

rapportage

Het nieuwe belichten

korte omschrijving

"het nieuwe belichten" met warmteterugwinning als onderdeel van all-electric ontwikkeling

versie

V 2.0

datum

11 juli 2017

opdrachtgever

Stichting Programmafonds Glastuinbouw
Postbus 447
2700 AK Zoetermeer
contact Aat Dijkshoorn
telefoon
mobiel
telefax
e-mail adijkshoorn@ltoglaskracht.nl
internet

project E16011.04

adviseur

DLVGE
Horti House, Violierenweg 3
2665 MV Bleiswijk
contact Arjan van Antwerpen
telefoon 010-4623030
mobiel 06-26518700
e-mail a.vanantwerpen@dlvge.nl
internet www.dlvge.eu

project 16-0051



inhoudsopgave

1	SAMENVATTING	3
2	INLEIDING	5
2.1	Probleemstelling	5
2.2	Doelstelling	5
2.3	Aanpak	5
3	UITWERKING	7
3.1	Modeldata	7
3.2	energiebalans	9
3.3	Warmtepomp en COP	10
3.4	Buffering van warmte en koude	11
3.5	Kasinstallatie	12
3.6	Economische haalbaarheid	13
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	14
	BIJLAGE A ECONOMISCHE VERGELIJK	15

Dit project / onderzoek is mede tot stand gekomen door de bijdrage vanuit het programma Kas als Energiebron, het innovatie- en actieprogramma van het ministerie van Economische Zaken en LTO Glaskracht Nederland.

<<logo's: Kas als energiebron, min EZ en LTO Glaskracht NL>>



1 samenvatting

In de zwaar belichte teelten wordt een warmtekracht installatie (WKK) ingezet voor het opwekken van stroom voor de belichting en het produceren van warmte voor het verwarmen van de kas en het sturen van plantprocessen. Daarnaast wordt een hoeveelheid stroom voor assimilatiebelichting ingekocht van het net om verdere warmteoverschotten te voorkomen. In de ontwikkeling van het nieuwe telen komt naar voren dat het mogelijk is met minder energie te telen. Door het grote warmteoverschot in de zwaar belichte teelten is het echter moeilijk de principes van het nieuwe telen toe te passen.

Onderzocht is of het mogelijk is het warmteoverschot dat gerealiseerd wordt door het belichten met Son-T belichting nuttig toe te passen bij het verwarmen met de verwarmingsbuizen in plaats van het afluchten van het overschot aan warmte. De lampwarmte moet daarvoor worden afgevangen door de kas te koelen. De warmte die uit de kas gehaald wordt, wordt door een warmtepomp op een niveau teruggebracht die geschikt is voor gebruik in verwarmingsbuizen en daarmee voor activatie van het gewas.

Het uitgangspunt van het onderzoek is alleen het aandeel warmte uit de kas te oogsten die nodig is voor het verwarmen van de buizen, niet meer. Uit het onderzoek komt naar voren dat er jaarrond een warmteoverschot is dat geoogst kan worden met koelblokken in de kas. Alleen in de maanden februari en maart lijkt er een klein tekort aan warmte te zijn, maar dit kan opgevangen worden door de toetreding van zonnewarmte. Als dit meegeteld wordt is ook in deze maanden er voldoende warmte in de kas die kan worden geoogst.

Omdat er over het gehele jaar een overschot aan warmte is, hoeft de geoogste warmte niet over de seizoenen heen te worden bewaard. De warmte hoeft alleen opgeslagen te worden voor gebruik in de donkerteperiode of voor het vereffenen van dagelijkse schommelingen. Een aquifer is daarvoor niet nodig. Wel dienen er een warmtebuffer en een koudebuffer aanwezig te zijn. Doordat de temperatuurverschillen tussen in- en uitvoer van de buffer maar gering zijn (door toepassing van de warmtepomp) is de warme buffer berekend op 450 m³/ha en de koude buffer op 250 m³/ha.

Met een thermisch vermogen van ca. 400 kW/ha kan een warmtepomp voldoende warmte leveren om de verwarmingsbuizen van warmte te voorzien. Dit is mogelijk doordat de buistemperaturen grotendeels laag zijn (lager dan 40/45 °C) en er voor het grootste gedeelte niet ontvochtigd hoeft te worden in de kas. De geoogste warmte is grotendeels voelbare warmte.

Economisch gezien komt de beoogde opzet van een warmtepomp, koelblokken (1 per 160 m²) en een koude en warme buffer overeen met een traditioneel systeem van een WKK en inkoop van het net. Er wordt bij de WP optie geen gas verbruikt, maar meer elektriciteit. Ook moet er uiteraard meer CO₂ worden ingekocht. De energiekosten komen ongeveer gelijk uit bij beide installaties. Ook de investeringskosten zijn vergelijkbaar. Met name de onderhoudskosten van de warmtepomp zijn lager dan die van de WKK. Over het geheel genomen is het verschil in jaarkosten verwaarloosbaar ten opzichte van de nauwkeurigheid van de inschattingen.

Het terugwinnen van lampwarmte met de warmtepomp en deze inzetten in het verwarmingssysteem voor gewassturing lijkt zich goed te kunnen meten met het traditionele WKK systeem. De berekende verschillen moeten in de een praktijk businesscase verder getoetst worden en moeten daarna in een praktijktest ook worden geverifieerd.

De inzet van een Warmtepomp en daarmee het "all electric" maken van een zwaar belichte teelt lijkt daarmee een heel goed haalbare optie te zijn.



2 inleiding

2.1 Probleemstelling

De warmte/krachtkoppeling (WKK) voedt over het algemeen de aanwezige assimilatieverlichting op glastuinbouwbedrijven in Nederland. Hierbij wordt de opgewekte stroom aangewend voor de assimilatiebelichting en de vrijkomende warmte nuttig in de kas gebruikt. In voorkomende gevallen die gebruik maken van een zeer hoge lichtintensiteit, zoals roos en tomaat, wordt een tweede assimilatieverlichtingsinstallatie veelal gevoed vanuit het elektriciteitsnet, omdat de warmte van een tweede WKK installatie niet meer nuttig aangewend kan worden. Daarnaast zijn (voorheen) onbelichte kwekers de laatste jaren geneigd om hun WKK opwekcapaciteit – wegens lage stroomprijzen – niet langer uitsluitend t.b.v. teruglevering, maar ook voor eigen verbruik in de vorm van belichting in te zetten.

Ontwikkelingen op het gebied van het nieuwe telen (HNT) tonen aan dat de warmtevraag door isolatie en alternatieve vormen van gecontroleerde ventilatie aanzienlijk kunnen worden verminderd. Potentieel biedt assimilatieverlichting een nog een veel grotere besparing op warmte op het moment dat de mogelijkheid gecreëerd wordt om de RV en de temperatuur te beheersen onder een 'gesloten' scherm, zoals bij 'de perfecte Roos'. In feite constateren we nu dat het opgestelde WKK vermogen de strikt noodzakelijke energievraag energetisch soms meerdere malen overstijgt. Hierdoor wordt veel warmte niet nuttig aangewend of letterlijk vernietigd! Telers die intensief belichten gebruiken zelfs bij strenge vorst niet meer energie dan op een willekeurig ander moment in de winter.

Het toepassen van de principes van HNT wordt voor een belangrijk deel belemmerd door de configuraties met WKK zoals die in het verleden zijn gedimensioneerd. Er zijn dringend alternatieve configuraties nodig van belichte kassen, die zijn gebaseerd op het volledig benutten van de warmte van de lichtarmaturen. Vervolgens zal het energiegebruik ook daadwerkelijk gereduceerd kunnen worden, tot op het punt dat er nog energievraag bestaat volgens de principes van HNT. Dit betekent een ontwikkeling naar configuraties zonder WKK (all electric) en waarbij er meer gebruik gemaakt kan worden van inkoopstroom of -warmte uit bijvoorbeeld een warmterotonde.

2.2 Doelstelling

Bedrijven die 300 tot 600 kWh/m²/jr belichten, leveren 30 à 60 m³ a.e. aan warmte aan de kas, los van het C.V. warmtegedeelte. Deze lichtenergie, in combinatie met de principes van HNT, is in principe voldoende om de kas te voorzien van gevraagde verwarmingsenergie. Uiteraard op voorwaarde dat deze warmte niet zondermeer via de luchtramen wordt afgevoerd en dat de warmte beschikbaar is in de gewenste vorm.

Om dit te realiseren zal de warmte van de lampen moeten worden omgezet naar bruikbare verwarmingswarmte. De warmte uit de kaslucht zal in geval van een warmteoverschot door een warmtepomp omgezet worden in warm water en zodanig opgewerkt dat het kan worden teruggelid in het verwarmingsnet. Het voordeel hierbij is dat deze "koelmachines" bewezen techniek betreft die in gebouwen en utiliteit breed wordt toegepast. De teler hoeft niet met complexe installaties (bijvoorbeeld slurven) of regelingen te werken. Bijkomend voordeel is dat de mate van lichtuitstoot verder omlaag gebracht zal kunnen worden doordat schermdoeken langer gesloten kunnen blijven.

2.3 Aanpak

Dit verkennende onderzoek omvat een deskstudie. In deze studie wordt op basis van een gesimuleerde teelt (de perfecte roos) het in de doelstelling beschreven scenario doorgerekend. De vragen die worden beantwoord hebben betrekking op:



DLVge

greenhouse consultancy

1. Welke hoeveelheden warmte kan nuttig worden onttrokken aan de kaslucht?
2. Met welke COP kan een dergelijk systeem draaien?
3. Welke buffercapaciteiten zijn nodig om vraag en aanbod te kunnen matchen in de tijd?
4. Welke capaciteit van de koelmachine is wenselijk?
5. Vergelijk van de ROI tussen WKK en deze 'all electric' vorm.

3 uitwerking

3.1 Modeldata

Aangezien de voorgestelde ontwikkeling uitgaat van het terugwinnen van overtollige warmte uit de kas, is het van belang dat de energiebalans in de kas wordt beoordeeld. Het uitgangspunt voor deze berekening is de teelt van "De perfecte roos".

Delphy heeft op basis van theoretische- en praktijkdata een QMS model (simulatiemodel) ontwikkeld voor de teelt van roos. Daarmee zijn diverse simulaties uitgevoerd, waarna het model naar tevredenheid met praktijkdata (onder andere uit het Improvement Center) geëvalueerd is. Eén van de proeven die daarmee gedaan is, is "De perfecte roos". Op basis van de proef en simulaties van "De perfecte roos" is een simulatie uitgevoerd met een samengesteld jaar. Gekozen is voor een samengesteld jaar om alle invloeden van het buitenklimaat goed mee te kunnen nemen in de gebruikte data voor dit onderzoek. De gebruikte data zijn uur gegevens; een samenvatting is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Buitenklimaat gebruikt in de QMS simulatie

Maand	jaar	Temperatuur		Zon
		min	max	max
1	1995	-5,0	11,9	279
2	1999	-8,4	10,1	439
3	1982	-2,7	17,0	661
4	1985	-0,8	18,8	776
5	1995	3,4	25,3	824
6	1996	4,5	32,7	861
7	1985	9,5	28,2	858
8	1982	8,2	30,5	794
9	1985	6,7	23,4	654
10	1983	-1,0	24,8	445
11	1983	-5,0	15,1	322
12	1990	-1,9	10,3	219

De in dit onderzoek gebruikte data is gegenereerd met een simulatie met het QMS model "Roos". In dit QMS model zijn diverse parameters van de teelt van roos ingebracht, waarna het model onder andere de opbrengst en de energievraag voorspelt. Een samenvatting van de resultaten is weergegeven in Tabel 2 en Tabel 3.

Tabel 2: Resultaten binnenklimaat na simulatie

per	Climate				
	day sum mol	Ref temp °C	Final temp °C	Rel H	CO2 ppm ave
1	16,2	18,5	18,5	85%	916
2	17,3	18,8	18,8	85%	919
3	19,7	19,2	19,2	85%	901
4	22,0	19,6	19,7	83%	725
5	24,6	20,0	20,4	81%	767
6	27,4	20,3	21,7	74%	607
7	25,3	20,0	21,0	77%	609
8	21,9	19,2	21,9	74%	596
9	22,3	19,6	20,3	78%	596
10	18,7	18,9	19,8	79%	620
11	17,7	18,8	18,9	83%	731
12	16,4	18,5	18,5	84%	817
13	16,5	18,4	18,4	85%	907

Tabel 3: Resultaten teelt na simulatie

per	Production				
	gr/m2	kg cum	gr/stem	stems/m2	stems cum
1	1021	1,02	55,0	18,6	19
2	1083	2,10	56,4	19,2	38
3	1197	3,30	56,4	21,2	59
4	1232	4,53	56,1	22,0	81
5	1331	5,86	52,8	25,2	106
6	1323	7,19	52,0	25,5	132
7	1253	8,44	43,6	28,7	160
8	1080	9,52	45,9	23,5	184
9	1174	10,69	37,2	31,5	215
10	1031	11,73	47,7	21,6	237
11	1051	12,78	46,9	22,4	260
12	1004	13,78	52,8	19,0	279
13	1037	14,82	54,7	19,0	297

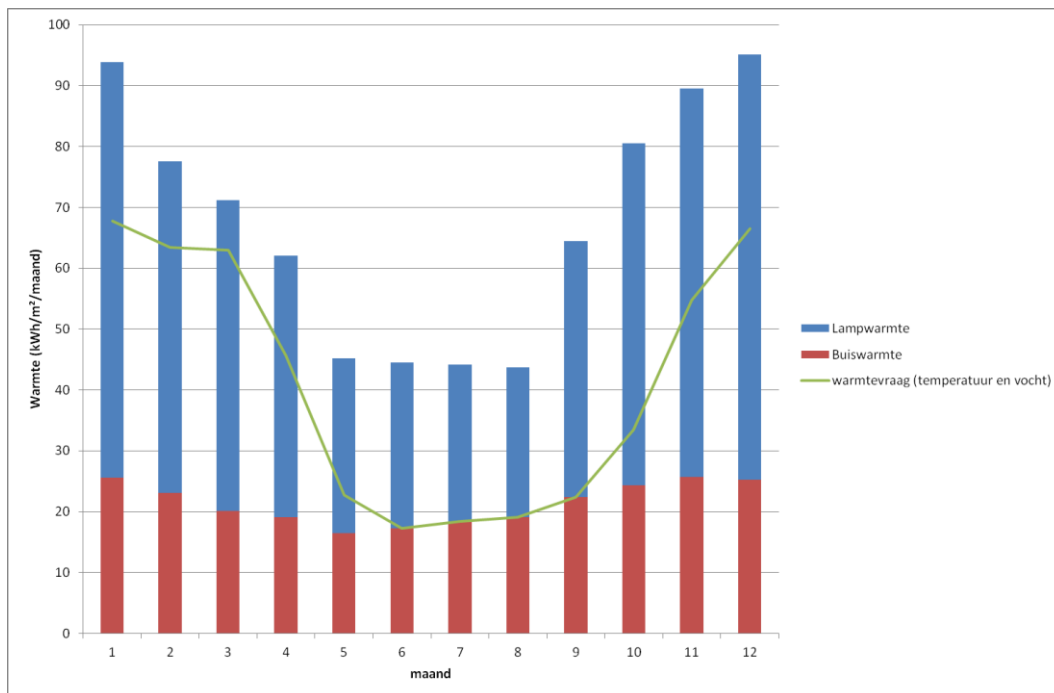
Doordat het QMS model is gevalideerd met praktijkgegevens en een samengesteld jaar is gebruikt voor de simulatie, zijn de resultaten zowel praktisch als generiek. Tijdens de uitwerking van het onderzoek is de data ook vergeleken met een toonaangevend praktijkbedrijf, waarbij bleek dat de warmtevraag bij dat bedrijf hoger lag dan de gesimuleerde waarde (tot 30%). De verwachting is dan ook dat het model geen overschatting van de benodigde warmte zal geven en daarom voor dit onderzoek een goede benadering van de werkelijkheid geeft.



3.2 energiebals

De meer traditionele benadering van koeling in de kas is te beginnen bij de warmtetoever en deze zo veel mogelijk te oogsten. In dit onderzoek is juist gekeken naar de benodigde warmte voor het gebruik in de verwarmingsbuizen en alleen die warmte te oogsten. Overtollige warmte wordt niet geoogst en zal door middel van ventilatie moeten worden afgevoerd.

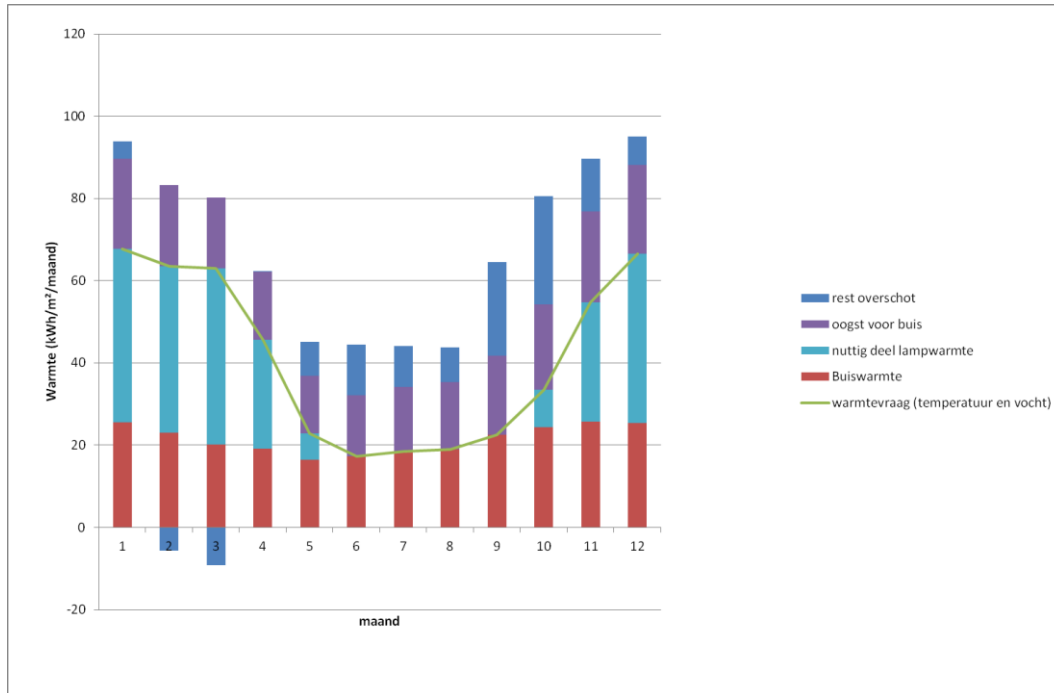
De benaderingswijze voor de energiebals is daarom als eerste de lampwarmte en buiswarmte te beoordelen. De buiswarmte wordt zowel gebruikt voor warmtevraag als voor het activeren en sturen van het gewas. In Figuur 1 is de warmtevraag en warmtetoever uitgezet als maandsom. De waarden zijn weergegeven in kWh/m²/maand.



Figuur 1: Warmtevraag en warmtetoever

Opvallend is dat er in iedere maand een warmteoverschot lijkt te zijn. De groene lijn geeft de totale warmtevraag in de kas aan: op jaarbasis is dit ca. 494 kWh/m². Hiervan is 252 kWh buiswarmte. Het deel van de blauwe balken dat boven de groene lijn uitkomt kan gezien worden als een warmteoverschot dat nu wordt afgelucht.

De vraag die vervolgens beantwoord moet worden is of het warmteoverschot ook groot genoeg is om in de buiswarmtevraag te voorzien. In Figuur 2 is de warmtebalans in de kas uitgezet, rekening houdend met het oogsten van warmte voor gebruik in buisverwarming.



Figuur 2: Warmtebalans

De energie die onttrokken wordt is het overschot aan lampwarmte in de kas. Behalve in de maanden februari en maart is er het hele jaar voldoende warmte beschikbaar.

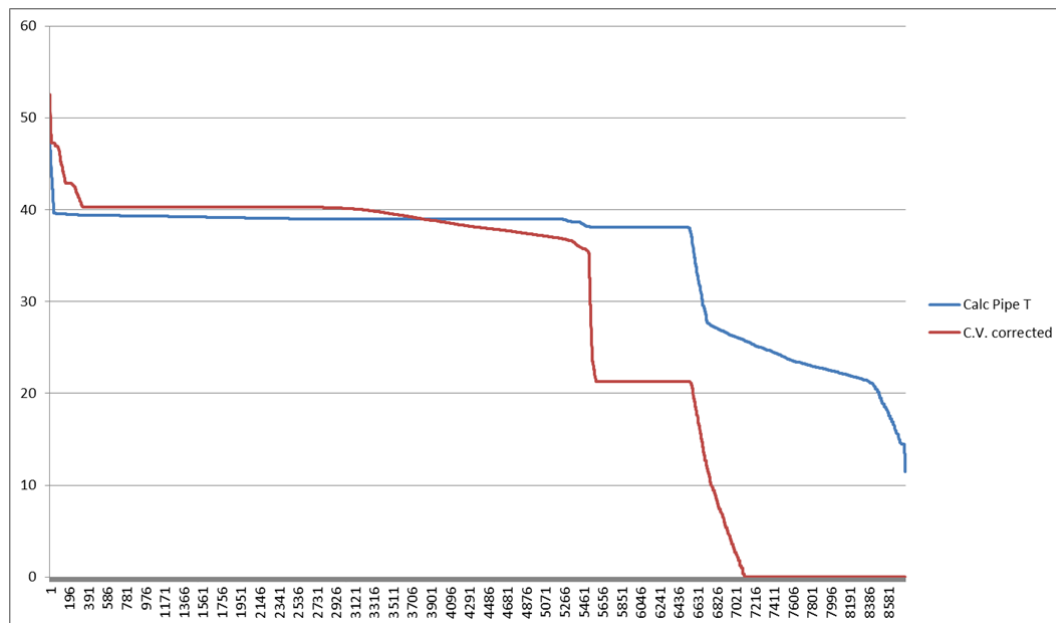
Tot hier toe is de zonnearmte niet als warmtebron meegenomen. Als dat ook nog rekening mee gehouden wordt, is ook in de maanden februari en maart voldoende warmte beschikbaar.

Bij de berekende warmte is geen verschil aangebracht tussen voelbare en latente warmte. Dit vereenvoudigt de berekening aanzienlijk, waardoor de gevoeligheid voor afwijkingen lager is. Daarnaast is het duidelijk dat er veel warmteoverschot is in de kas. Dit betekent dat een groot gedeelte van de warmte als voelbare warmte kan worden geoogst. Dit heeft een positief effect op het rendement van de in te zetten installatie (zie §3.3). Bij het ontwerp van de installatie zal echter wel de mogelijkheid tot het oogsten van latente warmte moeten worden meegenomen.

In het vergelijk met de praktijksituatie bij de toonaangevende ondernemer kwam de wintersituatie aan de orde. In deze periode wordt er soms lucht gezet vanwege het te hoog oplopen van het vocht, niet in verband met de temperatuur. In die gevallen zal met de koelinstallatie moeten worden ontvochtigd. Aangezien de relatieve luchtvochtigheden in die periode relatief hoog zijn, ligt het dauwpunt niet al te ver onder de kastemperatuur. De installatie moet deze situatie bij ontwerp wel aankunnen.

3.3 Warmtepomp en COP

Om het gewenste vermogen te kunnen bepalen geeft een jaarbelastingduurkromme inzicht. Deze is weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3: Jaarbelastingduurkromme

In Figuur 3 is de gecalculerde buistemperatuur te zien (Cal Pipe T in °C) en het gevraagde vermogen (C.V. corrected in W/m²). De blauwe lijn loopt verder door, maar met temperaturen rond de kastemperatuur. Deze zijn in de vermogensvraag gecorrigeerd tot geen vermogensvraag.

Te zien is dat de buistemperatuur zo goed als altijd onder 40 °C ligt. Dit betekent dat een warmtepomp een gunstig COP kan realiseren en veel uren kan maken met een beperkt vermogen. Met een warmtepomp met een vermogen van 40 W/m² kan 99% van de buiswarmtevraag worden ingevuld. De machine kan dan ca. 5.500 uren per jaar op vollast draaien. De overige uren volstaat een deellast. Het betreft dan dus een machine van 400 kW thermisch per ha.

Een warmtepomp levert het hoogste rendement als de temperatuur aan de verdamper en condensorzijde zo min mogelijk van elkaar verschillen. Dit betekent enerzijds dat de verwarmingstemperatuur zo laag mogelijk moet zijn. Een warmtepomp met op dit moment standaard koelmiddelen kan een aanvoertemperatuur van maximaal ca. 55 °C leveren. Een aanvoertemperatuur van 40 °C ligt daar in positieve zin ruim onder. Aan de koude kant is er een warmteoverschot in de kas. Dit betreft met veelal voelbare warmte. Om latente warmte terug te winnen zal een kouder oppervlak nodig zijn om lucht te laten condenseren. Aangezien dit het grootste deel van de tijd niet nodig is, kan de verdamper minder koud zijn en ook hierdoor wordt het COP gunstig beïnvloed. Een gemiddelde COP van 6,5, gebaseerd op het Carnot-rendement zou dan haalbaar zijn.

De berekening heeft als uitgangspunt gehad het oogsten van warmte die nodig is voor verwarming van de kas, niet het zoveel mogelijk terugwinnen van warmte. Als er meer warmte wordt teruggewonnen dient de koelvraag toe te nemen en er ook meer latente warmte te worden geoogst. De installatie wordt daarmee duurder en het rendement wordt lager.

3.4 Buffering van warmte en koude

Doordat er jaarrond een warmteoverschot is, is het niet nodig om warmte over de seizoenen heen te transporteren. Hierdoor is het opslaan van grote hoeveelheden warmte/koude niet noodzakelijk en zijn er geen seizoensbuffers noodzakelijk. Op dagbasis dient in ieder geval een hoeveelheid warmte te worden opgeslagen voor gebruik in de

donkerteperiode. Daarnaast is het noodzakelijk om op het midden van de dag met hoge buitentemperaturen meer te koelen dan in de nacht bij lage temperaturen.

Gezien de noodzaak voor het overbruggen van de donkerteperiode en de lage verschiltemperaturen (10 °C) waarbij opslag plaats vindt, is een warmtebuffer van ca. 450 m³/ha noodzakelijk. Aan de koude zijde is een buffergrootte van ca. 250 m³/ha voldoende.

De grootte van de buffer kan geoptimaliseerd worden door in combinatie met de grootte van de warmtepomp. Dit zal in bedrijfsspecifieke situaties verder moeten worden uitgedetailleerd.

3.5 Kasinstallatie

In de proefopzet van "De perfecte roos" was het uitgangspunt veel warmte te oogsten en daarmee ook de luchtramen verder dicht te houden om CO₂ te kunnen sparen. In de simulatie van deze deskstudie is dat concept juist niet doorgevoerd, om zodoende alleen de benodigde warmte te oogsten. Dit heeft ook een consequentie voor de kasinstallatie.

In de proefopzet van "De perfecte roos" zijn Opac units gebruikt (koelblokken met ventilator verdeeld over de kas, zonder slurven), met een opstelling van 1 per 80 m² kas. Met de resultaten uit deze deskstudie zou de kasinstallatie, ook uitgaande van Opac's, kunnen worden teruggebracht tot 1 per 160 m² kas, aangezien er veel minder warmte wordt terug gewonnen.

Het onttrekken van een beperkte hoeveelheid warmte uit kaslucht is relatief gemakkelijk, zonder dat het direct grote invloed heeft op het klimaat van de kas. Dit komt omdat de terug ingebracht lucht dicht op het niveau van de kastemperatuur ligt. Als grotere hoeveelheden warmte uit de kas moeten worden onttrokken zal het temperatuurverschil tussen de kastemperatuur en de teruggevoerde lucht moeten toenemen tezamen met een toename in ventilatievoud. Dit heeft meteen tot gevolg dat bij het inbrengen van de behandelde lucht in die situatie het verdelingsysteem een steeds crucialere rol gaat spelen.

Een installatie met kleine koelblokken met ventilatoren zonder slurven, verdeeld over de kas, heeft als voordeel dat er geen transport van lucht hoeft plaats te vinden over langere afstanden in de kas. Bij het verplaatsen van lucht over grote afstanden moet rekening gehouden worden met de afkoeling/opwarming van lucht over die afstand. Als dit zonder slurven moet gebeuren zal de werp van de installatie groot genoeg moeten zijn om die afstand te overbruggen. Aangezien bij roos er geen ruimte is onder het gewas, zal dit luchttransport bovenin de kas moeten plaatsvinden. Bij te hoge volumes aan luchtverplaatsing kan hierdoor een te hoge luchtsnelheid ontstaan die tot problemen leidt. Het aanbrengen van slurven voorkomt dit, maar zorgt voor lichtverlies. In combinatie met assimilatiebelichting zorgt dit voor aanvullende problemen met lichtverdeling.

In de praktijk is ervaring opgedaan met 4 grote extractieventilatoren op een oppervlakte van 9.000 m². Hierbij bleek dat onder een gesloten doek een ventilatievoud van meerdere keren per uur kon worden aangehouden zonder verstoring van het kasklimaat. Een andere installatie waar ervaring mee opgedaan wordt, is de airmix. Het doel van deze installatie is koude droge lucht van boven het scherm in te mixen met de warme lucht net onder het scherm en horizontaal te verplaatsen. Hierdoor wordt er warmte en vocht afgevoerd zonder een schermkier te trekken, dus met meer controle en verminderde kans op energieverlies. Hierbij wordt geen energie terug gewonnen.

Een installatie met kleine koelblokken in de kas met open ventilatoren lijkt op het eerste gezicht het meest logisch. De koelblokken worden met leidingen aangesloten op een

centraal opgestelde warmtepomp. Aangezien de te verwachten koelvraag een reductie van 50% is ten opzicht van de proef bij "De perfecte roos" zou deze proef kunnen worden herhaald met het uitschakelen van de helft van de aangebracht installatie als proefneming (uiteraard met het uitgangspunt om warmte voor de buizen te oogsten).

3.6 Economische haalbaarheid

De economische haalbaarheid van de gepresenteerde "all-electric" oplossing met warmtepomp moet vergeleken worden met de huidige standaard. De huidige standaard is een WKK installatie, waarbij een gedeelte van de stroom voor belichting van het net wordt ingekocht. In bijlage A is de berekening van het rendement verder gedetailleerd weergegeven.

De WKK case kenmerkt zich door de gaskosten per jaar, die ingeschat worden op 295 k€ per jaar. Vanwege de inkoop van stroom voor assimilatiebelichting is de inkoop van het net ook nog bijna 583 k€. Een inkoop van het restant aan CO₂ van 99 k€ maakt een totaal aan energie van 977 k€ per jaar.

Doordat de warmtepomp geen gas verbruikt, zijn er geen gaskosten. De elektriciteitsinkoop is daarnaast uiteraard veel hoger met 848 k€. Hierbij komt een grotere inkoop van CO₂ van 131 k€ tot een totaal aan energie van 980 k€. Dit is maar beperkt hoger dan de standaard optie. Dit heeft er mee te maken dat minder energie wordt vernietigd en er beter gebruik wordt gemaakt van de voordelen van energiebelasting bij hoge afname.

De investeringskosten tussen een WKK en een WP worden als ongeveer gelijkwaardig ingeschat, waarbij de WP iets duurder is vanwege de uitgebreide installatie. Waar een behoorlijk verschil wordt gemaakt is in de onderhoudskosten. Vanwege de "eenvoudiger" techniek van de WP, zijn de onderhoudskosten per jaar behoorlijk lager.

In totaal komen in deze eenvoudige economische berekening op basis van ingeschatte prijzen de twee technieken zo goed als overeen. Dit betekent dat de gevoeligheid voor kosten, de overige investeringen en omstandigheden een belangrijk deel gaan uitmaken van de businesscase. Bij deze eerste indicatieve berekening lijkt het er op dat deze techniek zeker nader moet worden onderzocht.

4 Conclusies en aanbevelingen

Bij de start het onderzoeken zijn de volgende vragen geformuleerd:

1. Welke hoeveelheden warmte kan nuttig worden onttrokken aan de kaslucht?
2. Met welke COP kan een dergelijk systeem draaien?
3. Welke buffercapaciteiten zijn nodig om vraag en aanbod te kunnen matchen in de tijd?
4. Welke capaciteit van de koelmachine is wenselijk?
5. Vergelijk van de ROI tussen WKK en deze 'all electric' vorm.

In de uitwerking is op de geformuleerde vragen antwoord gegeven:

1. Ca. 252 kWh/m² aan buiswarmte kan uit de kaslucht worden onttrokken.
2. De COP van het systeem kan ca. 6,5 zijn, gebaseerd op het Carnot rendement. Dit is haalbaar doordat aan de ene kant niet ontvochtigd hoeft te worden en aan de andere kant de verwarmingstemperatuur in de buizen gering is.
3. Een warmtebuffer van 450 m³/ha en een koudebuffer van 250 m³/ha zouden voldoende moeten zijn.
4. Een capaciteit van 400 kW thermisch per ha is wenselijk, uitgaande van het terugwinnen van voelbare warmte.
5. In een vergelijk tussen de WKK en de WP is de ROI ongeveer gelijk.

In deze studie is de benadering gekozen alleen die warmte terug te winnen die nodig is voor de verwarming met de buizen. De deskstudie toont aan dat het terugwinnen van lampwarmte en dit terugbrengen als buiswarmte met behulp van een warmtepomp een haalbare businesscase kan opleveren. Er is voldoende warmte in de kas aanwezig om de buizen van warmte te voorzien. Dit is meestal in de vorm van voelbare warmte.

Er zal nog steeds een overschot aan warmte moeten worden afgevoerd. De latente warmte kan worden afgevoerd aan het kasdek of door afluchten. Doordat er minder hoeft te worden gelucht/gekierd vanwege een te hoge voelbare warmte kan de afvoer van latente warmte juist positief beïnvloed worden. In de winterperiode kan ook nog ontvochtigd worden door een lagere temperatuur in de koelblokken aan te houden. Dit gaat echter ten kosten van het rendement van de warmtepomp, maar kan het energieverlies in de kas verminderen. Dit dient verder onderzocht te worden.

In de uitwerking in de kas wordt een decentraal koelblok voorzien van 1 per 160 m². Zonder bronnen en met 2 dag-buffers is dit regeltechnisch een relatief simpel systeem.

De uitwerking van deze deskstudie is bij een aantal praktijkbedrijven voorgehouden. Daar bleek dat er zeker interesse zou zijn om dit onderwerp verder in detail uit te werken. Met de stand van het huidige WKK park en de ontwikkeling van de overheid richting All-Electric systemen past dit goed in de huidige ontwikkeling.

Een volgende stap in het onderzoek is het verder verifiëren en uitdetaileren van de uitkomsten met een praktijk-case en het daarna in de praktijk testen van deze praktijk-case.

bijlage A Economische vergelijking

			Referentie				All Electric			
			WARMTE-KRACHT		per jaar		warmtepomp		€/m ² /jaar €/jaar	
Energievraag	Warmte		257 kWh		6.679.472		257 kWh		6.679.472	
	Elektriciteit		555 kWh		14.428.414		592 kWh		15.382.624	
	CO2		80 kg/m ²		2.080.000		80 kg/m ²		2.080.000	
	inkoop elektriciteit		352 kWh		9.161.908		592 kWh		15.382.624	
	WARMTE-KRACHT productie		203 kWh		5.266.506		0 kWh		-	
	inkoop gas		58 m ³		1.519.789		m ³		-	
	CO2		85 kg/m ²		2.197.566		85 kg/m ²		2.197.566	
Vermogen										
Belichting			115 w/m ²				115 w/m ²			
warmtepomp							9 w/m ²			
Buiswarmte			45 w/m ²				45 w/m ²			
CO2			0,025 kg/m ² /uur				0,025 kg/m ² /uur			
WARMTE-KRACHT vermogen	electrisch	41%	38 w/m ²				w/m ²			
	thermisch	52%	48 w/m ²				w/m ²			
gas			0,0106 m ³ /m ² /uur				m ³ /m ² /uur			
elektriciteit inkoop			77 w/m ²				115 w/m ²			
Kosten										
			€/m ² /jaar €/jaar				€/m ² /jaar €/jaar			
Gas	Vermogen /jr	80 €/m ³ /uur	0,011	0,85			0,000	0		
	EB									
	verbruik	0,18 €/m ³	58,45	10,52			0,00	0		
	totaal	0,19 €/m ³			11,4	295.544			0,0	-
Elektriciteit	Vermogen /jr	21 €/kWe	77	1,6			115	2,4		
	12 maanden	Vermogen /mnd	2,246 €/kWe/mnd	77	2,1		115	3,1		
	zone 3	EB	0,01635 €/kWh	10000000	6,3		10000000	6,3		
	zone 4		0,000661 €/kWh	4428414	0,1		5382624	0,1		
		verbruik	0,035 €/kWh	352	12,3		592	20,7		
	totaal	€/kWh	0,063643		22,4	583.094	0,055181	32,6	848.826	
CO2	RGR	0,02	31,56	0,63			0,00	0,00		
	zuiver	0,06	52,96	3,18	3,8	99.026	84,52	5,07	5,1	131.854
DPM										
Investering		0,4 WARMTE-KRACHT	15,2				warmtepomp	6		
							koelblokken	6		
							installatie	4		
								16		
afschrijving		10%		1,52				1,6		
rente		2,50%		0,38				0,4		
onderhoud	5330,472137	0,008		1,62				0,41		
					3,5	91.532			2,4	62.533
Totaal energiekosten					41,1	1.069.196			40,1	1.043.213