

Laagwaardige verwarmingssystemen voor een maximale benutting van geothermie

Feije de Zwart
Onderzoeker kasklimaat en energie



Goede middag,

Ik ben Feije de Zwart en werk als onderzoeker kasklimaat en energie bij Wageningen UR glastuinbouw.

Mijn voornaamste taak is de ontwikkeling en onderhoud van simulatiemodellen die kunnen voorspellen hoe het kasklimaat verandert (dat kan een verbetering of een verslechtering zijn) als er andere systemen voor de verwarming, koeling, vochtbeheersing of belichting worden gebruikt dan de gangbare systemen.

Het gaat daarbij niet alleen om de systemen in de kas, maar ook om de installaties in het ketelhuis. Dus: hoe past een warmtepomp, een WKK-installatie, een brandstofcel en al die dingen meer in het moderne tuinbouwbedrijf.

Temperatuurverschil en debiet bepalen vermogen

Vuistregel: kW m^3/uur $^{\circ}\text{C}$

Vermogen = debiet $\times \Delta T$ (grof)

$\times 1.16$ (precies)

Geothermie valt ook onder de nieuwe technieken die de tuinbouw zou kunnen inzetten om kassen te kunnen. Uiteraard is het grootste voordeel van Geothermie dat het een duurzame bron is die via concessies 'onbeperkt' onder het eigen grondoppervlak vandaan gehaald wordt. Tuinbouwbedrijven worden dan minder afhankelijk van hun omgeving en van grillige veranderingen op de energiemarkt.

Dit klinkt heel erg mooi, maar in de praktijk zitten er nogal wat haken en ogen aan. Dit komt doordat de tuinbouw niet alleen warmte nodig heeft, maar ook CO₂ en elektriciteit. De 'oplossingsrichting geothermie' heeft dan ook in de WKK een geduchte concurrent.

In deze regio wordt er dan ook uitgegaan van een combinatie van WKK en geothermie.

De bijdrage die geothermie in de dekking van de warmtevraag kan leveren is afhankelijk van de verwarmingscapaciteit van de bron en die wordt bepaald door het debiet en de uitkoeling van het water.

Als je het thermisch vermogen voor de vuist weg wil berekenen is het vermogen in kW het product van waterdebiet (in m³/uur) en temperatuurverschil. Als je dit product met 1.16 vermenigvuldigt heb je het precieze verwarmingsvermogen.

Kas-installatie bepaalt de uitkoeling

- Scheidingswisselaar
- Verwarmend Oppervlak van de buizen (VO)
- Kaslucht temperatuur
- Warmtepomp



Het gaat dus om de uitkoeling die de kas weet te bewerkstelligen en die uitkoeling wordt bepaald door de bovenstaande 4 zaken.

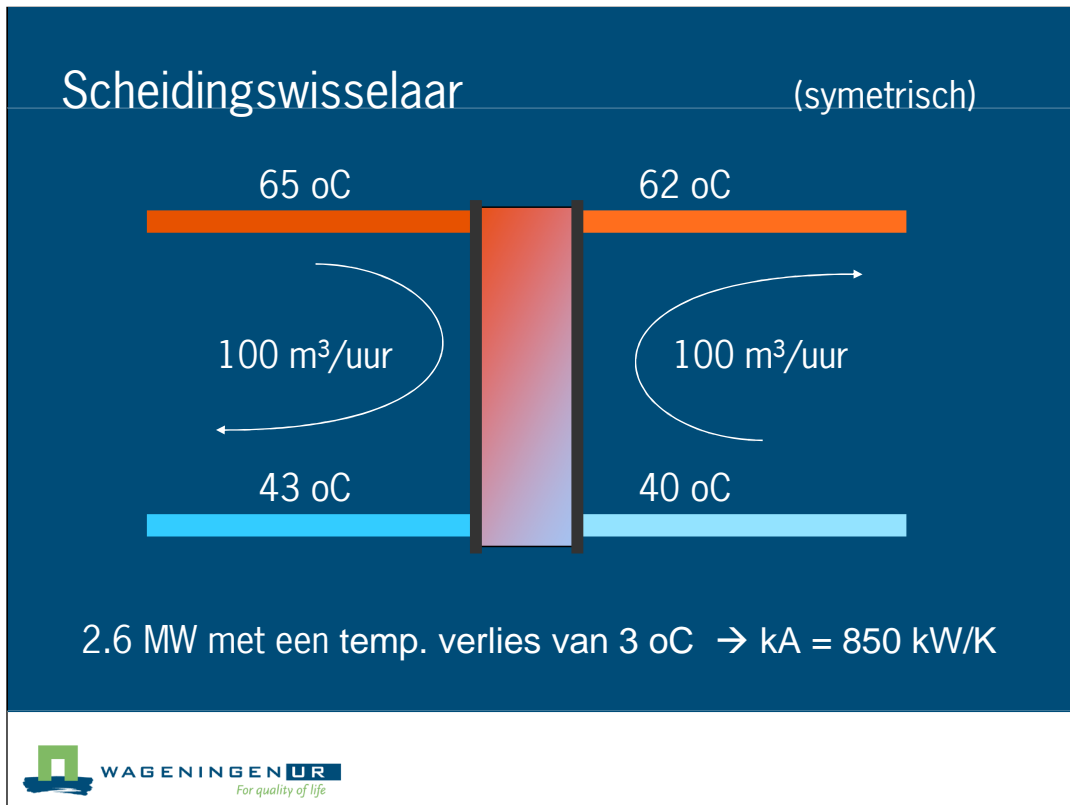
In de eerste plaats hebben we te maken met een scheidingswisselaar die het vaak agressieve geothermische water moet scheiden van het water dat door de verwarmingsbuizen stroomt.

Verder ga ik in op de bijdrage die het kasverwarmingssysteem kan leveren (hoe meer buizen of hoe groter de buizen, hoe lager de retourtemperatuur)

Uiteraard zijn alle temperaturen die in een verwarmingssysteem een rol spelen afhankelijk van de gewenste kasluchttemperatuur. Als die een graad omhoog gaat gaan alle temperaturen meer dan een graad omhoog. Ze gaan meer dan een graad omhoog omdat bij een hogere kasluchttemperatuur het gevraagde vermogen toeneemt.

Om dezelfde reden gaat bij een graad verlaging van de kasluchttemperatuur de retourtemperatuur meer dan een graad naar beneden.

Tenslotte presenteer ik nog een tweetal sheets rondom de warmtepomp

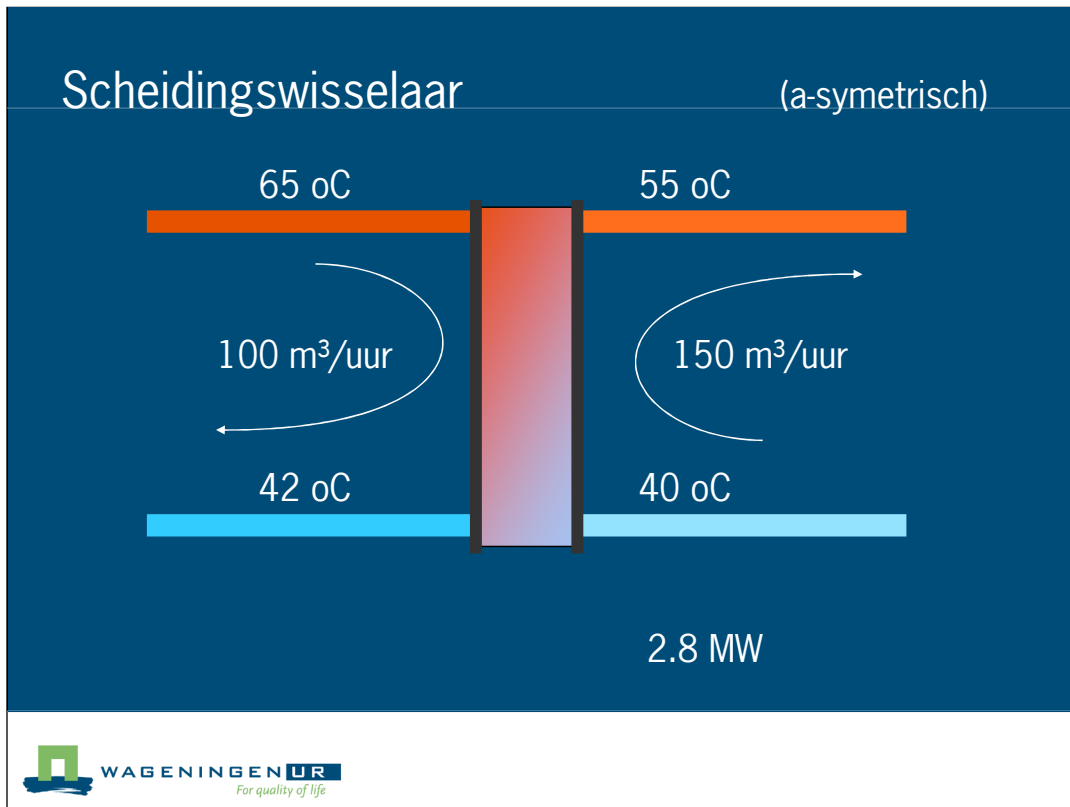


De gebruikelijke scheidingswisselaar is een platenwisselaar waarover het water in tegenstroom warmte uitwisselt.

Als de waterstromen links en rechts gelijk zijn dan is het temperatuurverlies aan de warme en aan de koude zijde ook gelijk.

In bovenstaande plaatje is dat 3 °C. Er wordt in dit plaatje 2.6 MW aan warmte uitgewisseld. De warmteoverdrachtscapaciteit van een warmtewisselaar wordt in een kA waarde uitgedrukt en dat is simpelweg de warmteoverdracht gedeeld door het temperatuurverlies, dus hier 850 kW/K.

In het tuinbouwcluster Bergerden bleek dat leveranciers van platenwisselaars nogal eens te optimistisch zijn over de kA -waarde van hun wisselaars dus: wees gewaarschuwd.

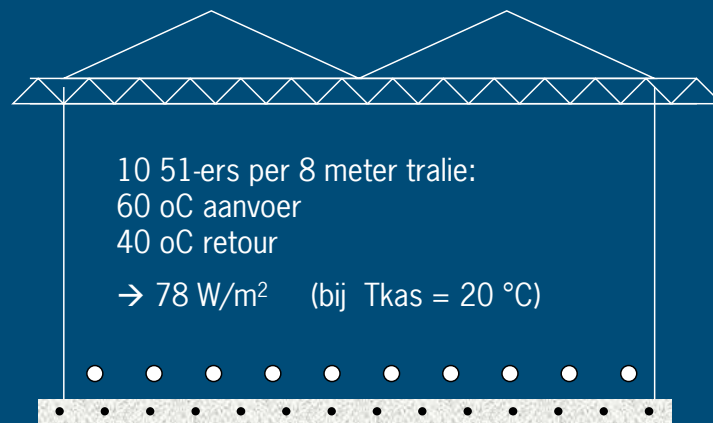


Een mogelijkheid om de temperatuur waarmee water naar de bron wordt teruggebracht nog wat verder te verlagen is om het water aan kas-zijde harder te laten stromen dan het water aan de bron-zijde.

De verbetering van de uitkoeling is daarbij echter slechts beperkt en het is te zien dat de aanvoertemperatuur van het water bij de tuinders hierdoor behoorlijk daalt.

Met andere woorden: De bron gaat iets meer vermogen leveren, maar het is moeilijker om dat vermogen in de kas te krijgen.

Verwarmingssysteem



In serie: aanvoer 60 oC, retour 27 oC, 128 W/m²

Betonvloer:
35 oC aanvoer
25 oC retour

→ 50 W/m²



Even een paar richtgetallen.

Een standaard verwarmingsnet van 51-ers kan tegenwoordig door het gebruik van frequentie-geregelde pompen gemakkelijk zo geregeld worden dat de retourtemperatuur op 40 °C gehouden kan worden. Bij een aanvoertemperatuur van 60 °C en bij een kasluchttemperatuur van 20 °C geeft zo'n net 80 W/m² af en dat is genoeg om bij gebruik van een goed scherm een temperatuurverschil van 20 °C tussen binnen en buiten te overbruggen.

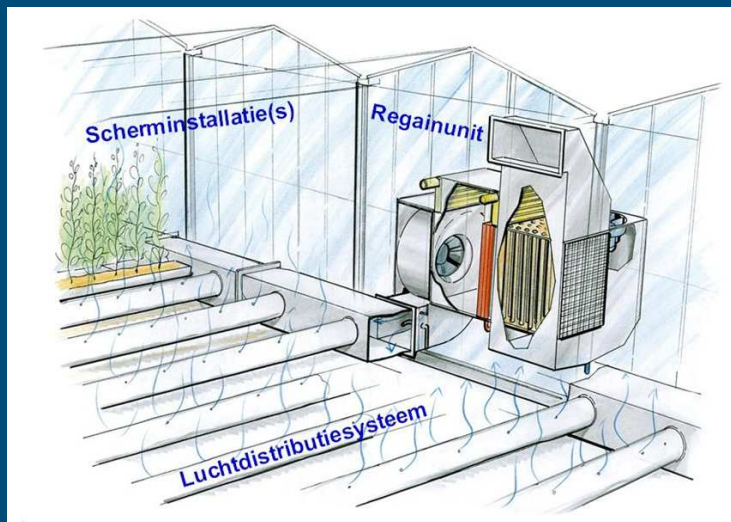
(Zakt de kasluchttemperatuur naar 16 °C dan levert zo'n net bij deze temperaturen 90 W/m² en kan de kas tot -6 op 16 °C blijven.)

Als er een betonvloerverwarmingsnet in serie met de gewone buizen wordt geplaatst dan komt er zo'n 50 W/m² verwarmingsvermogen bij. Het water uit de betonvloer is dan ongeveer 25 °C, maar doordat er meer m³ door de buisrail stroomt dan door de betonvloer is de gemiddelde retourwatertemperatuur uit de tuin toch wat hoger dan die 25 °C, namelijk 27 °C.

Belangrijkste conclusie:

Het is best mogelijk om allerlei extra uitkoelende systemen op de retour van het buisverwarmingsnet te zetten, maar als die minder m³ water uitkoelen dan het buisnet komt de uiteindelijke retourtemperatuur weer wat hoger te liggen dan die van die koudste netten.

Luchtbehandelingskasten helpen ook



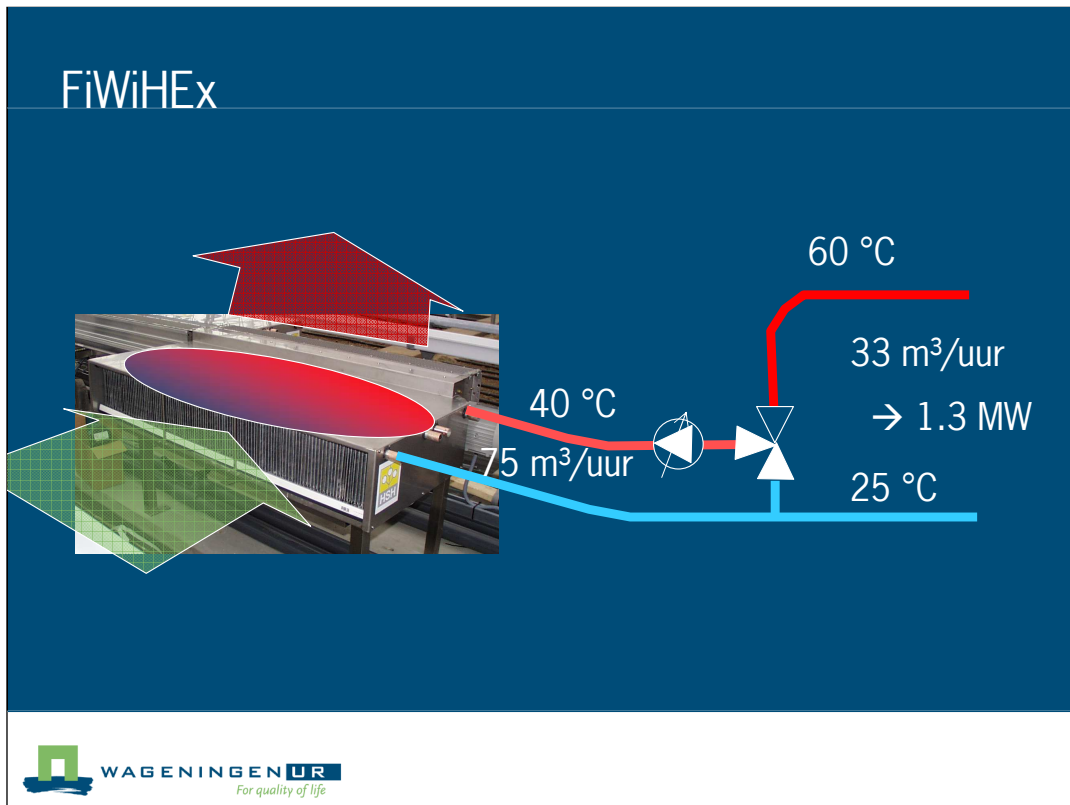
Bij $10 \text{ m}^3/\text{m}^2$ uur
 $5 \text{ }^\circ\text{C}$ overtemp
 $\rightarrow 18 \text{ W}/\text{m}^2$



Als je denkt over het verlagen van retourtemperaturen dan praat je al gauw over luchtbehandelingskasten. Doordat de lucht hier met een ventilator doorheen wordt geblazen (en niet, zoals bij een buis, door 'vrije convectie' stroomt) kan er meer vermogen worden overgedragen bij een bepaald temperatuurverschil. Een systeem waar de laatste tijd veel over in de pers verschijnt is het ClimecoVent systeem. Dit systeem is gebaseerd op het inblazen van buitenlucht in de kas ten behoeve van de ontvochtiging. Deze buitenlucht wordt daarbij netjes op kasluchttemperatuur gebracht met een lucht/water warmtewisselaar. Daarnaast heeft het systeem nog een lucht/lucht warmtewisselaar die de uitstromende warme en vochtige lucht langs de instromende koude lucht droge lucht voert waardoor een deel van de opwarming van de buitenlucht met afvalwarmte plaatsvindt. Hierdoor wordt zo'n 5 m^3 aardgas equivalenten per m^2 kas per jaar teruggewonnen.

Een richtgetal is dat het ClimecoVent systeem zo'n $20 \text{ W}/\text{m}^2$ verwarming levert en daarbij water van ongeveer $25 \text{ }^\circ\text{C}$ teruggeeft.

Tijdens de presentatie was ik enthousiast over het systeem en dat ben ik nog steeds voor de tuinbouw in het algemeen, maar voor de situatie met Geothermie (zonder warmtepomp), waar je in feite betaalt per m^3 water die je verpompt en niet per GJ zou ik de warmte-terugwin feature op het ClimecoVent systeem weglaten. Dit omdat op de momenten dat het van belang is dat water zo goed mogelijk uit te koelen (als het vriest) de behoefte aan ontvochtiging nou net het kleinst is (de ontvochtiging door lek en condensatie is dan al gauw voldoende om de kas droog te houden). Op de tijden dat je veel moet ontvochtigen, met name in het najaar, gaat daar wel relatief veel warmte in zitten, maar toch niet zoveel dat je verwarmingsvermogen tekort dreigt te hebben.

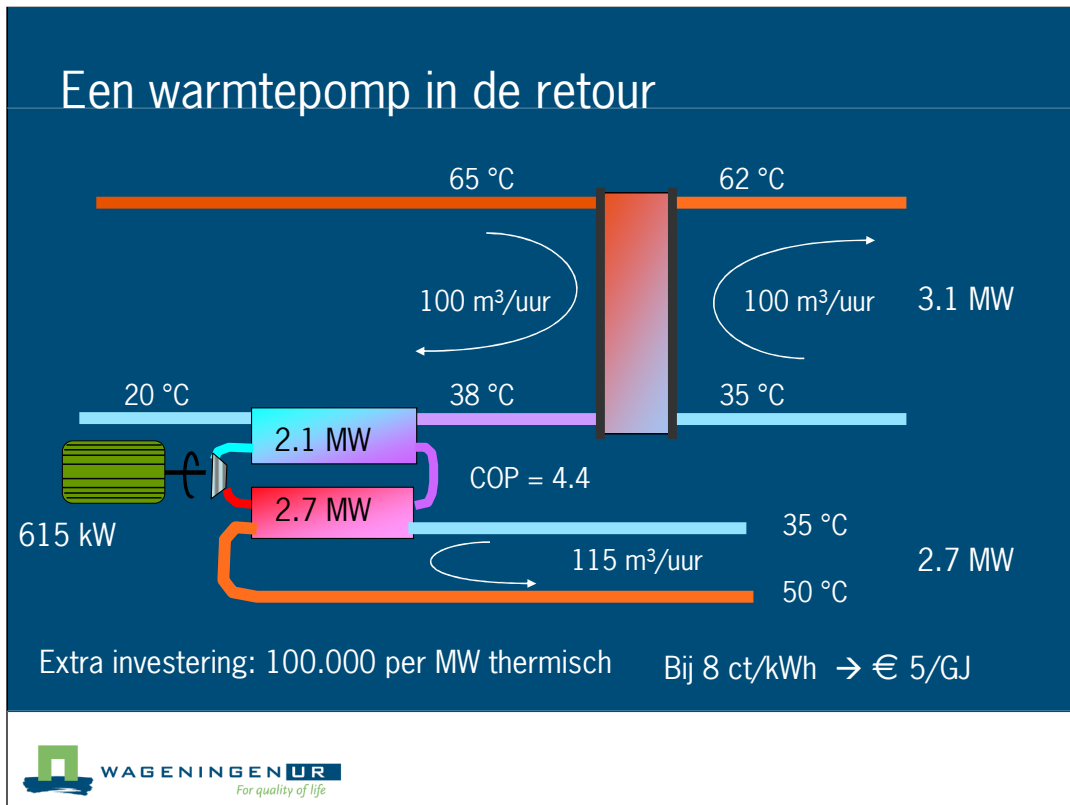


Systemen waarmee je de retourtemperatuur echt naar beneden kunt krijgen berusten op de inzet van luchtbehandelingskasten. In dit plaatje staat een FiWiHEx, maar er zijn een heleboel vergelijkbare systemen. Bij de plaatsing van dit soort systemen is veel aandacht voor de horizontale en verticale temperatuurverdeling vereist. Als er te weinig units worden neergezet (bijvoorbeeld door lange slurven voor de luchtverdeling te gebruiken) zal er gemakkelijk een grote onevenwichtigheid van de temperaturen ontstaan (temperatuurverschillen van een graad of 4 tussen de voor en achterkant in een pad). Een oplossingsrichting om bij gebruik van slurven de onevenwichtigheid te voorkomen is door slangen tegen elkaar in te leggen (in het ene pad van de gevel naar voren en in het volgende pad andersom).

Als we de verschillende mogelijkheden van verwarmingssystemen onder elkaar zetten dan volgt het volgende rijtje

- Min of meer standaard verwarmingsinstallaties leveren een retourtemperatuur van 40 °C
- Als je goed je best doet met wat extra installaties (meer buizen, een dubbel scherm, ontvochtiging met buitenlucht aanzuiging) dan kom je rond de 35 °C.
- Het gebruik van luchtbehandelingskasten brengt de retourtemperatuur naar waarden rond de 25 °C (maar introduceert een extra stroomverbruik van 15 kWh/(m² jaar)).

Dit zijn allemaal retourtemperaturen uit de **kas**. Aan de injectieput komt hier weer minstens 3 °C bij door de scheidingswisselaar.



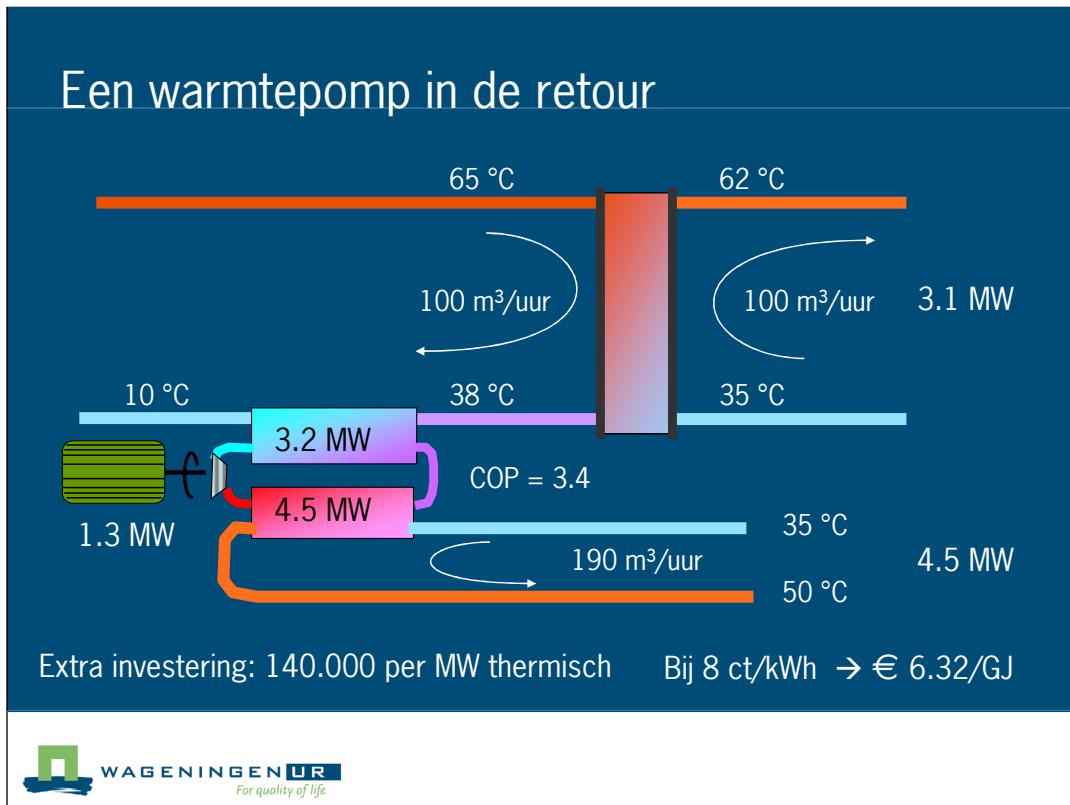
Als we een warmtepomp inzetten dan kan de retourtemperatuur naar de koude bron in feite zo laag gemaakt worden als je maar wilt (zolang het maar boven 0 blijft).

In dit plaatje is de verdamperzijde van de warmtepomp aan de geothermie-kant geplaatst. De verdamper is immers zelf ook een warmtewisselaar zodat er vanzelf een scheiding van tuinbouw-water van geothermie-water plaatsvindt (hij bestaat zelfs uit twee warmtewisselaars, de verdamper en de condensor).

De verdamper zou ook aan de andere kant van de scheidingswisselaar kunnen worden geplaatst (in de retour van het verwarmingswater). Het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp zal dan iets toenemen (10%), maar de verdamper kan wellicht goedkoper als de kwaliteit van het water minder agressief is.

In het plaatje is te zien dat het thermisch vermogen van de installatie bijna verdubbelt, maar omdat de warmtepomp elektriciteit verbruikt komt een deel van die warmte uit elektriciteit (hier 615 kW, dat is zo'n 6% van het totaal).

Om het elektriciteitsverbruik nog een beetje te beperken is het verstandig het water niet te warm uit de warmtepomp te willen hebben. Hier is gekozen voor 50 °C en het betekent dat de warmtepomp aangesloten moet worden op systemen met een groot VO (of op luchtbehandelingskasten). Het is vooral het temperatuurverschil tussen de hoogste en de laagste temperatuur in een warmtepomp-systeem (hier 20 en 50) die de COP bepaalt (hier 4.4). Een COP van 4.4 betekent dat de machine per eenheid warmte-vermogen $1/4.4 = 0.23$ eenheid elektriciteit verbruikt.



In dit voorbeeld overbrugt de warmtepomp een 10 graden groter traject (van 10 naar 50). Het blijkt direct dat hierdoor opnieuw een forse toename van het vermogen van de installatie optreedt, maar ook dat er relatief meer elektriciteit verbruikt wordt. In dit voorbeeld komt 1.3 MW van de 4.5 MW uit elektriciteit (doordat de COP hier 3.4 in plaats van 4.4 is). De investeringskosten per eenheid vermogen stijgen hierdoor van 100.000 per MW naar 1400.000 per MW en ook de variabele kosten per eenheid warmte uit de warmtepomp nemen toe (omdat er relatief meer elektriciteit in zit).

Als je uitgaat van 10 cent per kWh dan worden de variabele kosten per eenheid warmte uit de warmtepomp in bovenstaande plaatje € 6.32 per GJ. Ter vergelijking; als je een ketel gebruikt zijn de variabele kosten bij een gasprijs van 20 ct per m³ € 6.45 per MJ.

Een groot verschil met een ketel is echter dat ketelwarmte altijd hetzelfde kost, of je nou weinig of veel vermogen nodig hebt. Een systeem zoals de bovengetoond levert de eerste 3.1 MW gratis warmte (even afgezien van de elektriciteit voor het oppompen van het water) en pas boven dat vermogen komen daar opwerk-kosten van de warmtepomp bij. Daarbij is het ook nog eens dat een warmtepomp die minimaal 10 °C maakt (zoals hierboven) bij een kleinere uitkoeling van het geothermische water (bijvoorbeeld van 38 naar 30 °C) aanzienlijk efficiënter zal draaien. Anders gezegd; die 6.32 euro per GJ zijn de kosten als de installatie op volle capaciteit werkt, op deellast dalen de kosten flink (tot 3 á 4 euro per GJ).

De toevoeging van een warmtepomp helpt dus om pieken op te kunnen vangen terwijl de warmte in de basislast (bijna) gratis blijft (op variabele kosten).