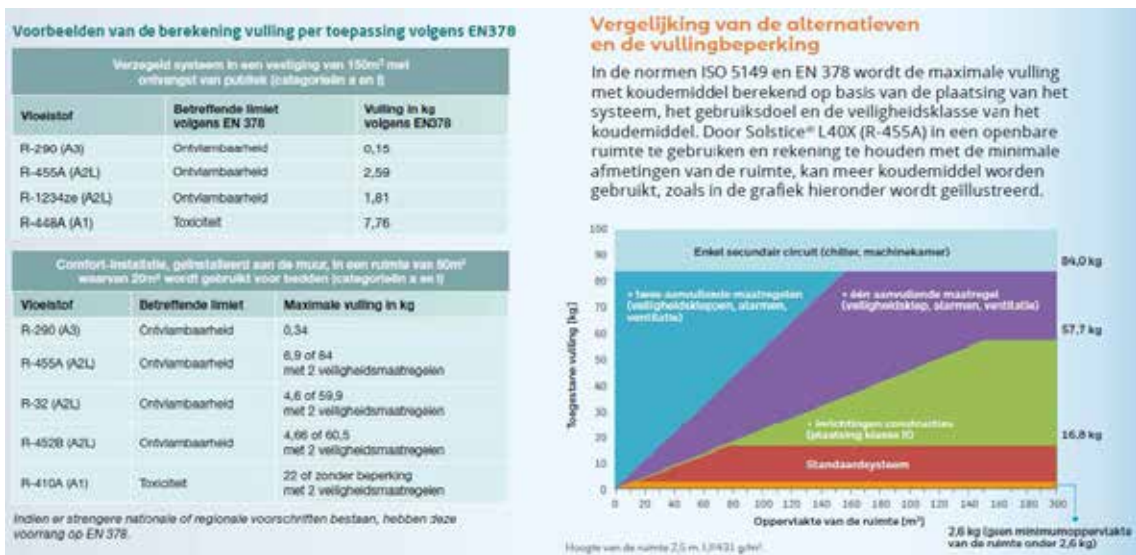
ASHRAE-classificatie



[Climalife]

Figuur 130: ASHRAE-classificatie voor ontvlambaarheid en toxiciteit van koudemiddelen.

Figuur 131 geeft aan hoe de ASHRAE-indeling en de Europese norm EN378 kan gebruikt worden om de criteria van toxiciteit en ontvlambaarheid om te zetten in concrete richtlijnen voor de plaatsing en de veiligheidsmaatregelen van de installatie met het koudemiddel



Figuur 131: Voorbeeld van berekeningen voor toepassing van koudemiddelen.

28.3. F-gas wetgeving

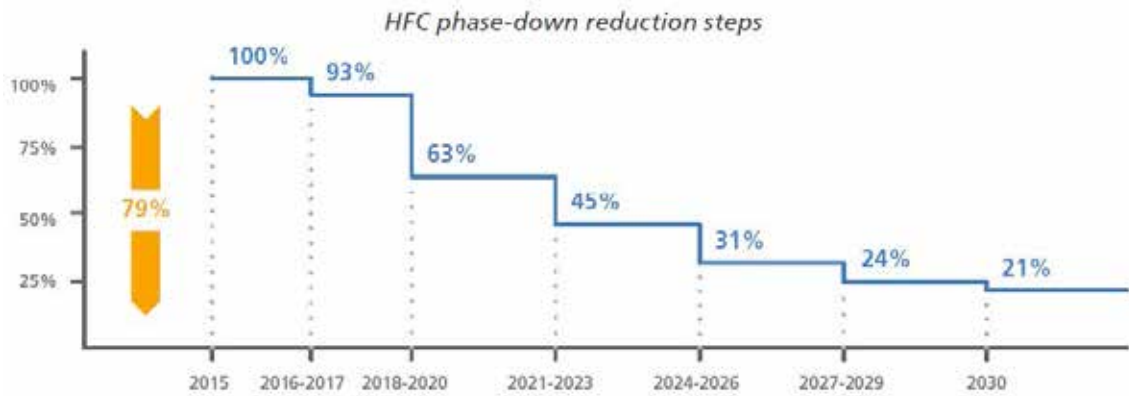
De huidige warmtepompen op de markt hebben veelal HFK's R134A, R407C en R410A als koelmiddel. Deze hebben geen ozonafbrekend vermogen maar dragen wel bij tot het broeikas effect. Ze vallen onder de F-gas wetgeving. Vanaf dat een toepassing 5 of meer ton CO₂ equivalent aan koelmiddel bevat, gelden er strengere bepalingen (10 ton voor hermetisch gesloten toestellen, zie verder).

De F-gas wetgeving bevat zowel maatregelen om de huidige koelmiddelen met hoog GWP uit te faseren, als maatregelen om het ontsnappen van koelmiddel tegen te gaan.

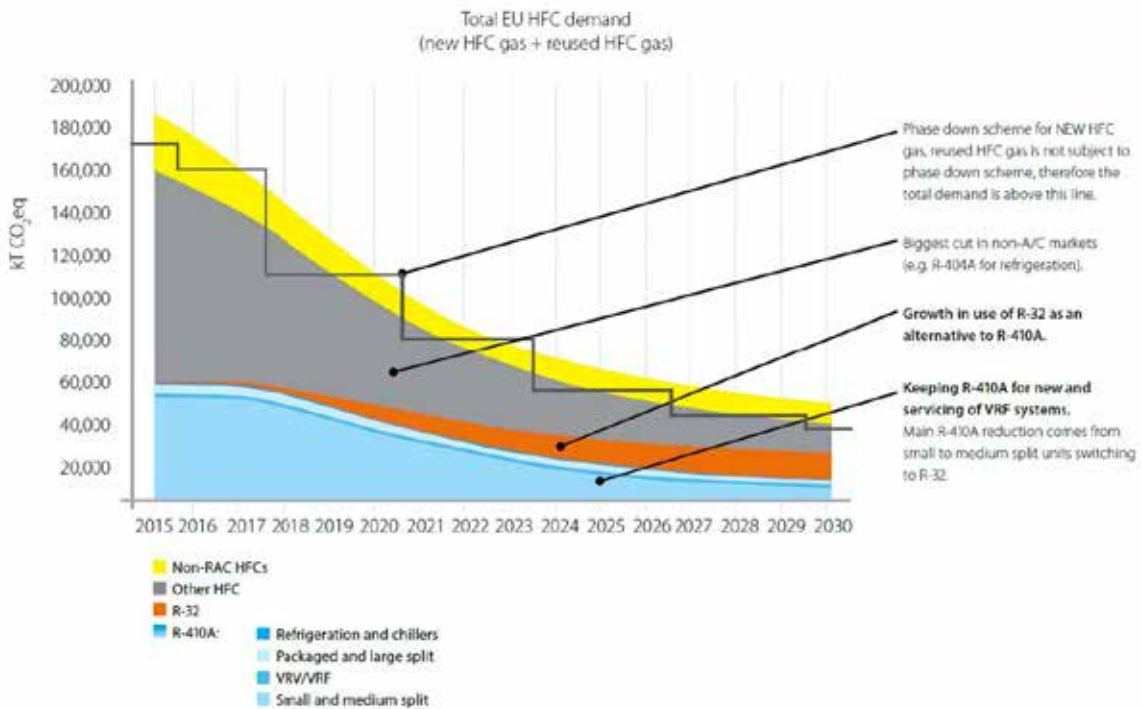


[The Greens / European Free Alliance - Shecco]
 Figuur 132: Maatregelen in de F-gas wetgeving.

Voor de te gebruiken koelmiddelen betekent deze wetgeving een phase-out en ban zoals weergegeven in de onderstaande tabel en figuur.



[The Greens / European Free Alliance - Shecco]



Figuur 133: Tijdschema voor de phase-out van koelmiddelen.

[Daikin]

GWP Group	GWP Range	Refrigerant	Service ban date (virgin)
Very high	3,985	HFC R507	January 2020 *
	3,922	HFC R404A	January 2020 *
	3,245	HFC R434A	January 2020 *
	2,725	HFC R422D	January 2020 *
High	2,346	HFC R417A	January 2022
	2,107	HFC R407A	January 2022
	2,088	HFC R410A	January 2022
	1,825	HFC R407F	January 2022
	1,774	HFC R407C	January 2022
	1,430	HFC R134A	No ban i.e. < 1,500 GWP
Moderate	675	R32 (HFO blends)	No ban
Low	200 to 10	None in common use	No ban
Ultra-low	5	HC R600A (isobutane)	No ban
	5	HC R290 (propane)	No ban
	1	R744 CO ₂ (carbon dioxide)	No ban
	0	R717 (ammonia)	No ban

* Only applies to systems of 40 tonnes of CO₂ equivalent or greater

Tabel 59: Data voor ban van de verschillende koelmiddelen.

[Thermodial]

De te nemen maatregelen in kader van de F-gas wetgeving worden bepaald i.f.v. het aantal CO₂ equivalent aan koelmiddel in de installatie. Dit laatste wordt berekend als het product van de koelmiddelinhoud van de installatie (kg) en het aardopwarmingsvermogen (GWP) van het koelmiddel (GWP).

Tabel 60 geeft voor een aantal HFK's de GWP waarde en de maximale koelmiddelinhoud van de installatie gerelateerd aan grenswaarden uitgedrukt in CO₂ equivalent van de installaties. Hoe hoger de GWP-waarde van het koelmiddel, hoe meer CO₂-equivalenten in de installatie aanwezig zijn en hoe strenger de regelgeving wordt. Het verband tussen GWP, ton CO₂-equivalent en koelmiddelinhoud is:

$$\frac{GWP \times \text{koelmiddelinhoud}}{1000} = \text{aantal ton CO}_2 \text{ equivalent}$$

Bijvoorbeeld: een R134a-installatie valt in de categorie van 5 ton CO₂-eq vanaf een koelmiddelinhoud van:

$$R134a: \text{max koelmiddelinhoud} = \frac{1000 \times 5 \text{ ton CO}_2\text{eq}}{GW P} = \frac{5000}{1450} = 3,5 \text{ kg}$$

Of voor een hermetisch gesloten toestel:

$$R134a: \text{max koelmiddelinhoud} = \frac{1000 \times 10 \text{ ton CO}_2\text{eq}}{GW P} = \frac{10000}{1450} = 7 \text{ kg}$$

Er kan worden afgelezen vanaf welke koelmiddelinhoud op de installatie, de strengere bepalingen van de F-gas wetgeving van toepassing zijn.

Voorbeelden:

- Warmtepomp met R134a als koelmiddel: vanaf 3.5kg koelmiddelinhoud (7kg voor hermetisch gesloten toestellen)
- Warmtepomp met R410A als koelmiddel: vanaf 2.4kg koelmiddelinhoud (4,8kg voor hermetisch gesloten toestellen)

De koelmiddelinhoud is vermeld in de specs van de warmtepomp en staat ook op de kenplaat. Bij split toestellen met een grote afstand tussen binnen- en buitenunit dient echter ook de hoeveelheid koelmiddel die bijkomend wordt gestoken op de installatie in rekening te worden gebracht.

Koelmiddel	GWP	Hoeveelheid koelmiddel in ton CO ₂ -eq			
		5	40	50	500
		Hoeveelheid koelmiddel in kg			
R134a	1.430	3,5		35,0	349,7
R23	14.800	0,3	2,7	3,4	33,8
R32	675	7,4		74,1	740,7
R404A	3.922	1,3	10,2	12,7	127,5
R407A	2.107	2,4		23,7	237,3
R407C	1.774	2,8		28,2	281,8
R407F	1.825	2,7		27,4	274,0
R410A	2.088	2,4		23,9	239,5
R413A	2.053	2,4		24,4	243,5
R417A	2.346	2,1		21,3	213,1
R422A	3.143	1,6	12,7	15,9	159,1
R422D	2.729	1,8	14,7	18,3	183,2
R427A	2.138	2,3		23,4	233,9
R428A	3.607	1,4	11,1	13,9	138,6
R434A	3.246	1,5	12,3	15,4	154,0
R438A	2.265	2,2		22,1	220,8
R448A	1.387	3,6		36,0	360,0
R449A	1.397	3,6		35,8	357,9
R507A	3.985	1,3	10,0	12,5	125,5
R508B	13.214	0,4	3,0	3,8	37,8

Tabel 60: GWP van verschillende HFK's (GWP van CO₂ = 1) (Bron: LNE).

Deze wetgeving is opgenomen in Vlare II onder artikel 5.16.3.3 'koelinstallaties' en de recentere F-gaswetgeving omvatten een aantal bepalingen die van toepassing zijn bij installatie, onderhoud en buitenbedrijfstelling van warmtepompen. Vanaf 5 of meer ton CO₂ equivalent gelden strengere bepalingen (10 ton voor hermetische toestellen).

28.4. Certificatie van koeltechnici en koeltechnische bedrijven

OPGELET: om handelingen met koelmiddelen uit te voeren met de installateur een certificaat koeltechniker hebben. Er zijn vier categorieën van certificaten. Welk certificaat een koeltechnicus moet behalen, is afhankelijk van de werkzaamheden die hij in de praktijk uitvoert of wil uitvoeren.

Ozonafbrekende stoffen en gefluoreerde broeikasgassen worden dikwijls gebruikt als koelmiddel in koelinstallaties. Die koelmiddelen hebben een negatieve impact op het klimaat en milieu. Om de uitstoot van deze koelmiddelen te beperken, werd een certificeringsplicht ingevoerd voor bedrijven en technici die werkzaamheden uitvoeren aan koelinstallaties (zoals koelkasten, diepvriezers, aircosystemen, ...) met ozon(laag)afbrekende stoffen of gefluoreerde broeikasgassen waarbij er een mogelijk risico op emissies bestaat.

Verandering van koelmiddel mag alleen worden uitgevoerd door gekwalificeerde personen onder de aanbevelingen van de fabrikant.

- Vlaanderen: <http://www.lne.be/themas/erkenningen/koeltechniek>; <https://www.lne.be/erkenningen>.
- Wallonië: <http://www.awac.be/index.php/frigoristes>
- Brussel: <http://www.leefmilieu.brussels/themas/gebouwen/het-beheer-van-mijn-gebouw/koelinstallaties>

Er zijn twee soorten certificaten:

- voor de koeltechnicus
- voor het bedrijf waar de koeltechnicus werkzaam is.

Alle **koeltechnici** van koeltechnische bedrijven die effectief werkzaamheden aan koelinstallaties uitvoeren die gefluoreerde broeikasgassen of ozonafbrekende stoffen bevatten en waarbij er een risico bestaat op uitstoot of lekken van deze koelmiddelen, moeten een geldig certificaat bezitten.

Ook het **koeltechnisch bedrijf** waarvoor de koeltechnicus werkt, moet over een certificaat beschikken voor het installeren van die koelinstallaties of het onderhouden ervan.



Slagkracht voor
de vernieuwende installateur

Deel II. Warmtepompen

Auteurs: Maarten Sourbron

Datum: 23 augustus 2019