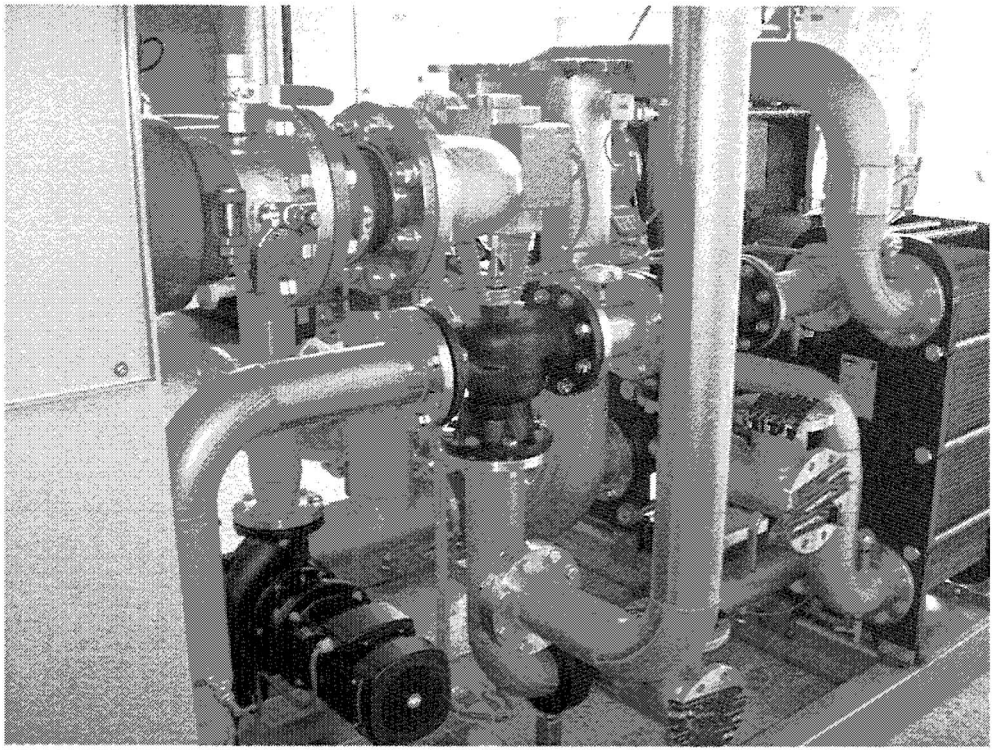
HOGESCHOOL UTRECHT

KROPMAN
INSTALLATIETECHNIEK

# Het opzetten van een selectiemodel voor warmtepompen

Versie 0.2




| | |
|---|---|
| Naam student: | Rolf Hendriks |
| ID-Code: | 1180699 |
| Naam begeleider: | Hr. van Huijgevoort |
| Naam opleiding: | Werktuigbouwkunde |
| Naam bedrijf: | Kropman B.V. |
| Plaatsnaam: | Nijmegen |
| Datum: | 5-5-2006 |

HOGESCHOOL UTRECHT

KROPMAN
INSTALLATIETECHNIEK

Scriptie:
Het opzetten van een selectiemodel voor warmtepompen

Titelverklaring:
De titel "Het opzetten van een vergelijkingsmodel voor warmtepompen" is een duidelijke omschrijving voor het project waar ik me bezig gehouden heb. Ik heb eerst het hele onderwerp warmtepomp uitgezocht. Wat zijn de problemen, voordelen en toepassingen. Met een selectiemodel wordt bedoeld een programma waarin automatisch een selectie plaats vindt.

Rolf Hendriks
Hogeschool van Utrecht
Werktuigbouwkunde ( TCI )

Deze scriptie is geschreven naar aanleiding van mijn afstudeeropdracht binnen het hoofdkantoor van Kropman B.V. :

Kropman B.V.
Lagelandseweg 84
6545 CG Nijmegen
Postbus 6705
6503 GE Nijmegen

www.kropman.nl
+31 (0)24 3715111
+31 (0)24 3773174

Afstudeerperiode: 30-01-2006 t/m 19-05-2004

Bedrijfsbegeleiders: ing. J.P.M. van Driel ( Hoofd tekenkamer )
i.r. B.J. Lops (Werktuigbouwkunde )

# Voorwoord

Na twee en een half jaar theorie geleerd te hebben op school was het nu de beurt aan mij om te laten zien wat ik allemaal geleerd heb.
De uitdaging werd alleen maar groter, doordat ik het alleen ging uitvoeren. Dus zonder hulp van een medestudent van mijn opleiding. Nog interessanter maakte het ook dat het bij Kropman B.V. was. Installatietechniek is toch iets waar ik niet dagelijks mee te maken heb gehad binnen mijn opleiding. Maar vanuit de commerciële kant waarvoor ik gekozen heb past het wel binnen mijn profiel. Na twee gesprekken te hebben gehad met Hans van Driel was het duidelijk wat ik zocht en wat hij zocht. Op deze manier zijn we samen tot een mooi onderwerp gekomen. De afspraak is dat het bedrijf er wat aan heeft en ik ook. Dus er moet serieus aan het werk worden gegaan.
Qua taakverdeling was het vrij gemakkelijk. Alle taken die uitgevoerd moesten worden moest ik zelf doen. Op die manier is er wel altijd duidelijkheid en als er niks wordt gedaan is er ook maar een schuldig.
De doelgroep van dit verslag zijn de medewerkers van Kropman B.V. en de begleiders van de Hogeschoot Utrecht.
De mensen die mij enorm geholpen en gesteund hebben zijn:

Hans van Driel
Frans Gijsberts
Tom van Onna
Willem van Leeuwen
Geert Krechting
Erik Smulders
Rene van der Giessen
Willem van der Heijden
Ben Lops

# Samenvatting

Op dit moment zijn er veel aanbieders van warmtepompen op de markt. Dit komt door de groeiende interesse in de techniek van de warmtepomp. Langzaam wordt er ingezien dat de wat hogere investering uiteindelijk makkelijk terug verdiend wordt. Daarbij worden andere fossielen brandstoffen, zoals olie en gas in de regel steeds duurder en raken op. Daarom wordt er naar alternatieven gezocht waarvan de warmtepomp een hele belangrijke is.
De vraagstelling is dan dus ook "Het opzetten van een selectiemodel voor warmtepompen".
Belangrijk is dan ook om eerst de techniek van de warmtepomp onder de knie te krijgen, middels leerboeken, handboeken en informatie van medewerkers van Kropman B.V. Dit dan samen te bundelen tot een geheel, zodat je weet waar je het over hebt.
Waarna je dan ook daadwerkelijk snapt wat de sales engineers van de leveranciers bedoelen. Zodat je dit goed kan toepassen in je opdracht. Dan blijkt ook dat er echt veel verschillende typen op de markt zijn met allemaal hun eigen specifieke kenmerken. Dus het is inderdaad belangrijk dat er een selectieprogramma komt. Puur omdat dit veel tijd oplevert bij het selecteren. Anders moet iedereen voor zichzelf weer alles opnieuw uitzoeken, terwijl dit nu door een iemand is gebeurd. De afspraak was om het op papier te krijgen. Maar uiteindelijk is het toch gemaakt in excel. En zelfs te gebruiken voor andere producten binnen Kropman B.V. zoals bijvoorbeeld koelmachines. Dus een mooi programma en waar iedereen gebruik van kan maken, door middel van intranet binnen Kropman B.V.
Tijdens de presentatie zal het programma getoond worden.

# Inhoudsopgave

Voorwoord ....3
Samenvatting ....4
1. Inleiding ....6
2. Doel van het afstuderen ....7
2.1. Persoonlijke motivatie ....7
3. Probleemstelling ....8
4. Wat is een warmtepomp ....9
4.1 Werking warmtepomp ....f0
4.2 Belangrijke onderdelen warmtepomp ....11
4.3 Soorten warmtepompen ....12
4.3.1 Monovalente toepassing ....14
4.3.2 Bivalent/alternatief ....15
4.3.3 Bivalent/parallel ....1 6
4.4 Eigenschappen van de warmtepompen ....17
4.4.1 Elektrische warmtepomp (EWP) ....17
4.4.2 Gasmotorwarmtepomp(GMWP) ....18
4.4.3 Absorptiewarmtepomp (AWP) ....19
5. Bronnen ....20
5.1 Temperatuurniveau's ....22
6. Compressoren ....23
7. Koudemiddelen ....26
8. Onderzoek ....28
8.1 Informatie ....28
8.2 Aanpak ....28
8.3 Handleiding ....28
9. Conclusie ....29
10. Aanbevelingen ....30
11. Bronvermelding ....31
f2. Bijlagen(n) ....32
I Planning ....33
II Handleiding ....35
III Afkortingen en symbolen ....54

# 1. Inleiding

De opbouw van de scriptie zal **als** volgt gaan. Eerst zal het onderwerp warmtepomp algemeen behandeld worden. Om te laten zien hoe de warmtepomp in elkaar steekt. De theorie zal uitvoerig aan bod komen. Vanuit dat verhaal kom je uit op de probleemstelling en de daarbij horende antwoorden en oplossingen. Ook wordt aangehaald hoe ik tot een oplossing ben gekomen en op welke manier met de verschillende methoden.
Je kan het als volgt opbouwen:

-Theorie
-Machineopbouw
-Selectiemodel
-Toepasbaarheid

# 2. Doel van het afstuderen

Het doel van het afstuderen is om een mooi werkend programma af te leveren. Waar het bedrijf ook echt iets aan heeft. En ook daadwerkelijk gebruik van kan gaan maken. Maar ook voorberreid is op de toekomst. Natuurlijk moet ik voor mijzelf ook het maximale resultaat eruit halen om mijn diploma te behalen.

## 2.1. Persoonlijke motivatie

Kropman B.V. is een heel mooi en interessant bedrijf. Waar ze op een professionele manier werken en omgaan met hun Wanten en medewerkers. Omdat dit een installatiebedrijf is betekent het voor mij een vrij nieuwe wereld. Dit heeft mij enorm gemotiveerd. **Je** moet dan toch flink aanpakken om je een beetje thuis te voelen.

# 3. Probleemstelling

Kropman B.V. is een groot installatiebedrijfmet 800 medewerkers. Waarvan een groot deel op kantoor werkt. Hier wordt het grootste deel van de engineering gedaan. Vaak moet er dan van alles uitgezocht worden.
Stel je voor dat iemand een warmtepomp nodig heeft, en dit zelf elke keer moet opzoeken. De engineers zijn natuurlijk niet goedkoop. En daarbij hebben zij natuurlijk altijd genoeg andere dingen te doen. Daarom is het fijn als je een programma hebt dat je kan gebruiken om sneller te kunnen werken.
Dit is slechts een gedeelte van het bedrijf. Er zijn natuurlijk nog meer problemen die op te lossen zijn, maar dit is op het moment een probleem met de hoogste prioriteit.
Waarna het via intranet binnen Kropman B.V. iedereen die het nodig heeft er gbruikvan kan maken.
Daarom is de probleemstelling dus ook:

Hoofdoel: Het opzetten van een selectiemodel voor warmtepompen

Subdoel: Het model al dan niet gemaakt in een database programma.

# 4. Wat is een warmtepomp

Een warmtepomp is een apparaat dat warmte verplaatst van een plek met een lager temperatuur naar een plek met een hogere temperatuur door arbeid. Maar dit proces kan ook andersom plaats vinden.

Reversibele warmtepompen
(monoblok lucht gekoelde systemen)

Met de term "reversibele warmtepompen" worden installaties aangeduid die kunnen fungeren als monoblok lucht-gekoelde airconditioners en warmtepompen. Deze systemen wenden buitenlucht of uitlaat ventilatielucht aan als koude- of warmtebron. Reversibele warmtepompen kunnen, voornamelijk naargelang de capaciteit, globaal ingedeeld worden in vier categorieën: kamer-airconditioning, systemen in één pakket en gesplitte systemen zonder distributiekanalen naar verschillende kamers (duct-free systems), gekanaliseerde systemen (ducted systems), grotere gecentraliseerde commerciële systemen (unitary systems).

Niet-reversibele warmteuomoen
(zuivere verwarming en warmte cuperatie)

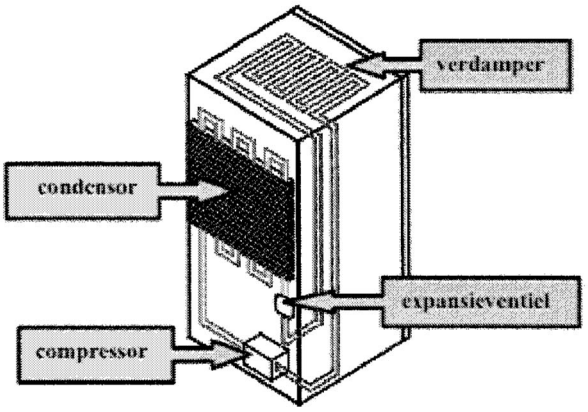
Warmtepompen voor zuivere verwarming worden enerzijds gebruikt voor residentiële en commerciële toepassingen. Het gaat dan over toepassingen ais ruimte-, water- en wijkverwarming (typische verdampingstemperaturen: -10 a +10°C; condensatie-temperaturen: 40 a 80°C; thermische capaciteiten van 1 kW tot enkele tientallen MW). Anderzijds worden warmtepompen voor zuivere verwarming gebruikt in de industrie, met name voor de opwarming van processtromen, warmterecuperatie en stoomproductie.

Een warmtepompsysteem bestaat altijd uit:

-De warmtepomp zelf
-Een warmtebron
-Een geschikte warmte-afgiftesysteem
-Buffer

# 4.1 Werking warmtepomp

De principiële werking van een warmtepomp kan eenvoudig worden verklaard aan de hand van de werking van de koelkast. ( figuur 1 )




**Figuur 1**

Als we een pak melk in de koelkast zetten, dan willen we dat de temperatuur van de melk laag wordt en blijft. Er wordt via lucht en de verdamper warmte aan het pak onttrokken waardoor het pak melk zal afkoelen. De onttrokken warmte wordt afgevoerd via het rasterwerk aan de achterzijde (de condensor) van de koelkast. Het hele proces wordt aangedreven door de compressor.

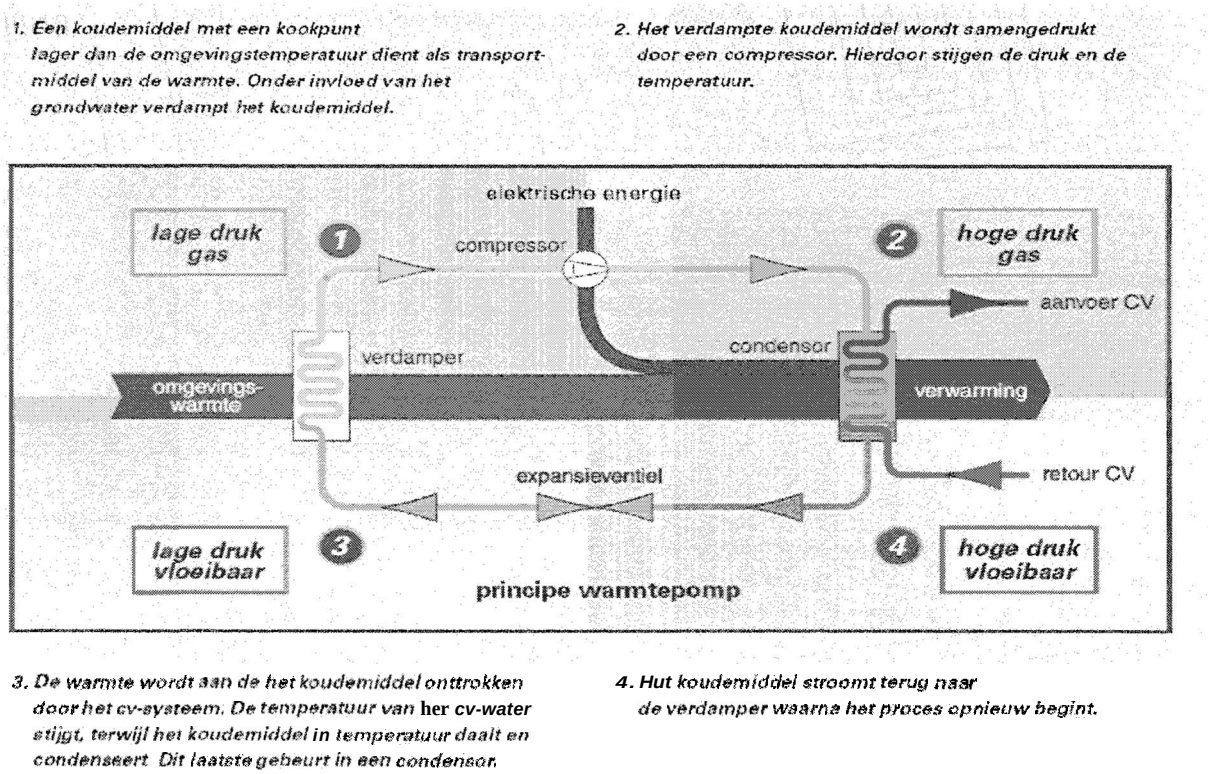
Aan de verdamper van de warmtepomp dient (in plaats van het pak melk) een energiebron te worden gekoppeld waar energie aan kan worden ontrokken. Aan de condensor van de warmtepomp dient een laagtemperatuursysteem te worden gekoppeld waar warmte aan kan worden afgegeven.

Het blijkt dat de warmtepomp het beste presteert wanneer de temperatuur van het bronsysteem zo hoog mogelijk is, terwijl de temperatuur van het afgiftesysteem zo laag mogelijk is. Hoe kleiner het temperatuurverschil tussen het bron- en afgiftesysteem, hoe minder aandrijfvermogen noodzakelijk is om de energie te transporteren tussen deze twee systemen.

De prestatie van het warmtepompsysteem wordt berekend door de afgifte-energie te delen door de aandrijfenergie (ook wel Coëfficiënt Of Performance genoemd). De COP ligt bij goed functianerende systemen boven de 4. Dat wil zeggen om vier delen nuttige warmte te produceren is slechts **één** deel aandrijfenergie noodzakelijk (de overige drie delen worden geleverd door het bronsysteem).

De COP is naast de afgifte- en brontemperatuur ook afhankelijk van de constructie van de machine. De prestatie van de warmtepomp staat in directe verbinding met de besparing op de primaire energie en energiekosten.

Als je het terug wil zien in een concreet voorbeeld van de warmtepomp dan ziet het er **zo** uit:




**Figuur 2**

# 4.2 Belangrijke onderdelen warmtepomp

De warmtepomp bestaat uit enkele belangrijke onderdelen.

Verdamper:
Dit is eigenlijk een warmtewisselaar, om de warmte uit de omgeving te ontrekken. In de verdamper is de temperatuur van het koelmiddel (speciaal gas/vloeistof) lager dan de omgevingstemperatuur, hier neemt het koelmiddel warmte op uit de omgeving, waarbij het verdampt. Waarbij er 3 soorten zijn:

-Lamellen warmtewisselaar
-Pijpen warmtewisselaar
-Platen warmtewisselaar

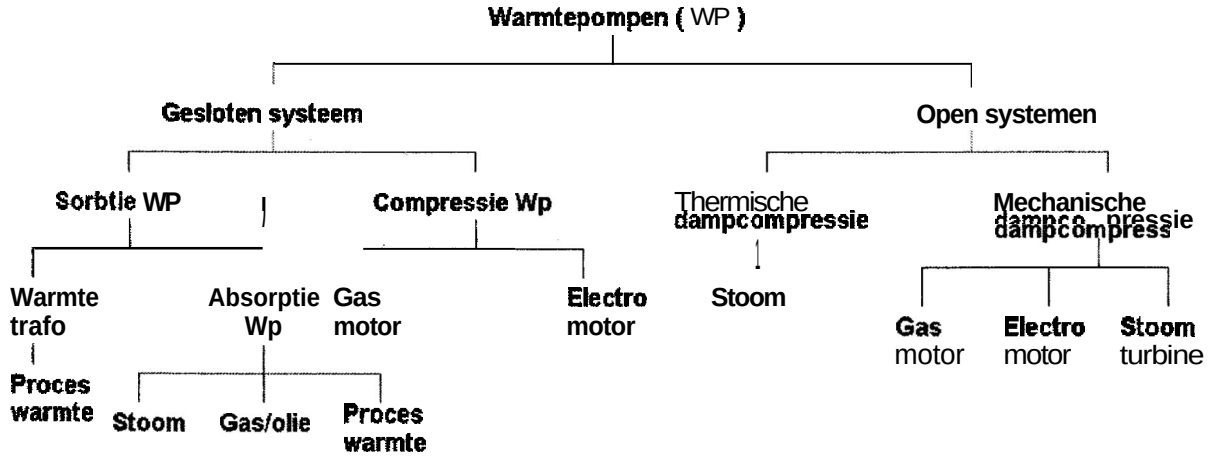
Compressor:
Het gas wordt hier vervolgens samengeperst. Behalve de druk wordt hier ook de temperatuur verhoogd.

Motor:
Om de compressor aan te drijven. Dit is het enige onderdeel wat een kleine hoeveelheid elektrische energie nodig heeft.

Condensor:
Is ook een warmtewisselaar. Hier wordt de warmte aan de (koudere) omgeving afgestaan, het koelmiddel koelt af en condenseert. De warmte wordt afgestaan aan bijvoorbeeld cv, tapwater, ventilatielucht.

Expansieventiel:
Dit is een vernauwing in het leidingwerk, waardoor de compressor druk kan opbouwen. Het vloeibare koelmiddel, nog steeds onder hoge druk gaat nu door het expansieventiel waar de druk zodanig wordt verlaagd dat het mengsel weer in gas overgaat. Daarbij koelt het sterk af.

## 4.3 Soorten warmtepompen




**Figuur 3**

Er zijn natuurlijk meerdre soorten warmtepompen. Voor Kropman B.V. zijn er maar drie die van belang zijn. Die drie rijn:

| | | | |
|---|---|---|---|
| -Gasmotor warmtepomp | aandrijfenergie gas | (GMWP) | COP: 1.2-2.0 |
| -Electrische warmtepomp | aandrijfenergie elektra | (EWP) | COP: 2.5-5.0 |
| -Absorptie warmtepomp | aandrijfenergie warmte | (AWP) | COP: 1.0-1.5 |

Belangrijk is dat hoe kleiner het verschil tussen beide temperatuurniveaus, hoe lager het gebruik van de aandrijfenergie van de compressor (EWP,GMWP) of het gebruik van hoogwaardige aandrijfwarmte (AWP) en hoe hoger de efficientie (COP/PER).

In Nederland word als meeste toegepast de compressie warmtepomp met een electromotor, omdat dit goedkoper is dan de gas motor warmtepomp.De GMWP heeft een duurdere aanschafprijs en hogere plaatsingskosten en de exploitatiekosten zijn 2x zo hoog ten opzichte van de EWP. Zo is dus de terugverdientijd langer.De absorptie warmtepomp is alleen makkelijk toe te passen als je een bron hebt die veel afvalwarmte afgeeft. Die warmte kun je dan opvangen en gebruiken (bv. bij gasmotoren). Tevens ligt de COP ligt ook een stuk lager.

Bij een absorptiewarmtepomp(AWP) is er geen compressor voor het dampvormige koelmiddel. De damp, die in de verdamper ontstaat, wordt door de hygroscopische kracht naar de absorber verplaatst. De vloeistoffen die in een absorptiewarmtepompgebruikt worden zijn vaak: water (bewegend vloeistof) met lithium bromide (absorptie vloeistof); of ammonia (werkende vloeistof) met water (absorptievloeistof). In de absorptievloeistof condenseert de damp weer en komt er warmte vrij op een hogere temperatuur. Door de opname van vloeistof vermindert de aantrekkingskracht van de absorber. Daarom wordt vloeistof vanuit de absorber gepompt naar de (re)generator. Daar wordt met

behulp van warmte het koelmiddel weer uitgedampt. Deze damp wordt vervolgens weer vloeibaar gemaakt in de condensor.
Het vloeibare koelmiddel gaat weer terug naar de verdamper. De geconcentreerde absorptievloeistof gaat vanuit de generator weer terug naar de absorber. Bij de absorptiewarmtepomp komt zowel in de condensor als in de absorber warmte vrij.

Ook hier kunnen we spreken van een coëfficient of performance ofwel COP. Maar het grote verschil is, dat bij een compressiewarmtepomp energie in de vorm van
kracht nodig is, terwijl bij de absorptiewarmtepomp de aandrijving van het proces met warmte en een pomp gaat. Deze vorm van een warmtepomp wordt vooral gebruikt in de industrie.

Bij de compressie warmtepomp met een electromotor (EWP) wordt gebruik gemaakt van de compressie techniek.
Hiermee wordt bedoeld dat het koudemiddel gecomprimeerd wordt om zo een hogere temperatuur te krijgen.
Als je dit in de praktijk bekijkt dan krijg je bijvoorbeeld lucht van 5°C dat wordt opgenomen door de warmtewisselaar waar na het koudemiddel gecomprimeerd wordt. Hierdoor neemt de temperatuur toe. Dan wordt bij de condensor de warmte aan de koudere omgeving afgegeven. Waarbij het koelmiddel afkoelt en weer condenseert. Na het expansieventiel neemt de druk weer af en komt het koudemiddel weer tot gasvorm. En zo begint het proces weer van voor af aan.

De compressie warmtepomp met een gasmotor (GMWP) heeft hetzelfde principe als de compressie warmtepomp met een electro motor. Alleen geldt hier voor de aandrijving van de compressor, dat dit niet gebeurd door een elektromotor maar door een gasmotor.

Naast het type warmtepomp en de bedrijfstemperaturen van bron en afgiftesysteem, is ook de wijze waarop de warmtepomp wordt ge'integreerd binnen het verwarmingssysteem van belang. Voor de inpassing van de warmtepomp kan een drietal systemen worden onderscheiden:

-monovalent
-bivalent/alternatief
-bivalent/parallel

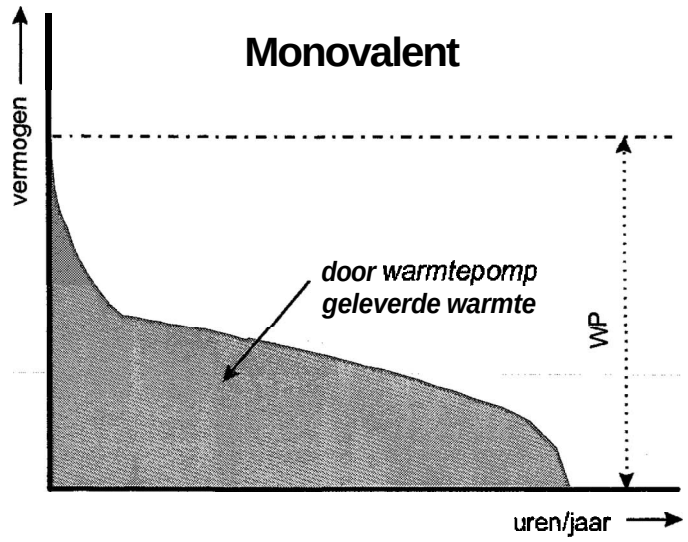
## 4.3.1 Monovalente toepassing

Bij een monovalente toepassing van de warmtepomp is geen aanvullende verwarming aanwezig. De warmtepomp dient geschikt te zijn voor de levering van het totaal benodigde verwarmingsvermogen. De gebruikte warmtebron dient daarbij altijd beschikbaar te zijn en altijd een (voor het type warmtepomp) voldoende hoge temperatuur te hebben en warmte-pomp moet berekend worden op het piekvermogen.

De gewenste medium temperatuur moet door de warmtepomp ruim gehaald worden of anders gezegd: het klimaatconcept moet geschikt zijn voor de geleverde medium temperatuur volgens onderstaand overzicht.

Rangschikking naar temperatuurstraject:

| temperatuur niveau | distributiesysteem | WP |
|---|---|---|
| • ZLT | 25150°C | 25150°C |
| • LT | 35/60°C | 35/60°C |
| • MT | 45/70°C | --- |

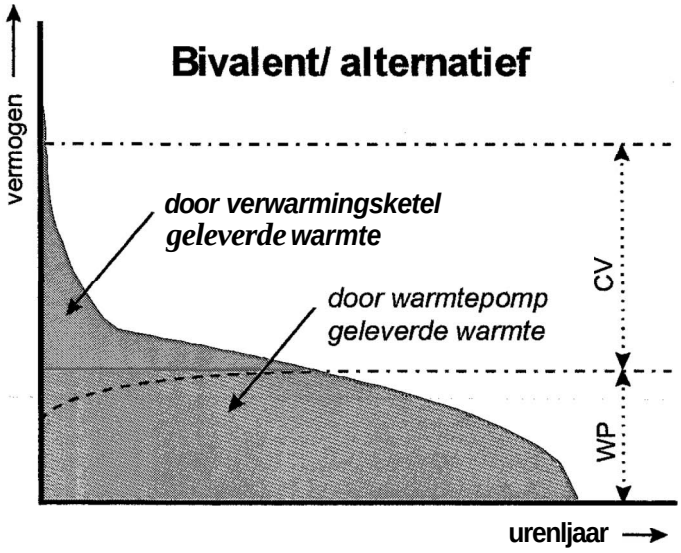


## 4.3.2 Bivalentlalternatief

**Bij de toepassing bivalent/alternatief is naast de warmtepomp een verwarmingsinstallatie voorzien, omdat de warmtebron niet altijd beschikbaar is en/of een onvoldoende hoge temperatuur heeft is. In dat geval dient te kunnen worden overgeschakeld naar een reserve warmteopwekking, bijvoorbeeld een CV-ketel; deze dient berekend te zijn op piekvermogen.**

### Rangschikking naar temperatuurstraject:

| temperatuur niveau | distributiesysteem | WP | CV |
|---|---|---|---|
| • ZLT | **25150°C** | 25/35°C | 35/50°C |
| • LT | 35/60°C | **35145°C** | 45/60°C |
| • MT | **45170°C** | 45/55°C | 55/70°C |
| • HT - traditioneel | 70/90°C | --- | **70/90°C** |



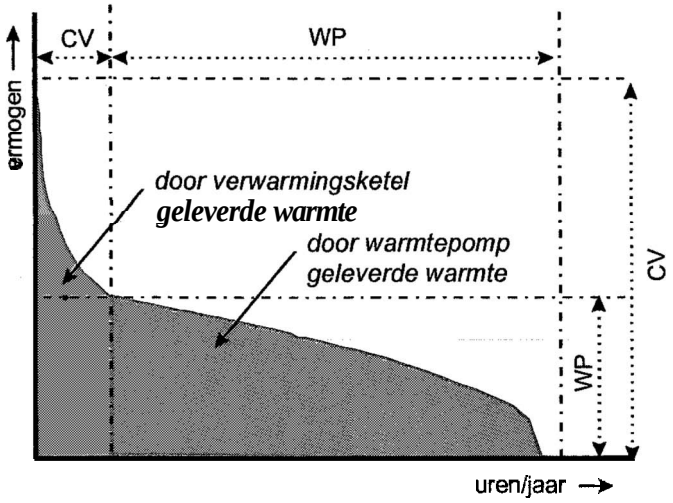
## 4.3.3 Bivalent/parallel

Bij de toepassing bivalent/parallel is naast de warmtepomp een extra warmteopwekker aanwezig, omdat de warmtepomp niet onder alle omstandigheden het volledige verwarmingsvermogen kan leveren, of omdat tijdelijk een hogere watertemperatuur gewenst is. In dat geval wordt een extra verwarmingsmogelijkheid bijgeschakeld; de warmtepomp en het hulpvermogen (c.v.-ketel) dienen samen het piekvermogen te kunnen leveren.

Rangschikking naar temperatuurstraject:

| temperatuur niveau | distributiesysteem | WP | CV |
|---|---|---|---|
| • ZLT | 25150°C | 25135°C | 35/50°C |
| • LT | 35160°C | 35145°C | 45/60°C |
| • MT | 45/70°C | 45155°C | 55170°C |
| • HT - traditioneel | 70/90°C | --- | 70190°C |

**Bivalent/ parallel**




Indien gebruik gemaakt wordt van buitenlucht als warmtebron zal het vermogen dat geleverd kan worden met de warmtepomp bovendien afnemen naarmate de buitentemperatuur daalt. Deze vermogensafname kan worden gecorrigeerd door een groter vermogen van de hulp-warmtebron.

## 4.4 Eigenschappen van de warmtepompen

Om te kijken welke nu het meest geschikt is en voor welke toepassing. Is het belangrijk om te kijken naar de eigenschappen van warmtepompen. Hieruit kun je dan afleiden waarvoor ze het meest geschikt zijn.

### 4.4.1 Elektrische warmtepomp (EWP)

| | |
|---|---|
| type | Met/zonder frequentieregeling |
| soort | monovalent/bivalent parallel/bivalent alternatief |
| temperatuursysteem | ZLT/LT geen hogere temperatuur door ontbreken motorwarmte, eventueel aanvullende ketel nodig voor een gekozen (hogere) stooklijn en daardoor lagere warmtedekking. |
| energie-efficiëntie | PER = $COP_{compressor} \times \eta_{mechanisch} \times \eta_e = COP_{WP} \times \eta_e$<br>$\eta_{mechanisch} = 0{,}91 - 0{,}93$<br>$\eta_e = 0{,}40$ (huidig landelijk gemiddelde)<br>PER = 4,00 x 0,93 x 0,4= 1,49<br>$\eta_e = 0{,}54$ (volgens stimuieringsregelingen BSE, $CO_2$-reductieplan<br>PER = 4,00 x 0.93 x 0,54= 2,01 |
| geluidproductie | Beheersbaar en vergelijkbaar met een koelmachine |
| onderhoud | Laag/gunstig, vergelijkbaar met een koelmachine |
| betrouwbaarheid | De betrouwbaarheid is zeer gunstig, maar sterk afhankelijk van de inpassing en de regeling van het temperatuursysteem. Zeer gunstige betrouwbaarheid bij goed gedimensioneerde systemen. |
| Regelbaarheid | Variatie van de toerental door frequentieregelinggeeft een gunstige regelbaarheid het aandeel in deellast en de bufferomvang bepalen de effectiviteit en het succes van de regeling. Een goede capaciteitsregelingd.m.v. regelschuif. |
| kosten | Energiekosten zijn door de soms vrij dure elektriciteit een beperkende factor. Door systeemontwerp aan te passen en door afspraken met Nutsbedrijf kan dit worden ondervangen |
| functie | Alle functies zijn mogelijk. |
| energielevering | Geschikt vanaf lage vermogens dekkingspercentage is afhankelijk van het temperatuurniveau van de afgifte en de beschikbaarheid van de warmtebron. Dekkingspercentages ≥ 80-90% zijn realiseerbaar bij bivalente systemen. |
| peakshaving | Vermogensbeperking van warmtepompen kan een belangrijke rol spelen. Bijzondere tariefstelling kan mogelijk zijn (overleg met energiebedrijf). Maar men kan dan een buffer inbouwen. |

## 4.4.2 Gasmotorwarmtepomp (GMWP)

| | |
|---|---|
| type | Direct gedreven door gasmotor of indirect gedreven door gasmotor met "verlengde generator as". Het indirect gedreven type (warmtepomp aangedreven door elektromotor, aangesloten op gasmotor met generator) biedt het voordeel dat de warmtepomp en de gasmotor (WKK) onafhankelijk van elkaar kunnen functioneren. |
| soort | monovalent/bivalent-alternatief/bivalent-paralel |
| temperatuursysteem | ZLT/LT/MT hogere temperatuur mogelijk door gebruik motorwarmte |
| energie-efficiëntie | PER = COP x $\eta_{gasmotor}$ + $\eta_{motorwarmte}$<br>$\eta_{gasmotor}$ = 0,32 - 0,34<br>$\eta_{motorwarmte}$ = 0,50 - 0,60<br>PER = 4,0 x 0,33 +0,54 = 1,86 |
| geluidsproductie | Veel akoestische maatregelen vereist aan de opstellingsruimte en aan toe en afvoer van ventilatie en verbrandingslucht |
| onderhoud | Het onderhoud van de gasmotor is vrij intensief en vergelijkbaar met warmtekracht, het onderhoud van de compressor is vergelijkbaar met de elektrische warmtepomp |
| betrouwbaarheid | De betrouwbaarheid is sterk afhankelijk van de wijze van inpassen en de regeling van het temperatuursysteem. Betrouwbaarheid is in principe zeer gunstig bij goed gedimensioneerde systemen. In het verleden vertoonde GMWP geen gunstige mechanische betrouwbaarheid |
| regelbaarheid | Een variabel toerental geeft een gunstige regelbaarheid WP-aandeel in deellast en de bufferomvang bepalen de effectiviteit van de regeling |
| kosten | Door de (dure) gasmotor zijn de installatiekosten relatief hoog. Energiekostenbesparingen zijn ongunstig bij een laag gastarief bij een jaarverbruik > **170.000** $nm^3$ (goedkopere zone). En je hebt altijd afvalwarmte |
| functie | Alle functies zijn mogelijk. Over het algemeen heeft het geen voorkeur koeling te realiseren zonder de restwarmte van de motor i e gebruiken (laag totaal rendement). Voorbeelden hiervan zijn echter wel bekend, zoals WTC en Stopera. |
| energielevering | Vooral geschikt bij grote vermogens dekkingspercentages ≥ 60-70% van de totale energiebehoefte realiseerbaar bij goed gedimensioneerde bivalente installaties |
| peakshaving | Niet relevant |

## 4.4.3 Absorptiewamtepomp (AWP)

| | |
|---|---|
| Type | Direct gestookt door middel van een gasbrander of indirect gestookt restwarmte van gasmotor (WKK) of CV-ketel |
| soort inpassing | monovalent/bivalent parallel/bivalent alternatief |
| temperatuursysteem | ZLTILTIMT hogere temperatuur mogelijk bij gebruik van restwarmte |
| energie-efficiëntie | $PER = COP_{wp} \times \eta_{warmteopwekking}$<br>$\eta_{warmteopwekking\ met\ HR\text{-}ketel} = 0{,}90$<br>$PER = 1{,}55 \times 0{,}90 = 1{,}40$ |
| geluidsproductie | Niet van toepassing, geluidsarm |
| onderhoud | Laag/gunstig |
| betrouwbaarheid | De betrouwbaarheid is sterk afhankelijk van de inpassing en de regeling van het temperatuursysteem. Ervaring bij drie gerealiseerde systemen leert dat de betrouwbaarheid zeer gunstig is bij goed gedimensioneerde systemen. |
| regelbaarheid | Variatie van de warmtetoevoer geeft (binnen grenzen) gunstige regelbaarheid het aandeel in deellast en de bufferomvang bepalen de effectiviteit en het succes van de regeling |
| kosten | Door de lage productieaantallen zijn de investeringskosten hoog. Energiekostenbesparingen rijn ongunstig bij een laag gastarief bij een jaarverbruik > 170.000 $nm^3$ (dure zone) |
| functie | Alle functies zijn mogelijk. |
| energielevering | Door hoge aanschafkosten vooral geschikt bij grotere vermogens dekkingspercentages 60.70% van de totale energiebehoefte realiseerbaar bij goed gedimensioneerde bivalente installaties |
| peakshaving | Niet retevant |

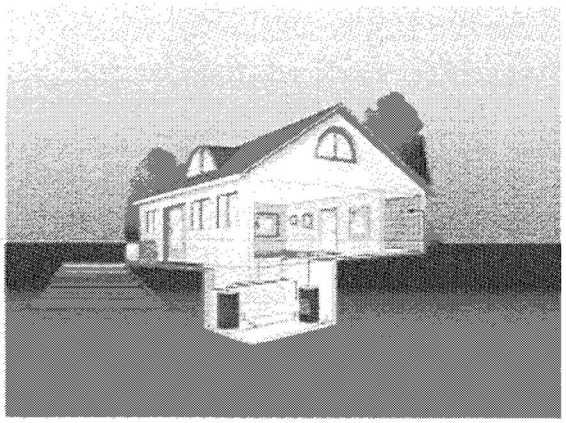
Als je deze drie met elkaar gaat vergelijken kun je zien dat het vrij logisch is dat de EWP veel toegepast wordt binnen Kropman B.V.
Het onderhoud is laag en gunstig, de regelbaarheid is goed. En de geluidsproductie is beheersbaar. Als nadeel merk je dat de aanschafprijs nog relatief hoog is. Maar die is op het moment hard aan het veranderen.

# 5. Bronnen

Warmtepompen hebben natuurlijk altijd een bron nodig. Deze wordt dan uit de natuur gehaald.
Omdat je de warmte uit de natuur haalt kun je een rendement behalen van 400%.
Je moet ¼ deel van de warmte aankopen en ¾ krijg je gratis uit de natuur. Dus voor elke euro die je in je warmtepomp stopt haal je er 4 euro aan warmte uit.
Er zijn meerdere bronnen in de natuur die je kunt gebruiken.

| Warmtebron | Temperatuur ( in °C ) | Betrouwbaarheid |
|---|---|---|
| Buiten lucht | -10 tot 15 | goed |
| Ventilatieluitlaatlucht | 15 tot 25 | goedionzeker |
| Grondwater | 4 tot 12 | goed |
| Water uit meer | 0 tot 10 | Goed/onzeker |
| Rivierwater | 0 tot 10 | goed |
| Zeewater | 3 tot 8 | goed |
| Steen | 0 tot 5 | goed |
| Grond | 0 tot 10 | goed |
| Afvalwater | >10 | goed |

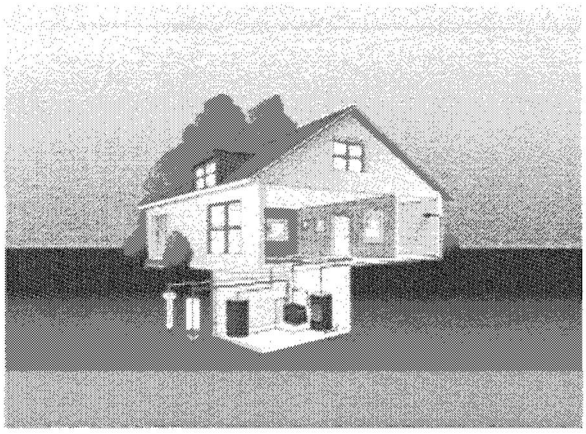
In Nederland worden als meest toegepast water, grond en lucht.
Zie figuur 3 t/m 5.



Figuur 4

Aarde / water

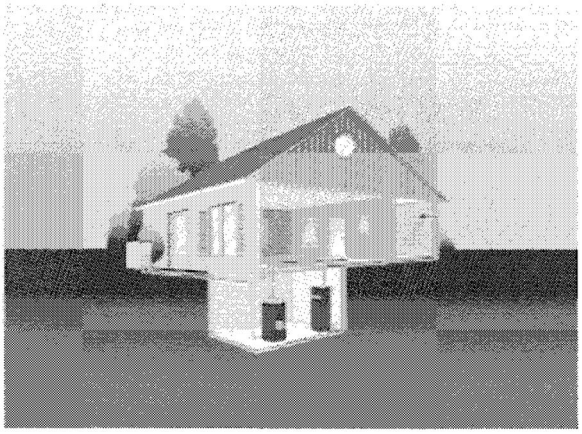
Warmte wordt aan de aarde onttrokken. De warmtepomp verwarmt daarmee het water voor de verwarming. Bij gebrek aan ruimte kan dit ook nog verticaal geplaatst worden



Figuur 5

Water / water

De nodige warmte wordt uit grondwater gehaald. De warmtepomp verwarmt daarmee het water voor de verwarming.



Figuur 6

Lucht / water

Een ventilator zuigt buitenlucht aan die de verdamper passeert en afgekoeld wordt. De warmtepomp verwarmt daarmee het water voor de verwarming.

De keuze die men maakt is afhankelijk van welke bronnen er aanwezig zijn. En natuurlijk het kostenplaatje.
Wat erg belangrijk is bij de brontemperatuur is dat deze zo hoog mogelijk is en zo constant mogelijk is. Hieronder kun je de voor- en nadelen van deze bronnen vinden.

Buitenlucht:
-Overal beschikbaar
-Sterk variërende temperatuur ( -7°C tot >28°C )
-Opbrengst van warmtepomp is bij tage buitentemperatuur klein, terwijl de warmtebehoefte dan groot is.
-Geluidsproductie ventilatoren

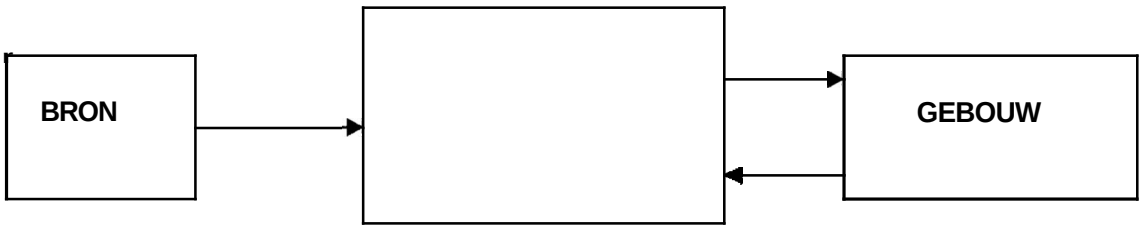
Ventilatie/uitlaat lucht:
-Redelijk constante en hoge temperatuur
-Plaatsen in afvoerventilatie
-Alleen bruikbaar tijdens ventilatie-uren
-Extra luchtweerstand in kanalen
-Ook directe terugwinning mogelijk

Grondwater:
-Constante bodemtemperatuur van 12°C
-Vergunningsplichtig
-Kwaliteit grondwater is belangrijk
-Energiebalans

Bodemwarmte:
-Niet vergunningsplichtig
-Bodemwarmtewisselaar ( bww )
-Kwaliteit van grond speelt een rol ( analyse bodem )
-Ontwerp goed afstemmen i.v.m. verzadigingseffect
-Hoge kwaliteit van pijp en wisselaar i.v.m. water/glycol
(glycol= milieuvriendelijk antivriesmiddel voor temperaturen onder de 0°C)

Restwarmte:
-Gebruik van restwarmte uit industriële processen

# 5.1 Temperatuurniveau's




Je hebt de bron temperatuur, aanvoerproces en retourtproces. Wat dus belangrijk is bij de brontemperatuur dat deze zo hoog en constant mogelijk is.
Bij de aanvoer- en retourtemperatuur geldt dat:

-Afhankelijk van koudemiddel en toepassing max. 55-65 "C aanvoer
-Eventueel naverwarmen voor tapwater
-Hoe lager de aanvoertemperatuur, hoe gunstiger COP
-AT afgiftesysteem zo laag mogelijk ( COP )

- Radiatoren en convectoren 55135°C
- Lage temperatuur verwarming 35130°C
  - -Vloerverwarming
  - -Stralingsverwarming (plafondlwand)

In de navolgende tabel is een aantal warmteafgiftesystemen gegeven die kunnen worden toegepast in combinatie met een warmtepomp. De systemen zijn hierbij gerangschikt op basis van het temperatuurniveau van het medium (aanvoertemperatuur).

| temperatuurniveau verwarming | distributiesysteem retourlaanvoer |
|---|---|
| Zeer lage Temperatuur (ZLT) | 25/50°C |
| Lage Temperatuur (LT) | 35160°C |
| Middel Temperatuur (MT) | 45170°C |
| Hoge Temperatuur (HT) - traditioneel | 60/80°C |

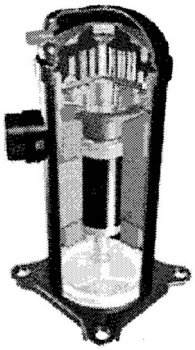
| (warmte)afgifte | temperatuurniveau van het medium | |
|---|---|---|
| | verwarming | koeling |
| stralingsplafond | 35°C | 16°C |
| vloerverwarming | 45°C | 16°C |
| luchtverwarming/koeling | 45°C | 16°C |
| inductieunits | 50°C | 12°C |
| fancoilunits | 50°C | 12°C |
| radiatoren | 60°C | |
| convectoren | 60°C | 16°C |

De (warmte)afgiftesystemen vormen samen met een distributiesysteem, een klimaatsysteem. Deze kunnen als volgt worden gerangschikt naar temperatuurniveau:

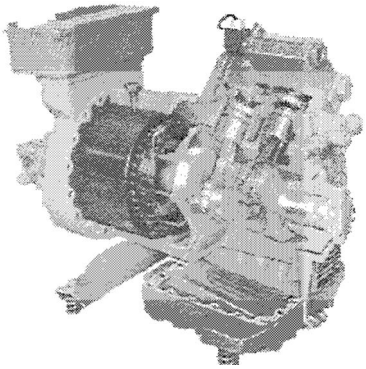
# 6. Compressoren

Om het het vloeibare koudemiddel te comprimeren tot gas, zodat deze zijn warmte kwijt kan aan de daar voor bestemde medium.
Er zijn natuurlijkveel type compressoren op de markt. Maar niet allemaal geschikt voor het gebruik in een warmtepompinstallatie. De compressoren die dat wel zijn en dus veelvuldig worden toegepast zijn:

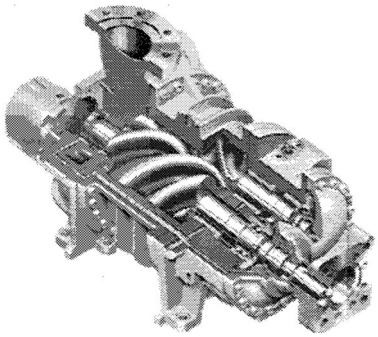
-Scroll compressor ( figuur 7 )
-Zuiger compressor ( figuur 8 )
-Schroef compressor ( figuur 9 )
-Centrifugaal compressor ( figuur 10 )



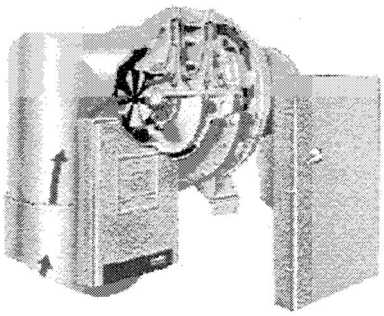
**Figuur 7**



**Figuur 8**



**Figuur 9**



**Figuur 4**

Compressoren kunnen ingedeeld worden naar uitvoering van aandrijving:
- hermetisch gesloten: 65 W - i 0 0 kW koudevermogen;
- semi-hermetisch: 0,33 – 250 kW koudevermogen;
- open compressoren: 0,25 kW tot zeer grote koelcapaciteiten.

Open compressoren
Komen voor in koel- en vriesinstallaties, bij transportkoeling en in grotere airco's. Grotere compressoren (meestal schroefcompressoren) en veel ammoniakcomprescoren worden nog steeds uitgevoerd als "open" compressor.
De overbrenging van de elektromotor kan via directe aandrijving op de krukas of via een V-snaaraandrijving plaatsvinden.

Semi-hermetische compressoren
Zijn demontabel (Frans: accessible of toegankelijk) en worden meestal gebruikt voor grotere installaties in o.m. grote winketinstallaties, grote airco's en industriële koel- en vriesinstallaties. Ze kunnen zuiggasgekoeld, luchtgekoetd, en watergekoeld worden uitgevoerd. De luchtgekoelde uitvoering is, om reden van de oppervlakte/volume verhouding van het motorcompartiment, beperkt tot ca. 4 kW aandrijfvermogen. Bij geforceerde koeling (Bock, Bitzer) kan dit vermogen tot 5 kW bedragen. Het rendement van deze uitvoering ligt even hoog als bij open compressoren en ongeveer 20% hoger als bij zuiggasgekoelde modellen. Voor de watergekoelde versie gelden dezelfde limieten als voor de luchtgekoelde compressor. De zuiggasgekoelde versie gaat tot ongeveer 250 kW koelvermogen.

Hermetische compressoren
Worden toegepast in het lage capaciteitsgebruik in o.m. winkeltoonbanken, airco's en koel-en diepvriescellen, of in installaties waarbij het jaarlijks aantal bedrijfsuren zeer gering is (airco en punctuele koeling). Door het zeer grote prijsverschil is de markt gestadig aan het verschuiven van open en semi-hermetische naar hermetische compressoren, waarbij de betrouwbaarheid en het maximumvermogen steeds
toeneemt.

Voor de selectie van een bepaald type compressor moet je dus eerst gaan bekijken waarvoor die toegepast moet worden. In welk soort syteem komt hij en met welk vermogen moet hij gaan werken. Omdat een dergelijk keuze te maken kijken we ook nog even naar de voor en nadelen van de 4 typen compressoren.

| Categorie | Volumestroom [m3/h] | Drukverhouding | Isentropisch rendement |
|---|---|---|---|
| Verdringingscompressoren: | | | |
| -schroef | 500 - 35.000 | 2 – 6 | 60 – 80% |
| -centrifugaal | 100 - 60.000 | 1 – 2 | 40 – 65% |
| -scroll | 10 – 60 | 1 – 10 | 40 - 65% |
| -zuiger | 100 – 3.000 | 4 - 6 | 50 – 80% |

Zuigercompressoren
Kunnen open, semi-hermetisch en hermetisch gesloten worden uitgevoerd. Ze hebben een gunstig deeltastgedrag bij een toerentalregelingen vergen in industriële uitvoering vrij veel onderhoud door de vele bewegende delen en de hogere slijtage. In commerciële versie worden ze gewoon vervangen. Verwarmingsvermogen van 1-1000 kW

Schroefcompressoren
Komen in grotere koel- en vriesinstallaties en in zeer grote airco's naast in open uitvoering, ook meer en meer voor in semi-hermetische uitvoering. Een schroefcompressor faalt minder en is minder gevoelig voor vloeistofslag dan een zuigercompressor. De meeste schroefcompressoren zijn glijdend in capaciteit regelbaar en hebben een behoorlijk rendement. Met een verwarmingsvermogen van 50-2500 kW.
De schroefcompressor heeft als voordelen:
-het ontbreken van de kleppen
-compacte bouw
-geen schadelijke ruimte
-de grote drukverhouding per trap
-de goede capiciteitsregeling tussen 10 en 100% bij een variabele inlaatregeling
-lange levensduur
-lage onderhoudskosten
-inwendige koeling met olie mogelijk waardoor de perstemp. lager wordt
-hij is weinig gevoelig voor vloeistofslag

Nadelen zijn:
-grote inwendige lekkage
-hoog frequent geluidsniveau
-duur

Scroll-compressoren
Veroveren meer en meer de markt. Ze zijn nu beschikbaar voor capaciteiten tussen 3 en l00 kW en bestaan uitsluitend in hermetische versie. Ze worden in alle gebieden van de koeling toegepast. Net als de schroefcompressor is de scrollcompressor (vergelijkbaar principe) in hoge mate ongevoelig voor vloeistofslag.

Centrifugaalcompressoren
Worden toegepast bij grotere koelcapaciteiten waarbij de verhouding tussen de condensor- en de verdamperdruk niet al te groot is (luchtbehandelinginstallaties).
En hebben een verwarmingsvermogen van 400-6000 kW.

Voor (ruimte)verwarming en andere varierende warmtevragen zijn zuigercompressoren het beste regelbaar. Schroef- en scrolt-compressoren vormen een goed alternatief bij relatief constante belastingen (basislast verwarming, tapwater) en constante verhouding tussen pers- en zuigdruk (vaste volumeverhouding). Scroll compressoren zijn echter alleen maar voor Weine vermogens leverbaar en moet ivm de aan/uit regeling gecombineerd worden met een warmtebuffer. Centrifugaalcompressoren zijn alleen beschikbaar voor grote vermogens en zijn in verband met de grote gevoeligheid voor veranderende verhoudingen tussen pers- en zuigdruk minder geschikt voor warmtepomp toepassingen.

# 7. Koudemiddelen

Koudemiddel: vloeistof die wordt gebruikt voor warmteoverdracht in een koelsysteem, en die warmte bij lage temperatuur en lage druk opneemt en bij hoge temperatuur en hoge druk afgeeft, hetgeen doorgaans gepaard gaat met een faseverandering van het koudemiddel.
Koudedrager: vloeistof voor warmteoverdracht waarbij de fasetoestand van het medium niet verandert.

Het koudemiddel wordt gekozen aan de hand van de proceseisen. Belangrijke factoren bij de keuze van een koudemiddel zijn onder andere:

-Thermodynamischeen fysische eigenschappen
-Milieueffecten
-Kosten van het koudemiddel, koelmachine en energiegebruik
-Hoog volumetrisch koude-effect
-Hoge kritische temperatuur
-Grote latente warmte bij de gewenste verdampingstemperattur
-Lage isentropische exponent en hoge spcifieke warmte
-Laag specifiek volume van de vloeistof
-Hoge warmte-overdrachtscoefficient
-Lage dynamische viscositeit
-Laag moleculair gewicht (m.u.v. systemen met een centrifugaal compressor)
-Lage condensatiedruk bij +35°C, verdampingsdruk bij procestemp. boven 1 bar
-Brandbaarheid, explosiviteit, giftigheid
-Eenvoudige lekdetectie

Dus de specifieke stofeigenschappen van het koudemiddel bepalen de grenzen voor het toepassingsgebied.

Bekende koudemiddelen zijn de CFK's en de chloorfluor waterstoffen. Maar deze zijn tegenwoordig verboden, omdat ze schadelijk zijn voor de ozonlaag. Nu worden bij nieuwe installaties alleen nog gefluoreerde koudemiddelen toegepast die chioorvrij zijn maar nog wel schadelijk zijn voor het broeikaseffect.

Onder andere de oudgekenden:

| | |
|---|---|
| Butaan | Isobutaan |
| Propaan | NH3 |
| C02 | water |
| R22 | propeen |

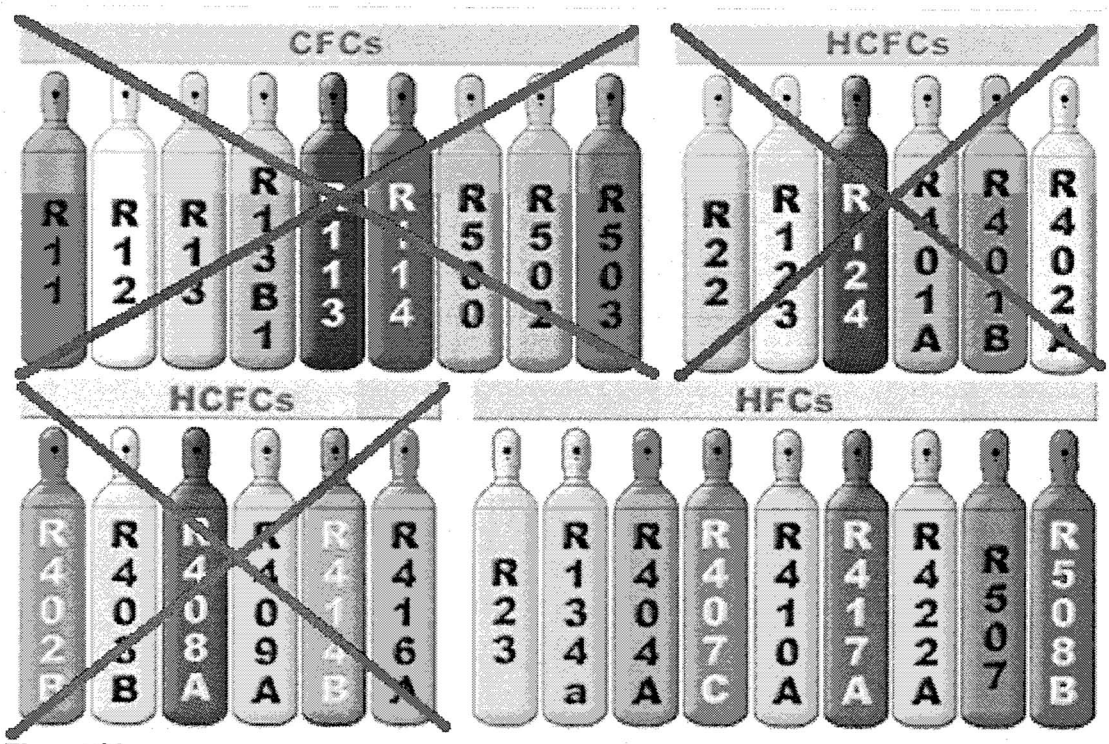
En de nieuwere fluorhoudende koudemiddelen:

| | |
|---|---|
| R134a | R152a |
| R32 | R143a |
| R23 | R124 |
| R123 | R141b |
| R125 | |

En de vele mengsels van deze stoffen. Belangrijke mengsels zijn onder andere:
R404a R407c R507a R410a

Hierbij is R507 een azeotroop mengsel, dat betekent dat het een mengsel is dat in dampfase zowel als in vloeistoffase dezelfde mengverhouding heeft.

Er wordt onderscheid gemaakt naar chloorvrije fluorkoolwaterstoffen **(HFK),** chloorvrije **(HFK)** blends, natuurlijke koudemiddelen.



**Figuur 11**

# 8. Onderzoek

Na het bevatten van al deze informatie zijn de vier levaranciers van Kropman B.V. die aan ons onder andere warmtepompen leveren uitgenodigd.
Er komt dan een sales engineer op bezoek die je dan van alles uitlegt. Zo kom je heel makkelijk overal achter wat je wil weten.Trane, Ciat, Carrier en McQuay zijn bedrijven waarmee gepraat is.
Hun waren heel open en bereid tot medewerking van het geven van informatie. Firma York heb ik ook benaderd maar hun konden alleen specifiek machines aanbieden waar alle gegevens, die je nodig had bekend waren. Zij maken op specifieke aanvraag en bieden geen vaste typen aan.
Als je dan alle typen warmtepompen van zowel water/water en lucht/water verzameld hebt, moet je dit nog even goed ordenen.

## 8.1 Informatie

Als je naar alle gegevens kijkt die er zijn. Zie je meteen welke van belang zijn. Vermogens, afmetingen, aanloopstroom enz.
Na mijn vooronderzoek over de warmtepomp blijkt dat sommige dingen aan elkaar vastliggen. Zoals type compressor en koudemiddel.
Dus dat heeft ook weinig zin om sommige dingen te gaan vragen om te selecteren. Daarom is het van belang dat je de juiste vragen aan de project engineer voorlegt. Anders heeft het nog weinig zin.
In overleg zijn dan de juiste vragen samengesteld die terug komen in het programma.

## 8.2 Aanpak

Hoe pak je dit nu aan. Het idee van te voren was om het helemaal uit te schrijven op A0 papier.
Met bepaalde richtingen erbij zodat iemand van bijvoorbeeld automatisering dit later kon gaan maken.
Maar op een gegeven moment is er voor gekozen om er toch een begin mee te maken in Microsoft Excel. Dat beviel zo goed dat dat is doorgezet. Natuurlijk is er wel eerst naar de planning gekeken.
Die is daarom wat aangepast. Omdat er niet in mee genomen was om ook alles in Excel uit te werken.
Maar ook was er eerst sprake om alleen waterlwater warmtepomp uit te werken. Maar daar is ook nog lucht/water warmtepomp bijgekomen.

## 8.3 Handleiding

In de bijlage is ook nog een handleiding terug te vinden. Hierin staat precies verteld hoe het programma werkt en wat je moet doen om het eventueel later nog aan te passen.
Deze is als hulp geschreven voor de mensen die ermee gaan werken. Zowel de engineers maar ook degene die het aan wil passen. Het programma is al duidelijk genoeg, maar het is natuurlijk niet verkeerd.

# 9. Conclusie

Het resultaat op voorhand was een selectiemodel op papier te maken. Nu is het uitgewerkt in een Excel tot een handig en goedwerkend programma.
Je kan dus zeggen dat het een goede opdracht is geweest met een goed resultaat.
Vanzelfsprekend is dan ook dat ik er met plezier aan gewerkt heb.
Het is natuurlijk ook altijd leuk om te zien dat als je iets gedaan hebt, dat er ook gebruik van gemaakt word.

# 10. Aanbevelingen

Het programma is natuurlijk ook te gebruiken om andere producten mee te kunnen selecteren, zoals koelmachines e.d.
Hiervoor moeten een paar kleine aanpassingen worden gemaakt met betrekking tot de soort vraag stelling. Maar dat vergt relatief weinig tijd.
Ook aan te bevelen is om de gegevens die er in staan up to date te houden. Bijvoorbeeld jaarlijks de nieuwe typen toe te voegen. Zodat je er nog vele jaren plezier van kan hebben.

# 11. Bronvermelding

Internet

www.kropman.nl
www.stichtingwarmtepompen.nl
www.senternovem.nl
www.vrom.nl
www.heatpumpcentre.org
www.koeltechniek.startpagina.nl
www.koeltechniek-airconditioning.startpagina.nl
www.platformwarmtepompen.nl
www.refrigeration.start4all.com
www.york.nl
www.trane.com
www.carrier.nl
www.etp.tv
www.kwaliteitskeurwarmtepompen.nl
www.dupont.com
www.ibkcompac.nl
www.emis.vito.be
www.gasco.nl
www.dehon.com
www.nemegeer.com
www.mcquay.com
www.ciat.nl
www.stek.nl

Literatuur

Handboek Industriele warmtepompen ISBN 9055761397
ISSO publicatie 38 Handboek warmtepompen ISBN 9050440525

Figuren

Figuur 1: www.google.nl
Figuur 2: www.emis.vito.be
Figuur 3: zelf gemaakt
Figuur 4: www.senternovem.nl
Figuur 5: www.senternovem.nl
Figuur 6: www.senternovem.nl
Figuur 7: www.heatpumpcentre.org
Figuur 8: www.heatpumpcentre.org
Figuur 9: www.heatpumpcentre.org
Figuur 10: www.heatpumpcentre.org
Figuur 11: www.dupont.com

# 12. Bijlagen(n)

I Planning
II Handleiding
III Afkortingen en symbolen

# I Planning

| Planning kalender weken | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| KROPMAN INSTALLATIETECHNIEK *Alles in One* | Week 5 | Week 6 | Week 7 | Week 8 | Week 9 | Week10 | Week11 | Week12 | Week13 | Week14 | Week15 | Week16 | Week17 | Week18 | Week19 | Week20 |
| Plan van aanpak schrijven | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wat is een warmte pomp | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hoe werkt een warmtepomp | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Onderverdeling naar compressortype | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mogelijke combinaties met koudemiddel | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Analyse mogelijke toepassings gebieden | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Model warmte pomp | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Specificaties uitzoeken | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vergelijking maken | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Eindverslag maken | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bufferweek | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Eindverslag inleveren | | | | | | | | | | | | | | | | |

# II Handleiding

KROPMAN
INSTALLATIETECHNIEK

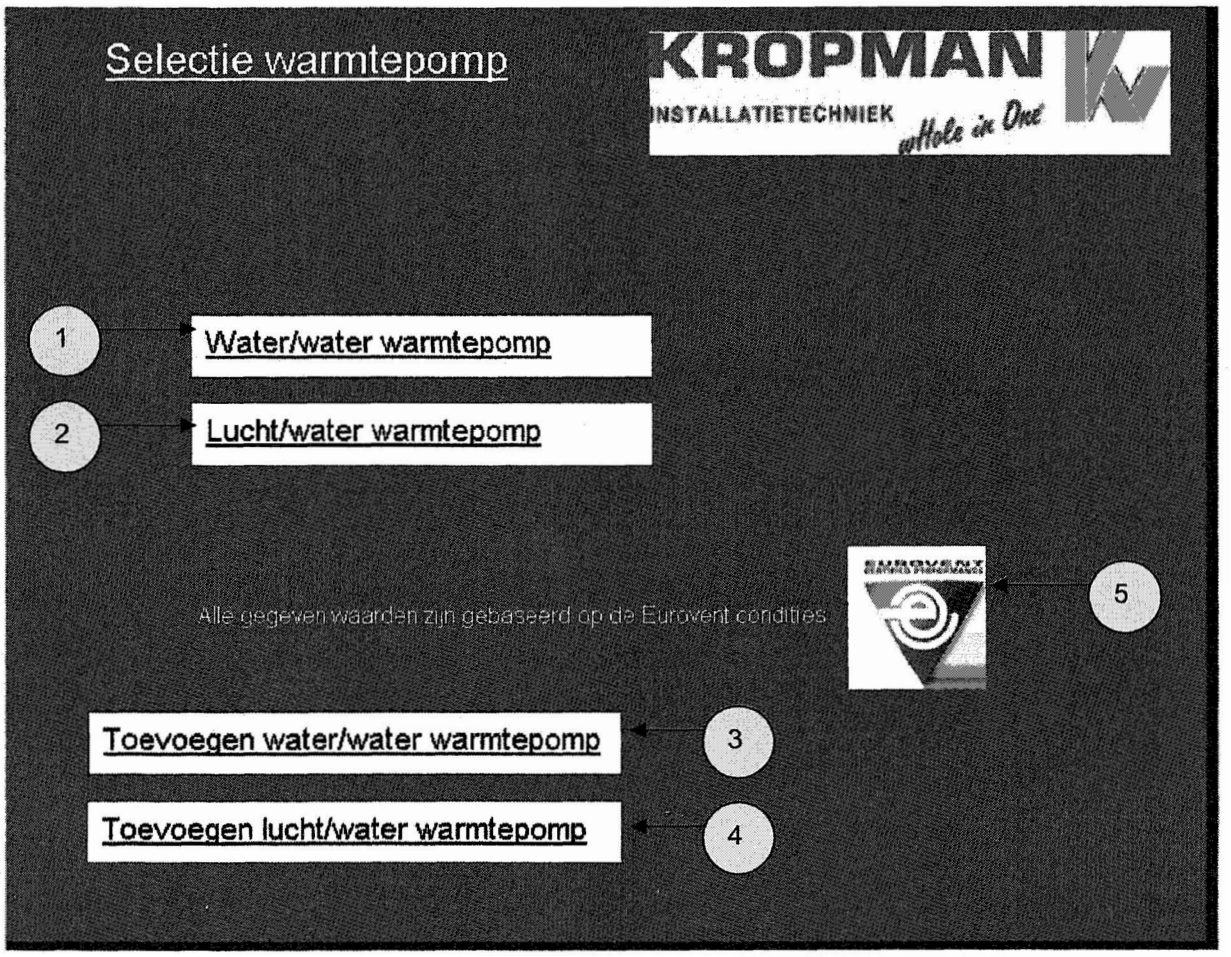
# Handleiding tbv selectie programma warmtepompen

Door: Rolf Hendriks

# Ter **Inleiding**

Deze handleiding is ter begleiding voor het programma voor de selectie van een warmtepomp. Elke sheet van het programma wordt er uitgelicht en eventueel commentaar bijgevoegd, waar nodig is. Op deze manier kom je er achter dat het niet moeilijk maar juist heel eenvoudig is om ermee te werken en dat het je flink wat tijd kan opleveren.

## Begin blad




1: Klik hier dan kies je voor een waterlwater warmtepomp.

2: Wik hier dan kies je voor een lucht/water warmtepomp.

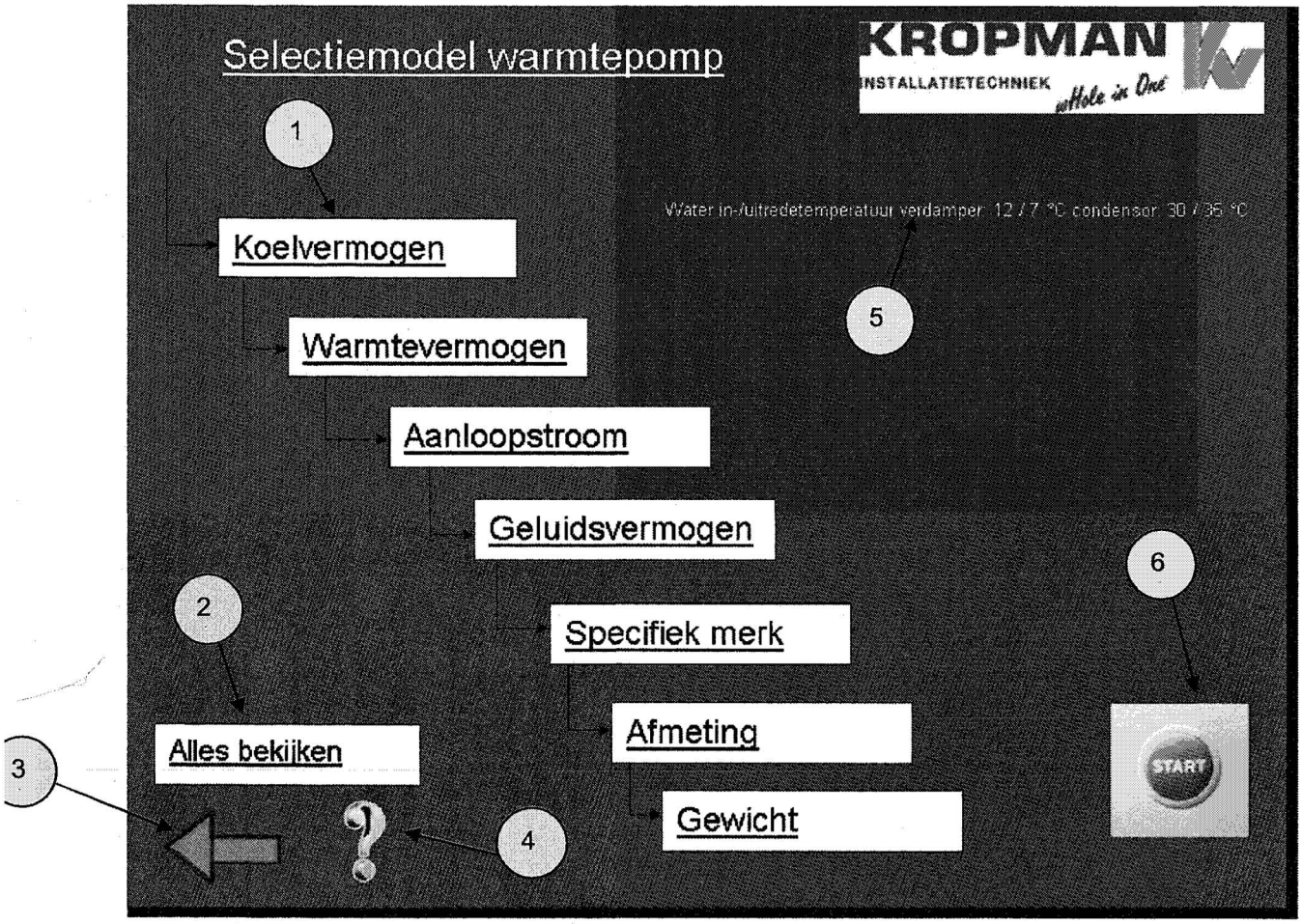
3: Klik hier voor het toevoegen van een waterlwater warmtepomp.
( Niet voor iedereen )

4: Klik hier voor het toevoegen van een lucht/water warmtepomp.
( Niet voor iedereen )

5: Klik op het logo van Eurovent en je wordt automatisch doorgelinkt naar de website.

## Blad 2

Blad 2 t/m ▮▮ zijn identiek of u nu gekozen heeft voor water/water of voor luch/water.




▮: Kijk hier voor de volgorde die langs gelopen wordt, beginnend bij koelvermogen.

2: Klik hier als u de warmtepompen wilt zien die allemaal zijn ingevoerd met hun specificaties.

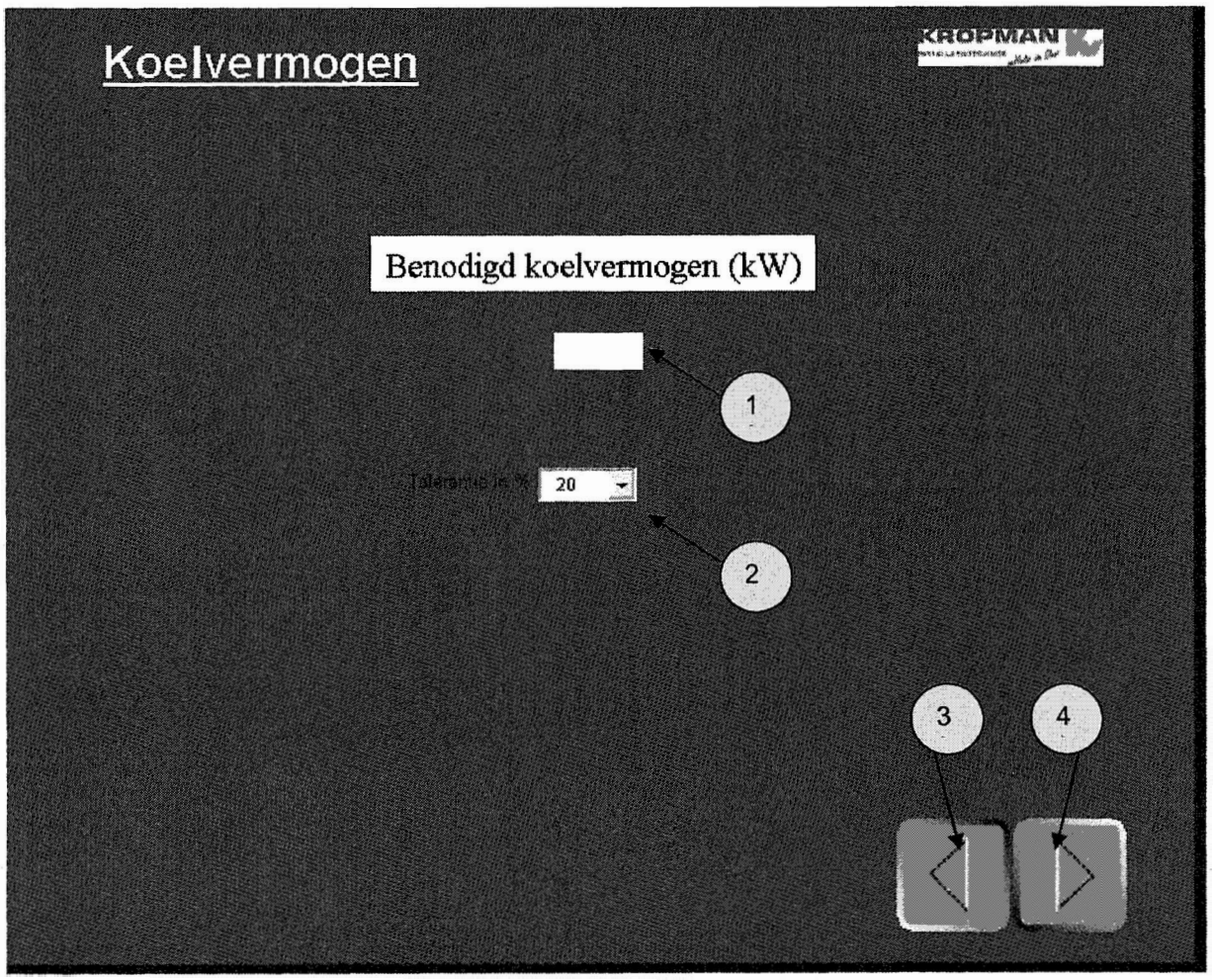
3: Klik hier als u weer terug wilt naar het beginscherm.

4: Klik hier als u naar het helpscherm wil gaan.

5: Wier staan de bestaande Eurovent condities.

6: Klik hier als u wil starten met de selectie.

## Blad 3



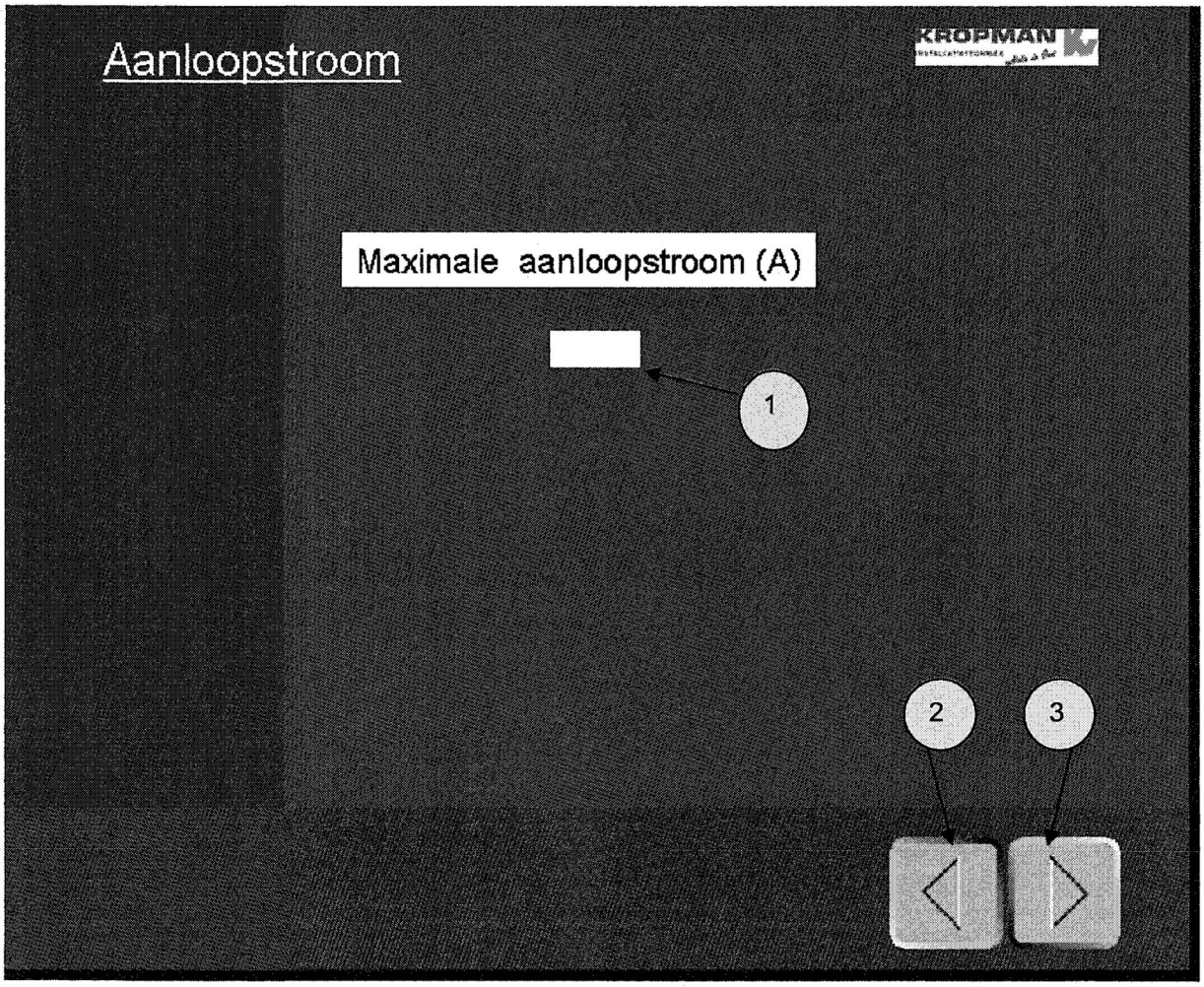

1: Vul de te zoeken waarde in, daarna druk op enter of klik ergens op het scherm met de muis Is dit niet waarop u wilt zoeken dan vult u niks in.

2: Kies een tolerantie, dit is de afwijking die aanwezig mag zijn rondom de ingevulde waarde. Dit ivm met afwijkende temperaturen van de Eurovent condities.

3: Klik hier als u terug wil naar de vorige pagina.

4: Klik hier als u verder wilt naar de volgende pagina.

Blad **4**

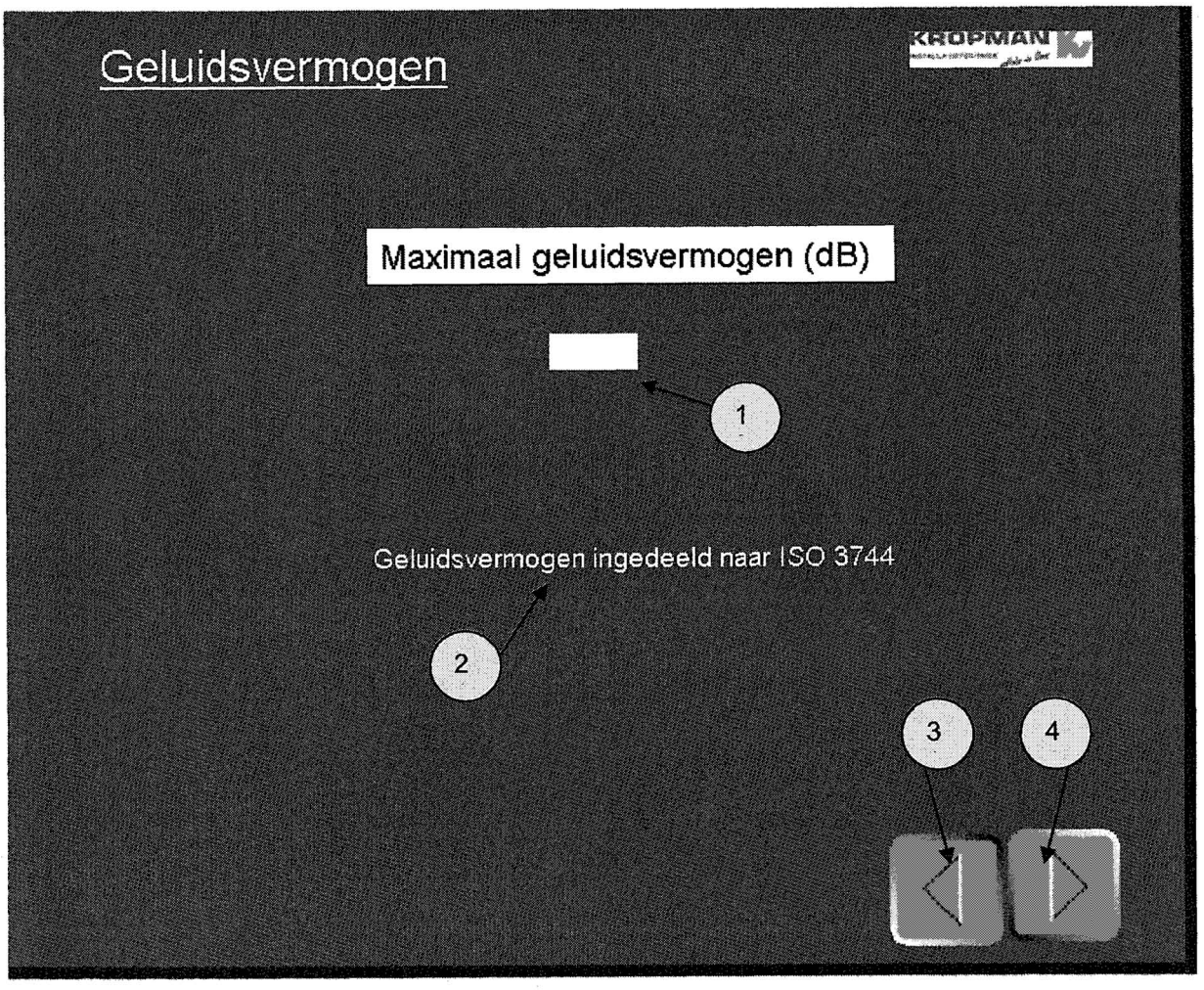



**1 :Vul hier u aanloopstroom in (A).**
**Is dit niet waarop u wilt zoeken dan vult u niks in.**

**2: Mik hier als u terug wil naar de vorige pagina.**

**3: Mik hier als u verder wilt naar de volgende pagina.**

## Blad 5



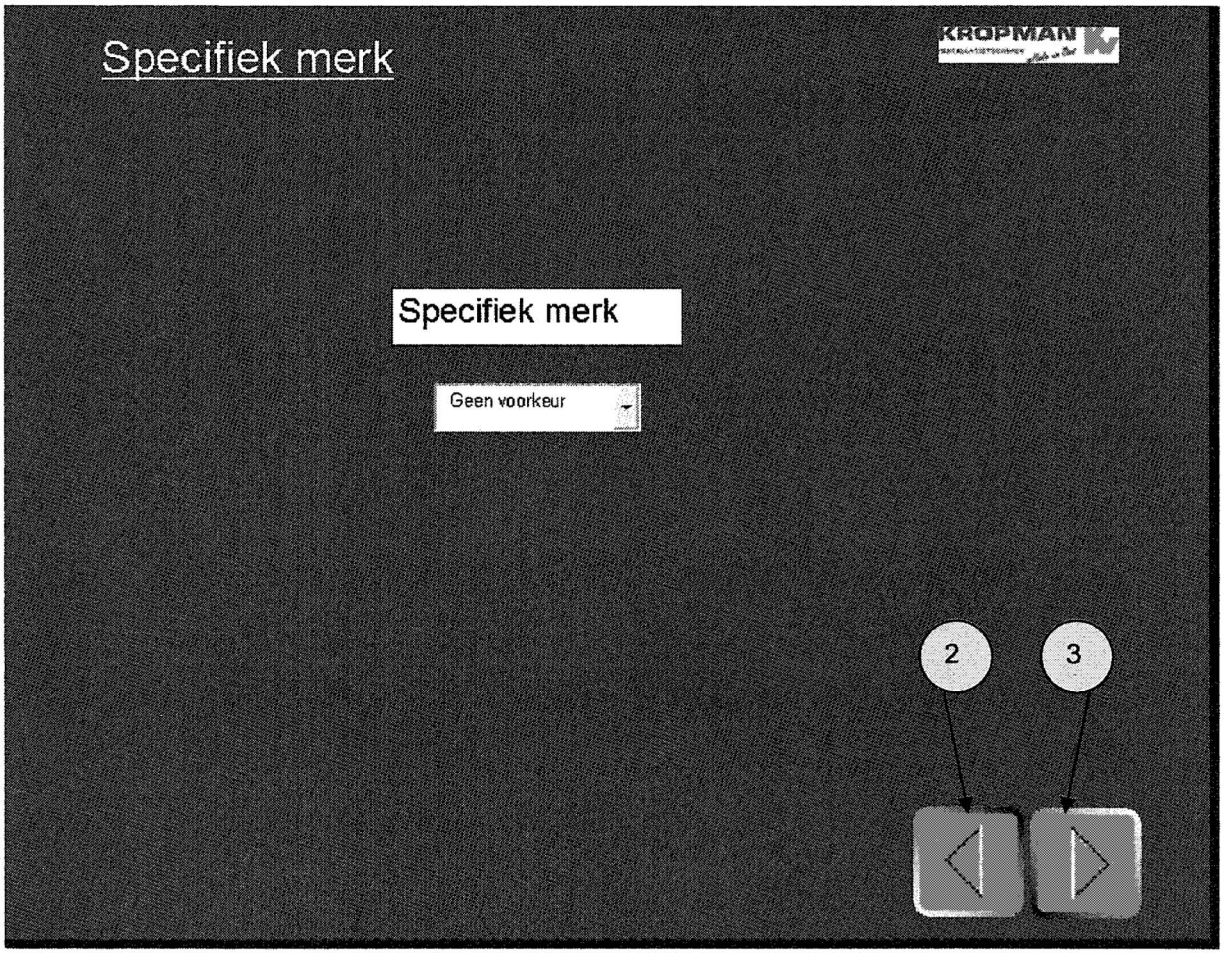

**1: Vul hier u geluidsvermogen in (dB).**
**Is dit niet waarop u wilt zoeken dan vult u niks in.**

**2: Hier staat dat het geluidsvermogen is ingedeeld naar ISO 3744.**

**3: Klik hier als u terug wil naar de vorige pagina.**

**4: Klik hier als u verder wilt naar de volgende pagina.**

## Blad *6*

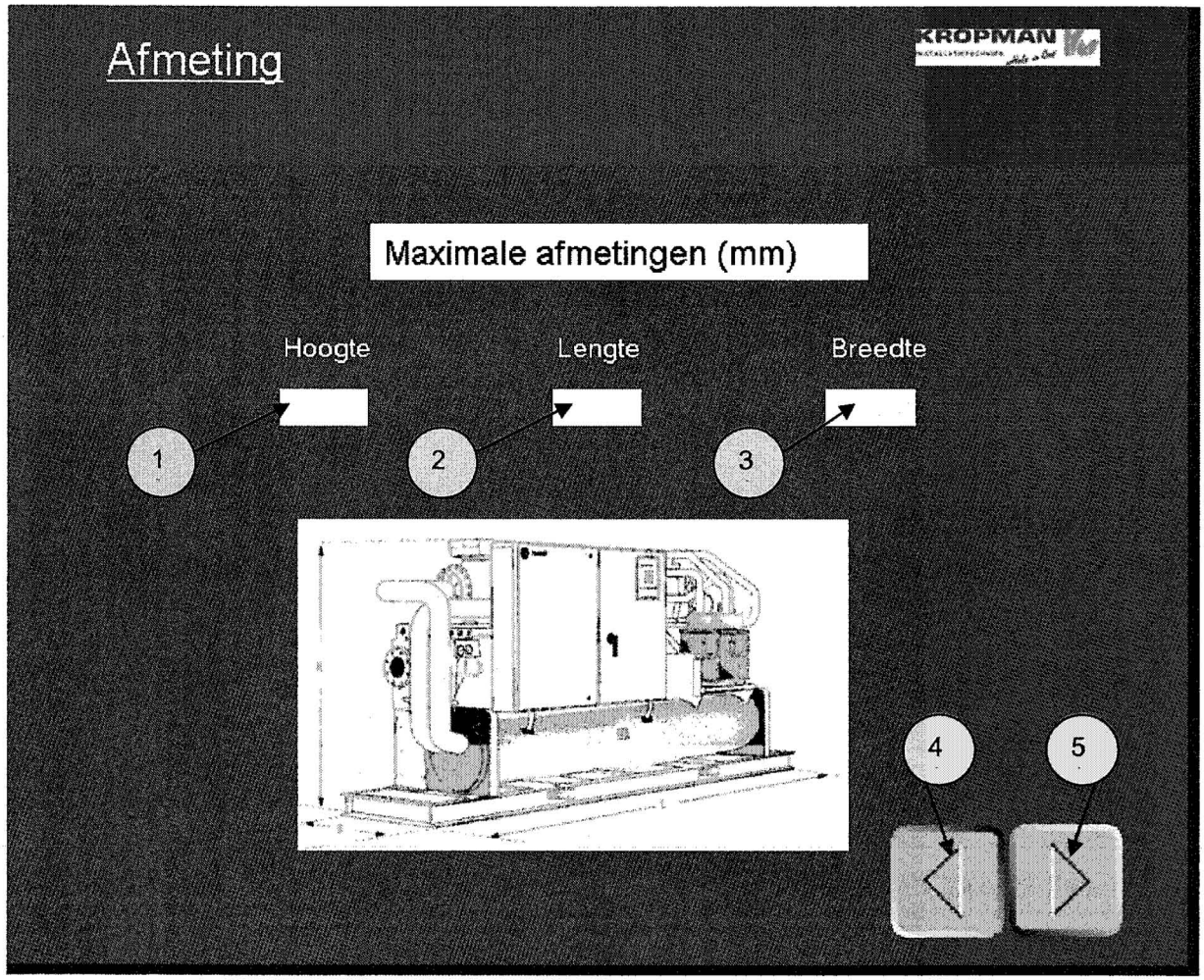



**ï :Selecteer uit het Pull-down menu een keuze.**
**Is dit niet waarop u wilt zoeken dan vult u geen voorkeur in.**

**2: Klik hier als u terug wil naar de vorige pagina.**

**3: Klik hier als u verder wilt naar de volgende pagina.**

## Blad 7




1: Vul hier de hoogte in (mm)
Is dit niet waarop u wilt zoeken dan vult u niks in.

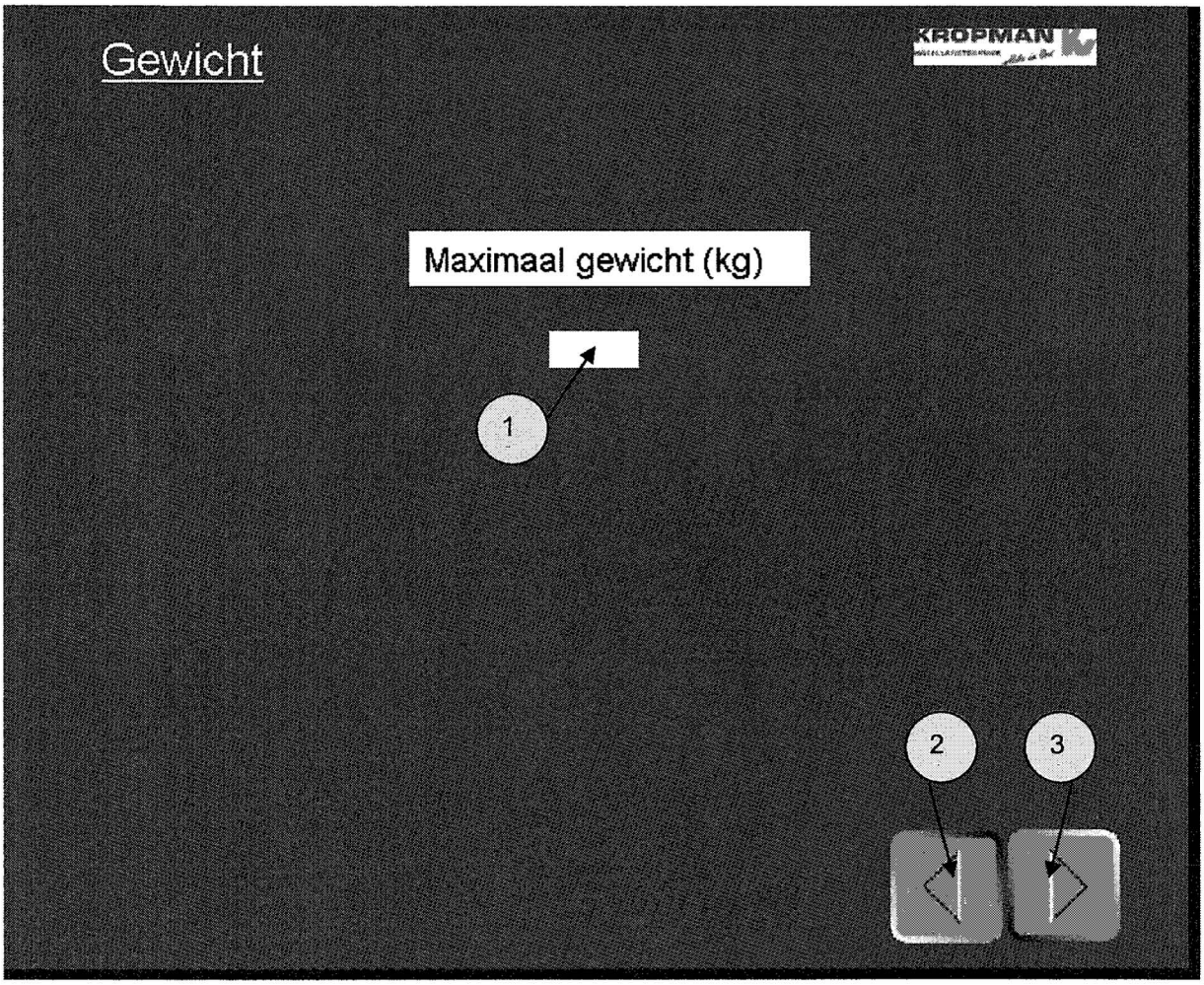
2: Vul hier de lengte in (mm)
Is dit niet waarop u wilt zoeken dan vult u niks in.

3: Vul hier de breedte in (mm)
Is dit niet waarop u wilt zoeken dan vult u niks in.

4: Klik hier als u terug wil naar de vorige pagina.

5: Mik hier als u verder wilt naar de volgende pagina.

## Blad *8*




**1: Vul hier het gewicht in (Kg).**
**Is dit niet waarop u wilt zoeken dan vult u niks in.**

**2: Klik hier als u terug wil naar de vorige pagina.**

**3: Klik hier ats u verder wilt naar de volgende pagina.**

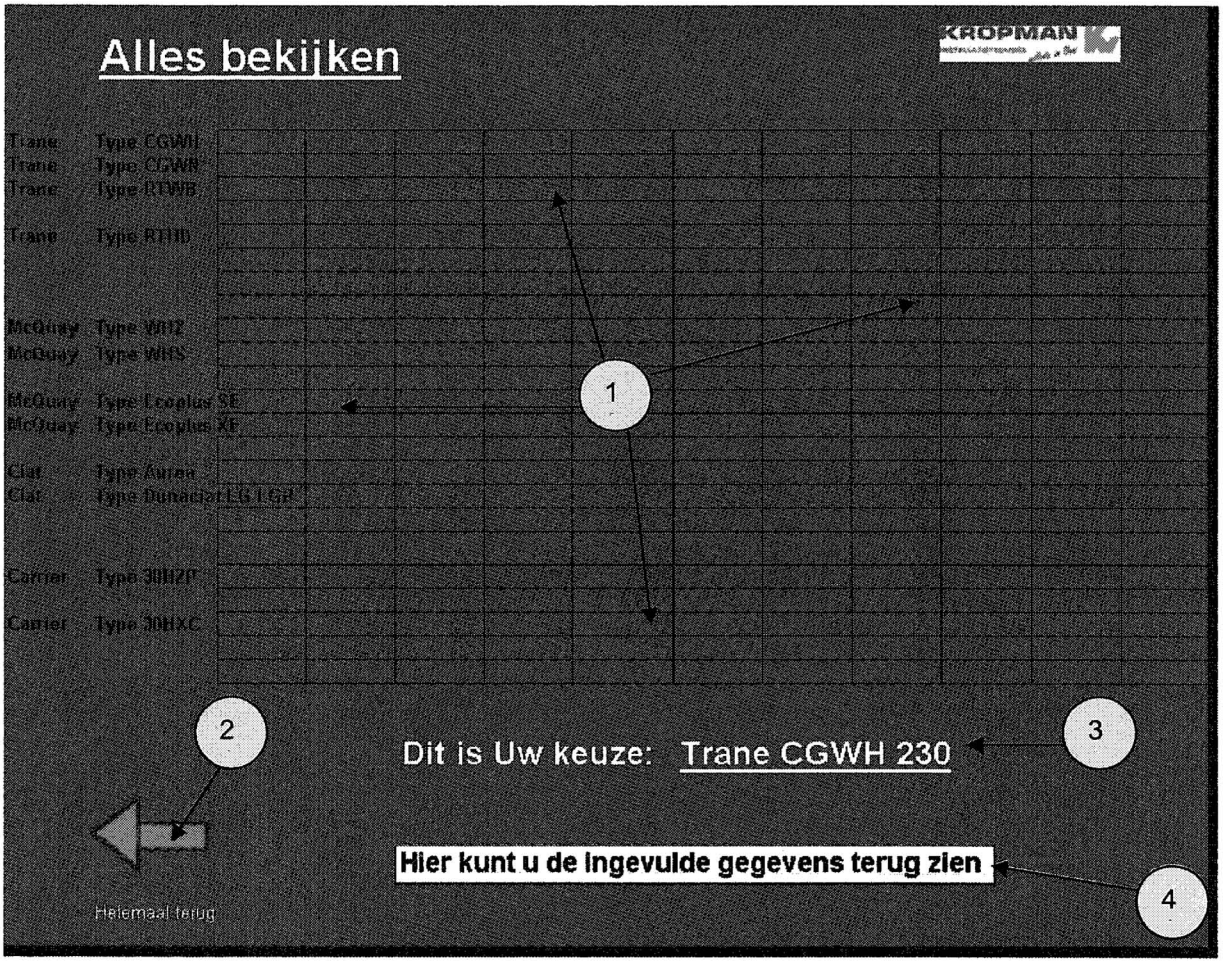
## Blad 9

**1 :Kies uit het Pull-down menu een warmtepomp die voor u is geselecteerd.**

**2: Klik op een van deze afbeeldingen om direct naar de desbetreffende website te gaan.**

**3: Klik hier om verder te gaan en de resultaten van uw keuze te zien.**

## Blad 10



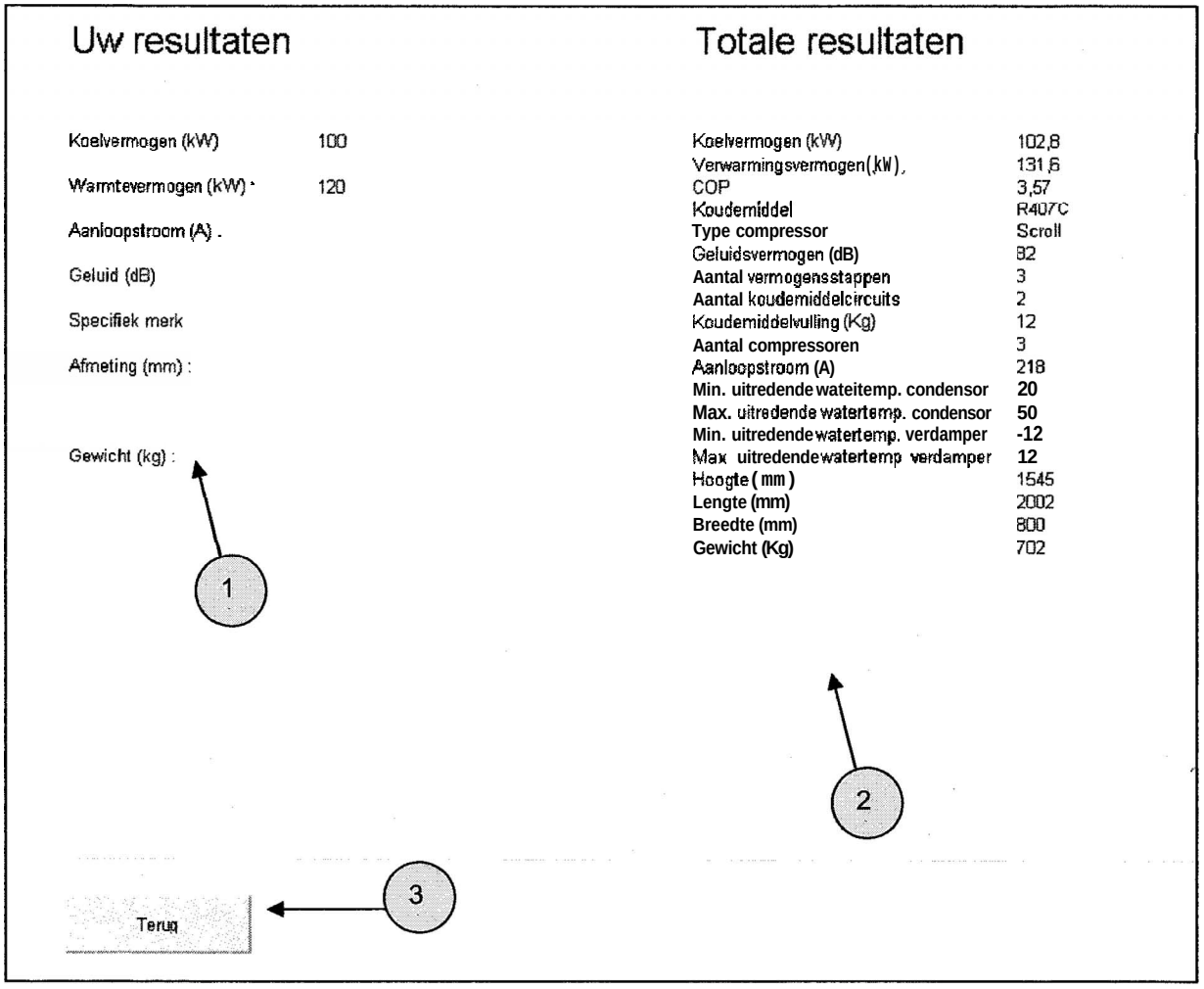

1: Klik op de blauwe typenummers om een word bestand te openen waarin alle gegevens van dat type staan.

2: Klik hier om helemaal terug te keren naar het begin

3: Hier ziet u de keuze van het vorige scherm terug, zodat u bovenstaand dezelfde kan selecteren.

4: Klik hier als u de gegevens wil zien die u heeft ingevuld en de bijbehorende gegevens van uw keuze.

## Blad 1



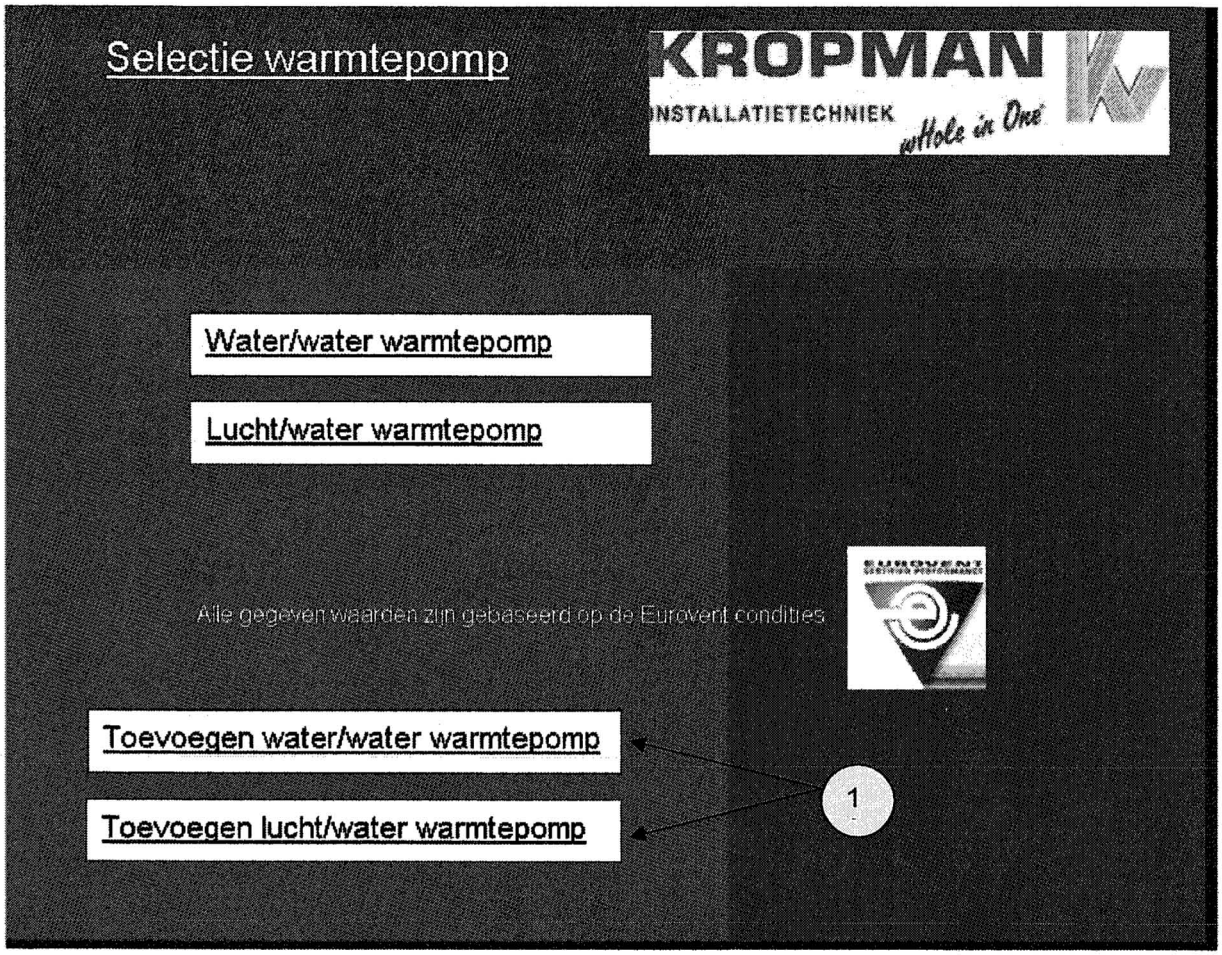

**1: Hier verschijnen uw ingevulde resultaten**

**2: Hier verschijnen de bijbehorende resultaten**

**3: Klik hier en gaat een scherm terug**

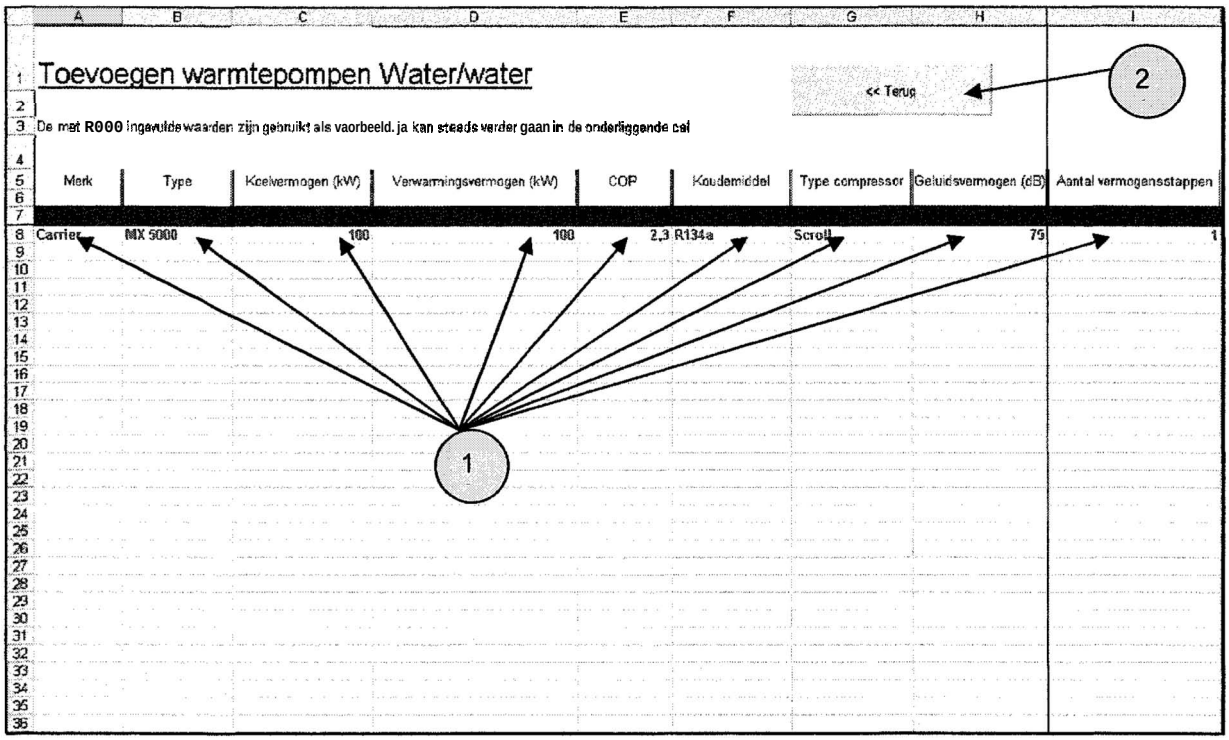
**Deze pagina's zijn ten behoeve van mensen die gegevens aan willen passen en/of toevoegen**

## Blad 1




1: Klik hier als u een bepaald type wil toevoegen

# Blad 2




**1: Vul hier de gevraagde gegevens in. De in rood aangegeven waarden dienen als voorbeeld en zullen nooit meegenomen worden in de zoekresultaten. Vergeet niet om ook nog naar rechts te scrollen om alles in te vullen.**

**2: Klik hier om weer terug te keren naar het beginscherm**

# Stel dat u formules wil aan passen dan kan dat hier

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Koelvermogen (kW) | 0 | 20 | | | | | | |
| 2 | Verwarmingsvermogen (kW) | 0 | 20 | | | | | | |
| 3 | Geluidsvermogen (dB) | 0 | 2 | | | | | | |
| 4 | Aanloopstroom (A) | 0 | 2 | | | | | | |
| 5 | Hoogte (mm) | 0 | 5 | | | | | | |
| 6 | Lengte (mm) | 0 | 5 | | | | | | |
| 7 | Breedte (mm) | 0 | 5 | | | | | | |
| 8 | Gewicht (Kg) | 0 | 10 | | | | | | |
| 9 | specifiek merk | Trane | | | | Koelvermogen (kW) | Verwarmingsvermogen (kW) | COP | Koudemiddel |
| 10 | | | Tolerantie: | | | 20 | 20 | | |
| 11 | | | INVOER | Trane | | 0 | 0 | | |
| 12 | 1 | | | Trane | CGWH 115 | 51,1 | 65,9 | 3,52 | R407C |
| 13 | 2 | | | Trane | CGWH 120 | 64,1 | 82,4 | 3,51 | R407C |
| 14 | 3 | 3 | WAAR | Trane | CGWH 125 | 77 | 99,1 | 3,49 | R407C |
| 15 | 4 | 4 | WAAR | Trane | CGWH 225 | 90,7 | 115,8 | 3,61 | R407C |
| 16 | 5 | 5 | WAAR | Trane | CGWH 230 | 102,8 | 131,6 | 3,57 | R407C |
| 17 | 6 | 6 | WAAR | Trane | CGWH 235 | 115,9 | 148,1 | 3,6 | R407C |
| 18 | 7 | 7 | WAAR | Trane | CGWH 240 | 127,2 | 163,2 | 3,53 | R407C |
| 19 | 8 | 8 | WAAR | Trane | CGWH 250 | 154,5 | 197,5 | 3,59 | R407C |
| 20 | 9 | 9 | WAAR | Trane | CGWN 205 | 179 | 222 | 4,2 | R407C |
| 21 | 10 | 10 | WAAR | Trane | CGWN 206 | 207 | 256 | 4,2 | R407C |
| 22 | 11 | 11 | WAAR | Trane | CGWN 207 | 232 | 288 | 4,2 | R407C |
| 23 | 12 | 12 | WAAR | Trane | CGWN 208 | 260 | 322 | 4,2 | R407C |
| 24 | 13 | 13 | WAAR | Trane | CGWN 209 | 285 | 354 | 4,2 | R407C |
| 25 | 14 | 14 | WAAR | Trane | CGWN 210 | 317 | 393 | 4,2 | R407C |
| 26 | 15 | 15 | WAAR | Trane | CGWN 211 | 347 | 431 | 4,2 | R407C |
| 27 | 16 | 16 | WAAR | Trane | RTWB 207 | 215 | 263 | 4,4 | R134a |
| 28 | 17 | 17 | WAAR | Trane | RTWB 208 | 251 | 309 | 4,4 | R134a |
| 29 | 18 | 18 | WAAR | Trane | RTWB 210 | 320 | 397 | 4,2 | R134a |
| 30 | 19 | 19 | WAAR | Trane | RTWB 211 | 338 | 420 | 4,1 | R134a |
| 31 | 20 | 20 | WAAR | Trane | RTWB 212 | 362 | 449 | 4,1 | R134a |
| 32 | 21 | 21 | WAAR | Trane | RTWB 214 | 435 | 535 | 4,4 | R134a |
| 33 | 22 | 22 | WAAR | Trane | RTWB 216 | 472 | 582 | 4,3 | R134a |
| 34 | 23 | 23 | WAAR | Trane | RTWB 217 | 508 | 629 | 4,2 | R134a |
| 35 | 24 | 24 | WAAR | Trane | RTWB 218 | 553 | 687 | 4,1 | R134a |
| 36 | 25 | 25 | WAAR | Trane | RTWB 220 | 600 | 751 | 4 | R134a |
| 37 | 26 | 26 | WAAR | Trane | RTWB 222 | 693 | 867 | 4 | R134a |
| 38 | 27 | 27 | WAAR | Trane | RTWB 224 | 749 | 941 | 3,9 | R134a |
| 39 | 28 | 28 | WAAR | Trane | RTHD B1/B1/B1 | 540,1 | 635,6 | 5,7 | R134a |
| 40 | 29 | 29 | WAAR | Trane | RTHD B1/C1/D1 | 560,5 | 654,9 | 5,9 | R134a |
| 41 | 30 | 30 | WAAR | Trane | RTHD B2/B1/B1 | 589,3 | 694,1 | 5,8 | R134a |
| 42 | 31 | 31 | WAAR | Trane | RTHD B2/C1/D1 | 611,4 | 714,5 | 5,9 | R134a |

Bij de tabbladen lucht uitkomsten en water uitkomsten word alles berekend. Pas op dat je hier zorgvuldig omgaat met de formules.

1: Bij kolom B tot **B9** komen de ingevulde waarden te staan van de gebruiker

2: Bij kolom C1 tot C9 staan de afwijkende toleranties die kun je hier aanpassen. Want alleen bij het koel en warmtevermogen wordt er aan de gebruiker gevraagd wat dat mag zijn. Bij de andere is dat standaard. En staat dus hier. Voor de makkelijkheid komt het nog een keer terug in de met licht geel gearceerde cellen.

De toleranties van het warmte en koelvermogen kun je verkleinen of vergroten. De tolerantiecijfers staan rechts naast het blad koel- en warmtevermogen en het resultaat is blauw gearceerd. Daar kun je die waarde aanpassen.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | J |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 190 | | 179 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | lal | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 192 | | r a | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 193 | | 182 | ONWAAR | 0 | | a | 0 | n | 0 |
| 194 | | 183 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 195 | | 184 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | a | 0 |
| 196 | | 185 | ONWAAR | 0 | | n | 0 | a | 0 |
| 197 | | 186 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 198 | | 187 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | a | 0 |
| 199 | | 188 | ONWAAR | 0 | | 0 | n | 0 | 0 |
| 200 | | 189 | ONWAAR | 0 | | 0 | a | D | 0 |
| 201 | | 190 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 202 | | 191 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 203 | | 192 | ONWAAR | 0 | | a | 3 | n | 0 |
| 204 | | 193 | ONWAAR | 0 | | C | 3 | 0 | a |
| 205 | | 194 | ONWAAR | 0 | | | 0 | 0 | 0 |
| 206 | | 1% | ONWAAR | 0 | | C | 0 | 0 | 0 |
| 207 | | 196 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 208 | | 197 | ONWAAR | 0 | | | 0 | 0 | n |
| 209 | | 198 | ONWAAR | 0 | | | D | Q | 0 |
| 210 | | 199 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | U | 0 |
| 211 | | 200 | ONWAAR | 0 | | C | D | U | 0 |
| 212 | | 201 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | a | D |
| 213 | | 202 | ONWAAR | 0 | | a | 0 | 0 | P |
| 114 | | 203 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | P | 0 |
| 215 | | 204 | ONWAAR | 0 | | 6 | a | 0 | 0 |
| 216 | | 205 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | G | 0 |
| | | 206 | ONWAAR | 0 | | 0 | a | P | 0 |
| 218 | | 207 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 219 | | 208 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | C | 0 |
| 220 | | 209 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 221 | | 210 | ONWAAR | 0 | | B | 0 | C | 3 |
| 222 | | 211 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | C | D |
| m | | 212 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | C | 3 |
| 224 | | 213 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | 0 | J |
| 225 | | 314 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | G | D |
| 226 | | 215 | ONWAAR | 0 | | 0 | D | 0 | 0 |
| 227 | | 216 | ONWAAR | 0 | | C | 0 | 0 | 3 |
| 2a | | 217 | ONWAAR | 0 | | 0 | 0 | 0 | D |
| 229 | | 218 | ONWAAR | 0 | | 0 | I | 0 | 0 |

Als er nog geen warmtepomp is toegevoegd staan er allemaal nullen als waarden. **Deze** worden dan **dus** ook overgeslagen. Die worden automatisch aangepast als er iets wordt ingevoerd. Dit kan nog tot nummer 862.
Stel dat je er meer hebt dan kun je deze cellen gewoon door trekken tot het **aantal** dat je wil hebben.
Vergeet niet dat je dat **ook** moet doen op het toevoegblad. Want ze zitten aan elkaar gelinkt.
De formule is nu:

=ALS(EN(OF($D$11=D862;$D$11="Geen Voorkeur");OF($F$11=0;EN($F$11>(F862*(1-($F$10/100)));$F$11<(F862*(1+($F$10/100)))));OF($G$11=0;EN($G$11>(G862*(1-($G$10/100)));$G$11<(G862*(1+($G$10/100)))));OF($K$11=0;EN($K$11>(K862*(1-($K$10/100)));$K$11<(K862*(1+($K$10/100)))));OF($P$11=0;EN($P$11>(P862*(1-($P$10/100)));$P$11<P862*(1+($P$10/100))));OF($U$11=0;EN($U$11>(U862*(1-($U$10/100)));$U$11<U862*(1+($U$10/100))));OF($V$11=0;EN($V$11>(V862*(1-($V$10/100)));$V$11<V862*(1+($V$10/100))));OF($W$11=0;EN($W$11>(W862*(1-($W$10/100)));$W$11<W862*(1+($W$10/100))));OF($X$11=0;EN($X$11>(X862*(1-($X$10/100)));$X$11<X862*(1+($X$10/100)))));WAAR;ONWAAR)

Als je over de 862 heen gaat moet je hier de 862 aanpassen naar het getal waar je heen wil.
Dan kun je de cel weer doortrekken.

De uiteindelijke selectie vind daaronder plaats. Zie afbeelding hieronder

| | | | | Koelvermogen (kW) | Verwarmingsvermogen (kW) | COP | Koelmiddel | Type compressor | Geluidsvermog | Aantal vermogensst |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 865 | 1 | Trane | CGWH 115 | 51,1 | 65,9 | 3,52 | R407C | Scroll | 75 | 2 |
| 866 | 2 | Trane | CGWH 120 | 64,1 | 82,4 | 3,51 | R407C | Scroll | 79 | 2 |
| 867 | 3 | Trane | CGWH 125 | 77 | 99,1 | 3,49 | R407C | krol | W | 2 |
| 868 | 4 | Trane | CGWH 225 | 90,7 | 115,9 | 3,61 | R407C | krot | 81 | 3 |
| 869 | 5 | Trane | CGWH 230 | 102,8 | 131,6 | 3,57 | R407C | krol | 82 | 3 |
| 870 | 6 | Trane | CGWH 235 | 115,9 | 148,1 | 3,6 | R407C | krol | 83 | 3 |
| 871 | 7 | Trane | CGWH 240 | 127,2 | 163,2 | | R407C | krol | P | 4 |
| 872 | 8 | Trane | CGWH 250 | 154,5 | 197,5 | 3,59 | R407C | krol | 84 | 4 |
| 873 | 9 | Trane | CGWH 205 | 179 | 222 | 4,2 | R407C | Scroll | 85 | 4 |
| 874 | 10 | Trane | CGWH 206 | 207 | 256 | 4,2 | R407C | Scroll | 86 | 4 |
| 875 | 11 | Trane | CGWH 207 | 232 | 288 | 4,2 | R407C | krot | 88 | 4 |
| 876 | 12 | Trane | CGWH 208 | 260 | 322 | 4,2 | R407C | Scroll | 89 | 6 |
| 877 | 13 | Trane | CGWH 209 | 285 | 354 | 4,2 | R407C | Scroll | 89 | 4 |
| 878 | 14 | Trane | CGWH 210 | 317 | 393 | 4,2 | R407C | Scroll | 90 | 6 |
| 879 | 15 | Trane | CGWH 211 | 347 | 431 | 4,2 | R407C | Scroll | 90 | 4 |

Er worden nu maximaal 15 bijpassende resultaten getoond. Vijftien of meer zal toch nooit of zelden voorkomen.
Stel dat je over nummer 862 heen gaat komen dan moet je hier de formules aanpassen.

Nu is de formule:

=ALS(ISFOUT(ZOEKEN($A$865;$B$12:$B$862;E12:E862));"";ZOEKEN($A$865;$B$12:$B$862;E12:E862))

En moet je nummer 862 vervangen door het nieuwe nummer. En de cel weer doortrekken.

# III Afkortingen en symbolen

## Svmbolen. indices en afkortingen

| *Symbool* | *Naam* | *Eenheid* |
|---|---|---|
| A | oppervlakte | $m^2$ |
| Á | carnotrendement | - |
| B | breedte | m |
| G | vochtproductie | kg/s |
| H | hoogte | m |
| I | (meer) investering | € |
| L | lengte | m |
| N | aantal | - |
| P | vermogen | W |
| Q | hoeveelheid warmte | J |
| T | thermodynamische temperatuur | K |
| V | volume | $m^3$ |
| c | soortelijke warmte | J/(kg.K) |
| d | dekkingsgraad | - |
| h | enthalpie | kJ/kg |
| i | investering | €/kW |
| f | warmtepompaandeel | kW/kW |
| n | aantal | - |
| p | druk | Pa |
| p | reële rente | - |
| r | interne rentevoet | - |
| t | tijd | s, min, h |
| $q_v$ | volumestroom, volumedebiet | $m^3/s$ |
| x | absolute vochtigheid | kg/kg |
| Θ | celciustemperatuur | °C |
| $\phi$ | relatieve vochtigheid | % |
| ρ | (massa) dichtheid | kg/ $m^3$ |
| η | rendement | - |

***Indices***

| | |
|---|---|
| aandr | aandrijf |
| abs | absorber |
| aeq | aardgasequivalent |
| add | additioneel |
| buf | buffer |
| c | compressor |
| ce | centrale |
| cond | condensor |
| cv | centrale verwarming |
| e | extern |
| el | electrisch |
| elm | electromotor |
| eq | equivalent |
| gem | gemiddeld |
| gkw | gekoeld water |
| | grondwater |
| h | hulp |
| i | intern/ideaal/teller |
| in | intrede |
| ket | ketel |
| koel | koeling |

| | |
|---|---|
| m | mechanisch |
| min | minimum |
| max | maximum |
| ontw | ontwerp |
| opw | opwekking |
| pres | prestatie |
| prim | primair |
| rec | recirculatie |
| ref | referentie |
| s | systeem |
| stook | stookseizoen |
| tap | tapwater |
| th | thermisch |
| tot | totaal |
| v | voelbaar |
| verd | verdamper |
| Verw | verwarming |
| w | water |
| wb | warmtebron |
| wp | warmtepomp |
| wtw | warmteterugwinning |

***Afkortingen***

| | |
|---|---|
| AWP | absorptiewarmtepomp |
| BVO | bruto vloeroppervlakte |
| CFK | (volledig gechloreerde) chloor-fluorkoolwaterstoffen |
| COP | coefficient of performance |
| CR | conventioneel rendement |
| DO | definitief ontwerp |
| EWP | elektrische warmtepomp |
| GWP | global warming potential |
| GMWP | gasmotor warmtepomp |
| HCFK | (onvolledige gechloreerde) chloor-fluorkoolwaterstoffen |
| HD | hoge druk |
| HFK | niet gechloreerde fluorkoolwaterstoffen |
| HR | hoog rendement |
| KB | kostenbesparing |
| LD | lage druk |
| LT-opslag | lange termijn opslag |
| NCW | netto constante waarde |
| ODP | ozone depletion potential |
| PER | primary energy ratio |
| PvE | programma van eisen |
| SO | structuur ontwerp |
| RW | restwaarde |
| SPF | seasonal performance factor |
| VO | voorontwerp |
| VR | verbeterd rendement |
| WKK | warmte-krachtkoppeling |