



Droge lucht toevoeren via slurven onder het gewas bij Gerbera en Matricaria

P.A. van Weel
M.G.M. Raaphorst



Referaat

Voor twee gewassen, Matricaria en Gerbera, is onderzocht hoe buitenlucht effectief kan worden ingeblazen. De bedoeling is hierbij dat de luchtvochtigheid kan worden beheerst met zo min mogelijk inbreng van warmte. Bij Matricaria is een systeem getoetst dat buitenlucht inbrengt via luchtslurven in het gewas. Vanwege gebrek aan ruimte bleek de capaciteit van het systeem tekort te schieten, zodat wordt gezocht naar alternatieven. Bij Gerbera werd buitenlucht via luchtslangen onder de goten ingeblazen en werd de lucht boven het gewas met nivolatoren in beweging gebracht. Dit systeem werkt goed, maar is te duur om te worden bekostigd met alleen energiebesparing, zodat voorstellen worden gedaan ter vereenvoudiging van het systeem.

Abstract

For two crops, Matricaria and Gerbera, has been examined how to inject outdoor air effectively. The intention is that the humidity can be controlled with minimal input from heat. With Matricaria, a system that injects outside air through air hoses into the crop. Because of lack of space, the system did not have enough capacity, so alternatives have to be found. With Gerbera, the injection of outdoor air through air hoses under the gutters was combined with air movement above the crop from nivolators. This system works well, but is too expensive to be recouped with only energy saving. Proposals have been made to simplify the system.

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 81
Fax : 010 - 52 25 193
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
1	De rol van luchttoevoer in het gewas bij Het Nieuwe Telen	7
2	Opzet van het onderzoek.	9
	2.1 Matricaria	9
	2.1.1 Opzet	9
	2.1.2 Meetnet	11
	2.2 Gerbera	12
	2.2.1 Opzet	12
	2.2.2 Meetnet	14
3	Resultaten	15
	3.1 Matricaria	15
	3.1.1 CO ₂ slurf	15
	3.1.2 Slurven met 5mm gaatjes	16
	3.1.3 Slurven met naar beneden blazende 8mm gaatjes	19
	3.2 Gerbera	20
	3.2.1 Klimaat	20
	3.2.2 Botrytis metingen	24
	3.3 Energieverbruik	25
4	Conclusies en aanbevelingen	27
	4.1 Conclusies	27
	4.1.1 Matricaria	27
	4.1.2 Gerbera	27
	4.2 Aanbevelingen	28
	4.2.1 Matricaria	28
	4.2.2 Gerbera	28
5	Literatuur	29

Samenvatting

Voor twee gewassen, *Matricaria* en *Gerbera*, is met financiering uit het programma Kas als Energiebron, onderzocht hoe buitenlucht effectief kan worden ingeblazen. De bedoeling is hierbij dat de luchtvochtigheid kan worden beheerst met zo min mogelijk inbreng van warmte. Hieruit zijn algemene en gewas- of proefgebonden conclusies getrokken.

Algemeen

Aangezien de ontvochtigingsbehoefte niet altijd even groot is, en de buitenlucht niet altijd even droog is, dient de installatie de ontvochtigingscapaciteit aan te kunnen passen. Dit kan bijvoorbeeld door het bijmengen van kaslucht, zodat de luchtslangen altijd voldoende druk houden. De luchtmengklep bleek echter niet goed te werken vanwege een te hoge weerstand voor de aangezogen buitenlucht. Wanneer de kasluchtklep ook maar enigszins open ging werd er nauwelijks nog buitenlucht aangezogen. Door het luchtdebiet te variëren tussen 50% en 100% bleek de ontvochtigingscapaciteit nauwkeuriger te regelen dan door het variëren van de luchtmengklep, terwijl de drukverdeling over de slang daar niet negatief door werd beïnvloed.

Het volledig circuleren van kaslucht levert soms een negatief effect op omdat de RV bij gesloten scherm oploopt omdat er wel verdamping wordt gestimuleerd, maar geen vocht afgevoerd.

Een RV-meting tussen het gewas is onvoldoende representatief om het systeem mee te regelen. Indien er voldoende luchtuitwisseling tussen gewas en kas is, kan beter worden volstaan met een RV-meting boven het gewas.

De plaatsing van de luchtbehandelingskast kan voor problemen zorgen. Bij plaatsing buiten kan het een barrière vormen voor de dakwasser en vergt het extra voorzieningen tegen vorst. Bij plaatsing binnen is het moeilijk en duur om een verdeelleiding voor de lucht te maken. De voorkeur wordt gegeven aan een luchtbehandelingskast die in de gevel geplaatst kan worden.

Matricaria

Bij een dicht en grondgebonden gewas als *Matricaria* is het moeilijk om met slurven voldoende droge buitenlucht tussen de planten te krijgen. Door ruimtegebrek kan hoogstens 2 m³/m².uur lucht tussen het gewas worden geblazen en dat levert te weinig verlaging van de RV tussen het gewas op. Aanbevolen wordt om te zoeken naar alternatieven, zoals het met ventilatoren van bovenaf inbrengen van droge kaslucht in het gewas, of het evalueren van grotere luchtslangen tussen het gewas.

Verder wordt als suggestie aangedragen om over te gaan op watergift met druppelslangen, zodat geen vochtproblemen ontstaan door het van bovenaf begieten van het gewas.

De hoek waaronder de gaatjes in de slurf staan heeft invloed de verticale verdeling van de vochtafvoer. Door horizontaal uit te blazen komt er nauwelijks droge lucht onderin het gewas en door alleen naar beneden uit te blazen droogt lokaal de grond extra uit. Dit laatste betekent dat er frequenter beregend moet worden, waardoor het gewas vaker nat wordt.

Gerbera

De grote opgave is om in het hart van de plant voldoende droge lucht te krijgen omdat hier de basis wordt gelegd voor Botrytisontwikkeling. Met horizontaal uitblazende slurven onder de goten in combinatie met verticaal circulerende ventilatoren boven de planten bleek het mogelijk om bij een zeer gevoelige cultivar 'Ice Queen' nagenoeg zonder Botrytisaantasting te telen dankzij het toevoeren van buitenlucht. Ook werd het afgestorven blad in het hart van de plant beduidend droger. De drogende effecten zijn wel afhankelijk van de buitencondities. Toch kon bij *Gerbera* het hele jaar met dit systeem worden gewerkt al moest in het najaar de installatie daarvoor wel continu draaien.

Deze manier van ontvochtigen kostte op jaarbasis $1,9 \text{ kWh/m}^2$ extra elektriciteit en 4 kWh/m^2 ($= 0,46 \text{ m}^3 \text{ aardgas/m}^2$) extra warmte via de luchtbehandelingskast. Daartegenover staat dat nu extra isolatie mogelijk wordt. Dankzij het in de nacht volledig gesloten houden van een verduisteringsdoek en een zonwering wordt namelijk $6 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{jaar}$ gas bespaard en dat kan zeker nog verder omhoog wanneer er beter isolerende schermen worden toegepast.

De ondernemer is positief over de effecten van de buitenluchttoevoer, maar vindt de installatie te duur en te ingrijpend voor een bestaande situatie in verhouding tot de behaalde winst. De installatie zou iets voordeliger uit kunnen vallen als het bijmengen van kaslucht kan komen te vervallen

1 De rol van luchttoevoer in het gewas bij Het Nieuwe Telen

In de glastuinbouw valt veel energie te besparen wanneer er één of nog liever twee energieschermen volledig gesloten kunnen blijven gedurende de nacht. De belangrijkste beperking daarvoor is het slechter worden van de vochtafvoer vanuit het gewas. In dichte teelten als Gerbera en Matricaria is getracht om met behulp van ventilatoren boven het gewas die vochtafvoer te stimuleren, maar dat had binnen het bladpakket te weinig effect. Wel konden de verticale temperatuurverschillen minimaal worden gemaakt met de ventilatoren waardoor er met een hoge RV geteeld kon worden zonder condensatie van vocht op het blad. Dat wordt mede veroorzaakt doordat het blad of de bloem minder afkoelen doordat de uitstraling naar het koude kasdek is afgeschermd met een volledig gesloten doek. Daardoor nam Botrytis niet toe ondanks de hogere RV's als gevolg van het sluiten van het scherm. Toch is dit geen gewenste situatie, omdat er dan heel erg dicht tegen risicogrenzen aan geteeld zou moeten worden. Als volgende stap in het proces richting meer sluiten van energieschermen is daarom gekozen om de vochtigheid tussen het gewas actief te gaan verlagen door middel van het circuleren van lucht binnen het gewas. Daarbij zijn er 3 gedachten mogelijk:

- Kaslucht door het gewas laten circuleren.
- Droge buitenlucht tussen het gewas blazen.
- Een combinatie van beiden

In het eerste geval is er geen sprake van vochtafvoer vanuit de kas, maar alleen het uniformer maken van het absoluut vochtgehalte van de hele kasruimte door het vocht daar weg te halen waar het geproduceerd wordt, tussen het gewas. Als vochtafvoer uit de kas door het potdicht houden van het scherm belemmerd wordt, loopt de RV en dus ook de dampdruk in de hele kasruimte op. Naarmate het verschil in dampdruk tussen plant en kaslucht kleiner wordt, daalt de verdamping. Als de dampdruk van de kaslucht groter is dan de dampdruk bij de plant, dan zal er zelfs condensatie op de plant plaatsvinden. Dat kan het geval zijn bij als de plant eerst wordt afgekoeld door koude luchtstromen of uitstraling naar het kasdek, gevolgd door luchtstromen met warme vochtige lucht.

Als op een plaats tussen het gewas de verdamping wordt gestimuleerd door verwarming, dan ontstaat daar warme lucht met een hoge dampdruk. Als deze warme vochtige lucht wordt verplaatst naar koudere plantendelen dan kan daar condensatie plaatsvinden. Zolang de plant warmer is dan de lucht is er geen kans op condensatie, maar zakt de planttemperatuur onder de dauwpunttemperatuur van de langsstromende lucht, dan ontstaat er snel een probleem.

In de tweede situatie wordt actief vocht afgevoerd door een continu dampdrukverschil tussen plantonderdeel en de langsstromende lucht. De plant zal daar op gaan reageren door meer te verdampen. De dampdruk is afhankelijk van absoluut vochtgehalte en temperatuur. Zijn de temperaturen van plant en kaslucht nagenoeg gelijk dan kun je door het meten van de RV bepalen of er vochttransport plaatsvindt. Buitenlucht bevat vrijwel altijd een lager absoluut vochtgehalte dan de kaslucht. Zowel droge als koude buitenlucht geeft een hoge ontvochtigingscapaciteit per m³ lucht. Is het buiten erg droog, dan kan het noodzakelijk zijn om maar weinig buitenlucht binnen de kas te brengen. Worden er slurven gebruikt om de lucht onder het gewas te transporteren, dan kan de druk in de slurven zo laag worden dat er geen gelijkmatige distributie meer mogelijk is. In dat geval zijn er twee opties om de slurven altijd op druk te houden.

1. een aangepaste regeling
2. bijmengen met kaslucht

Die laatste optie is de meest gebruikte bij Het Nieuwe Telen. Voor dit onderzoek is ervoor gekozen om alleen opties 1 en 2 te bestuderen. Beide zijn goedkoop in aanleg en in natuurkundig opzicht liggen ze het verst uit elkaar.

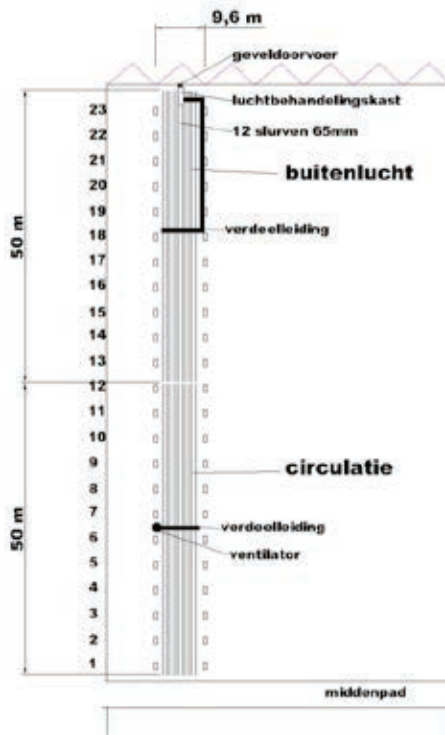
2 Opzet van het onderzoek.

2.1 Matricaria

2.1.1 Opzet

Een theoretisch optimale installatie voor een niet belichte teelt kan ongeveer $5 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{uur}$ lucht verplaatsen. Als dat buitenlucht is kan gemiddeld een vochtafvoer van $25 \text{ g}/\text{m}^2\cdot\text{uur}$ worden gerealiseerd bij voldoende verschil in absoluut vocht binnen/buiten. Er is bij Matricaria echter erg weinig ruimte voor slurven tussen het gewas. De planten staan 12,5 cm uit elkaar en er is hijsgas met buisverwarming tussen de planten. De teelt vindt plaats in de vollegrond en er wordt bovendoor beregend. De plantmachine rijdt over de verwarmingsbuizen die tijdens het planten op de grond liggen. Al met al is er in het hijsframe om de 80 cm ruimte voor een slurf van 65 mm. Daarmee kan in principe $5 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{uur}$ lucht worden getransporteerd, als de slurven niet langer zijn dan ongeveer 12,5 meter. Dat zou betekenen dat er om de 5 tralies een aanvoerleiding moet zijn die dwars op de bedden ligt en vanuit een grote hoofdleiding lucht aanvoert naar de slurven. Op een kap van 100m lengte kunnen zo 4 vakken van 25 m worden aangelegd. De hoofdleiding moet dan worden ingegraven en zal ongeveer $5000 \text{ m}^3/\text{uur}$ transporteren. Daarvoor is een diameter van ongeveer 600 mm nodig. Daaruit komen dan 4 verdeelleidingen van ongeveer 250 mm die dwars op het hijsstelsel liggen en met een flexibele slang zijn aangesloten. Omdat dit voor de plantmachine een moeilijke barrière is moet gekeken worden of integratie van de verdeelkoker in het hijsframe mogelijk is, maar duidelijk is al wel dat de verdeelkoker ten koste gaat van een rij planten. Omdat de betrokken tuinder deze “optimale” installatie teveel bezwaren vond hebben, is gezocht naar een betaalbaar alternatief. In eerste instantie werd deze gezocht in een gewone CO_2 -darm van 65 mm met daarin om de 10 cm aan weerszijden gaatjes van 0,8 mm. Theoretisch kun je daarmee vanaf de gevel met één lengte slurf werken van 100 meter. Voor de proef is ervoor gekozen om uit te gaan van twee dwars liggende verdeelleidingen, één voor de buitenluchttoevoer, de ander voor de kaslucht circulatie.

PROEFOPZET MATRICARIA bv





Figuur 2.1. Ventilator voor kasluchtcirculatie. Figuur 2.2. Luchtbehandelingskast.

De slurven hingen op ongeveer $2/3^e$ van de planthoogte. De voorste helft van de kap van $9,6 \times 100\text{m}$ was voorzien van een ventilator net onder het scherm met een debiet van $2000 \text{ m}^3/\text{uur}$ die lucht uit de kas aanzog en over de slurven verdeelde. In de toevoerleiding werd ook CO_2 gedoseerd, zodat de slurven een dubbele functie hadden.

De achterste helft van de kap was voorzien van een luchtbehandelingskast met een debiet van $2000 \text{ m}^3/\text{uur}$ die buitenlucht aanzog en via een verwarmingsblok op kon warmen tot kasttemperatuur.

Ook hier werd in de hoofdleiding CO_2 gedoseerd. Deze luchtbehandelingskast was voorzien van een klep waarmee in de stroom buitenlucht ook kaslucht kon worden toegevoegd. In Figuur 2-2 is deze klep in geopende toestand te zien. In eerste instantie werd deze ook gebruikt, met name om altijd luchtcirculatie te kunnen realiseren vanwege de CO_2 -toevoer. Zo gauw als deze klep opende nam de hoeveelheid aangezogen buitenlucht zo ver af dat er nog nauwelijks sprake was van buitenlucht toevoer. Dat kwam doordat de toevoer van buitenlucht via een kanaal door de voet van de kas heen teveel weerstand had door onder andere twee haakse bochten en door de lengte van het kanaal.



Figuur 2.3. Aanvoer van buitenlucht door de voet.

Nadat dit was ontdekt is de klep afgesloten en werd dus alleen nog maar buitenlucht toegevoerd. Dat was niet nadelig voor de CO₂-toevoer omdat door het lage debiet aan lucht de installatie vrijwel continu moest draaien. Echter met de CO₂-slurven kun je bij lage drukken niet veel meer dan

1 m³/m².uur aan lucht in het gewas brengen. Nadat deze oplossing geen effect bleek te hebben is overgestapt naar speciaal vervaardigde slurven. Die bestonden uit 65 mm slurven van 25 meter lengte met aan weerszijden gaatjes van 5mm die 40 cm uit elkaar zaten. Daarmee kon theoretisch ongeveer 4 m³/m².uur lucht worden verplaatst.



Figuur 2.4. 65mm slurven in hijsgaas.

Helaas bleek dat de installatie door teveel weerstanden in de leidingen veel minder lucht leverde dan berekend waardoor het niet mogelijk was om alle slurven over de hele lengte lucht te laten leveren. Daarnaast bleek dat de slurven door het horizontale uitblazen te weinig invloed hadden op het klimaat onderin het gewas.

Daarom is als laatste een derde slurftype gebruikt, eveneens van 65 mm, maar met 8 mm gaatjes om de 75 cm die naar onderen waren gericht. Daarmee lukte het wel om de slurven overall op druk te houden, maar toch kwam het debiet niet hoger dan 2 m³/m².uur.

2.1.2 Meetnet



Figuur 2.5. Meetboxen op 3 hoogten.

Binnen elk veld is een meetpaal aangebracht met op 3 hoogten een geventileerde meetbox met droge/natte bol meting van temperatuur en RV, een PAR en een IR bladtemperatuur meting. Om meer inzicht te krijgen in het microklimaat is op 2 hoogten binnen het gewas en net erboven een niet geventileerde draadloze meetbox opgehangen waarmee zowel RV als temperatuur gemeten kon worden. Die metingen zijn op twee plekken in ieder veld plus in een referentievak uitgevoerd.

2.2 Gerbera

2.2.1 Opzet

Hier is in principe dezelfde proef aangelegd zodat het verschil tussen kaslucht of buitenlucht onder het gewas blazen zichtbaar zou worden. Omdat Gerbera planten op goten staan was er voldoende ruimte voor een slurf onder de goten. Theoretisch zou het voorkeur verdienen om de droge opgewarmde buitenlucht zoveel mogelijk in het hart van de plant te blazen. Uit voorgaand Botrytisonderzoek is gebleken dat daar de sporen vermenigvuldigen en aan de ontwikkelende bloem worden overgedragen. Helaas is het boven de plant plaatsen van de slurf niet praktisch, omdat de slurf dan teveel licht wegneemt en de werkzaamheden belemmert. Daarom moest de slurf onder het bed. Om dan voldoende verlaging van de RV in het hart te krijgen is ervoor gekozen om de kap in de nacht af te sluiten met een oprolbaar tussenscherm en de droge lucht zo goed mogelijk door de kasruimte te verdelen. Daarvoor zijn in de kas verticaal blazende ventilatoren aanwezig, 1 ventilator per 220 m².



Figuur 2.6. Slurf onder het bed.



Figuur 2.7. Nivolator.

Door de droge lucht ook boven de plant aan te voeren werd gehoopt dat dit ook een drogend effect zou hebben op de het hart van de plant. Omdat de slurven alleen maar hoeven te zorgen voor een zo goed mogelijke verdeling van droge lucht onder het gewas, is ervoor gekozen om de gaatjes horizontaal te plaatsen. Daardoor wordt de droge lucht richting paden gestuwd, waar de verticale ventilatoren het kunnen oppikken.



Figuur 2.8. Luchtbehandelingskast buiten.

Buiten de kas is een metalen warmtewisselaar geplaatst met vorstbeveiliging en stoffilter, een verwarmingscapaciteit van $50 \text{ W/m}^2\text{kas}$ en een ventilator van $2000 \text{ m}^3/\text{uur}$. Voor de kap van $8 \times 63 \text{ m}$ komt dat neer op $4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{.uur}$.

De slurven waren 250 mm doorsnede, 63 m lang, 5 stuks per tralie van 8 m en aan weerszijden voorzien van gaatjes van 8 mm die 40 cm uit elkaar waren. De slurfdiameter en de gaatjes zijn zodanig berekend dat een optimale luchtverdeling ontstaat bij een zo laag mogelijke druk in de slurf (40 Pascal). Daarmee wordt het stroomverbruik van de ventilator uitermate laag gehouden zodat zonder bezwaren veel draaiuren gemaakt kunnen worden. De regeling is uitermate simpel gehouden vanuit kostenoverwegingen. Dat betekent dat de uitblaasttemperatuur wordt gemeten en geregeld op kastemperatuur en dat de ventilator draait als de RV tussen het bladpakket gemeten te hoog is. Alleen voor de winter is er een schakeling waarmee de ventilator op halve snelheid kan draaien. De gaatjes in de slurf zijn zo berekend dat ook dan de verdeling over de lengte van de slurf goed blijft. In die periode hoeft er relatief weinig ontvochtigd te worden en dan zou de ventilator te vaak moeten aan en uitschakelen.

Door een ruime marge op de RV setpoints hoeft de installatie niet veel starts te maken, hetgeen gewoonlijk als groot bezwaar van een aan/uit regeling wordt gezien. Dit regelprincipe is gebaseerd op de gedachte dat een kas in feite een groot volume aan vocht herbergt en daarmee min of meer zelfregelend is. Droge kaslucht neemt snel weer vocht op en dan zou de installatie heel vaak een start moeten maken als je heel strak vasthoudt aan een bepaalde RV. Voor de plant is daar helemaal geen noodzaak toe, zolang er maar geen gevaar is op condens en er over een bepaald tijdsbestek maar voldoende verdamping is geweest voor bijvoorbeeld calcium transport. In principe kan de opgewarmde buitenlucht het gebruik van een minimum buis overbodig maken. Omdat de verwarming in deze kap niet apart geregeld kon worden is ervoor gekozen om de helft van de buisrail buizen dicht te draaien.

In de naastliggende kap zijn dezelfde slurven aangebracht en waren ook verticale ventilatoren aanwezig. In plaats van een buitenluchtsysteem was in deze kap een ventilator van $2000 \text{ m}^3/\text{uur}$ aangebracht die net onder het scherm kaslucht aanzog op ongeveer 3 meter van de buitengevel en in de slurven bracht. Dit systeem heeft permanent gedraaid. Bij beide systemen is de CO_2 via een apart net gedistribueerd.

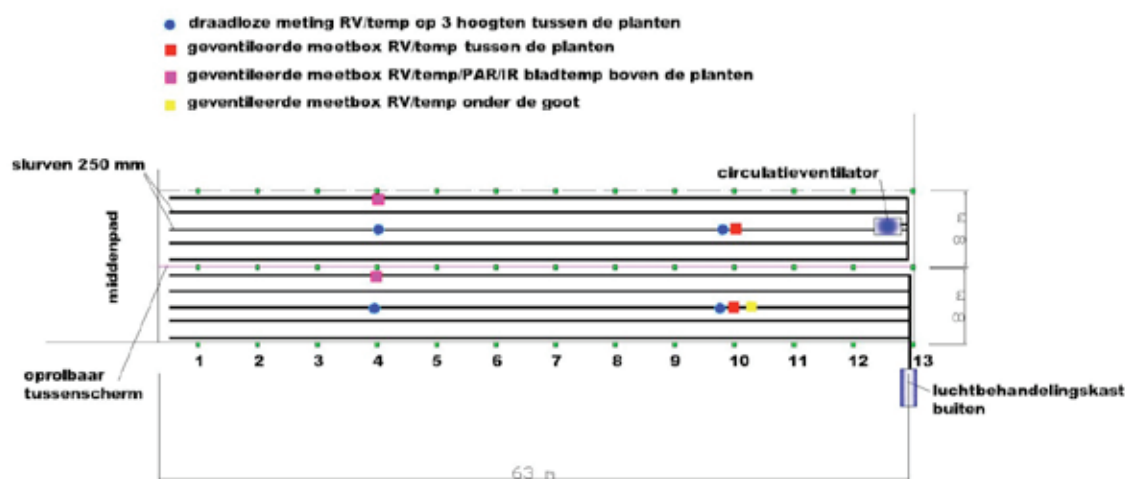
2.2.2 Meetnet



Figuur 2.9 Ventilator voor circulatie kaslucht.

In beide kassen is een voor Botrytis zeer gevoelige cultivar geplaatst, 'Ice Queen'.

Met ongeventileerde Wysensis draadloze sensoren is het microklimaat (temperatuur en RV) onder, tussen en vlak boven het bladpakket gemeten op twee posities verdeeld over de lengte van de slurf. Omdat deze sensoren gevoelig zijn voor instraling is ook nog met geventileerde meetboxen het klimaat (temperatuur en RV) tussen, onder en boven de planten gemeten. Bovendien zijn het PAR licht en de bladtemperatuur gemeten. Ter vergelijking is in een andere kap met een traditionele klimaatregeling op dezelfde wijze het microklimaat en het kasklimaat gemeten. Gedurende de proefperiode zijn 3 keer vaasleven proeven uitgevoerd om eventuele verschillen in Botrytis aantasting op te sporen.



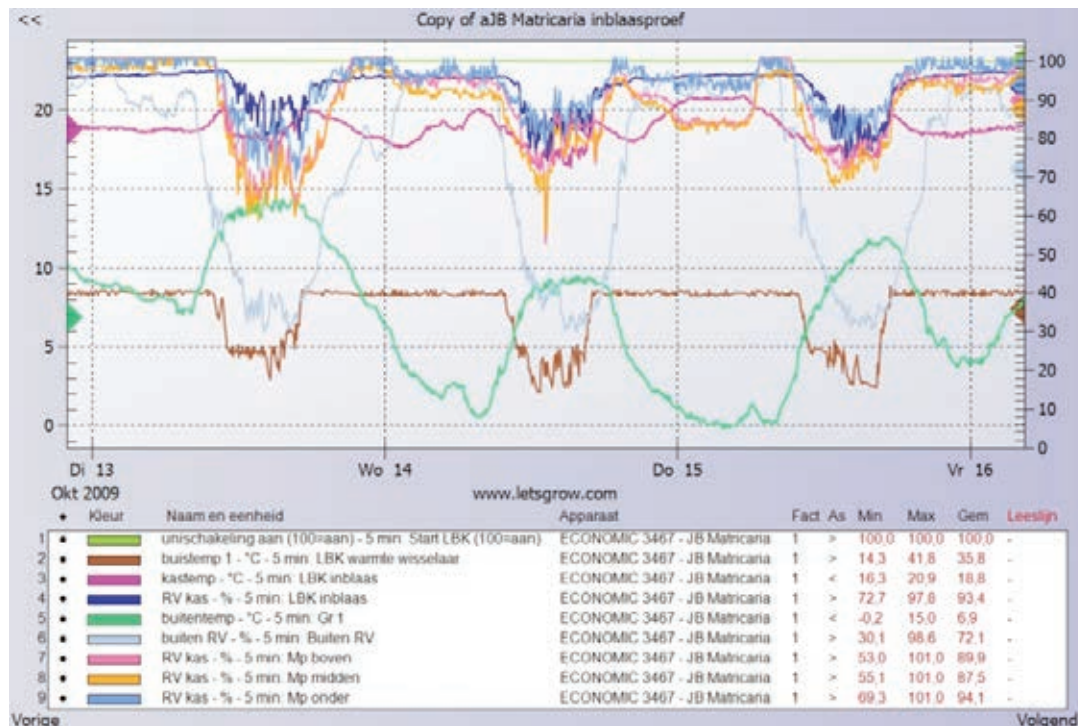
Figuur 2.10. Plattegrond proef Gerbera.

3 Resultaten

3.1 Matricaria

3.1.1 CO₂ slurf

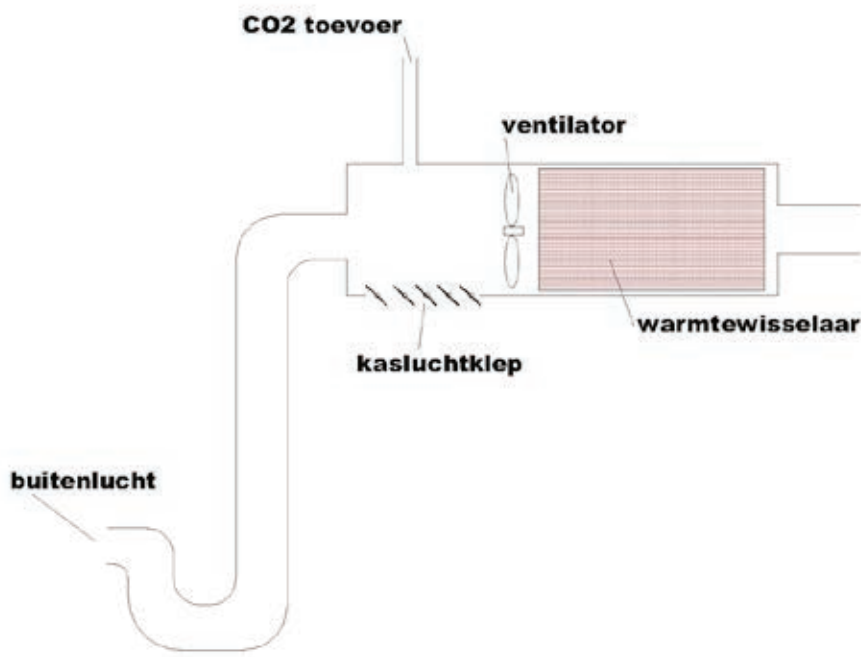
De eerste metingen zijn verricht met een CO₂ slurf van 65 mm op elke 0,8 m. Deze slurf leverde een debiet van 0,8 m³/m².uur. Dat is zo weinig lucht, dat er nauwelijks een effect te vinden was op de RV binnen het gewas zoals blijkt uit de volgende metingen.



De RV onderin het gewas (RV kas, Mp onder) was erg hoog met een gemiddelde waarde van 94%, maar in de nacht soms tot 100%. Wat verder opvalt in deze grafiek is dat de RV van de ingeblazen lucht (RV kas, LBK inblaas) erg hoog is. Weliswaar is het buiten ook erg vochtig, maar de temperatuur is ook laag, opwarmen van die lucht van 0 naar 18 graden zou de RV flink verlaagd moeten hebben, maar dat was niet zo. Hij was zelfs even hoog als de kas RV. Na onderzoek bleek dat de klep die in de zijkant van de binnen geplaatste LBK zat om kaslucht mee te kunnen circuleren een vervelende invloed had op de buitenlucht toevoer. Zo gauw als deze maar enigszins open ging was de weerstand van dat kanaal heel klein ten opzichte van de buitenluchttoevoer die bestond uit een heel lang kanaal met ook nog eens drie bochten erin. Zo gauw als het buiten vroom ging de kasluchtklep zelfs helemaal open om vorstschade te voorkomen. Het resultaat was dat er nauwelijks buitenlucht werd aangezogen. Door het kleine debiet door de slurven werd de hoeveelheid buitenlucht die tussen het gewas werd gebracht ook nog eens heel klein en daarmee de invloed op de RV onderin het gewas verwaarloosbaar klein.

Bij de Matricariaproeven is eerst een meetpaal en zijn later meerdere draadloze sensoren gebruikt om de RV te meten, waarvan de data in grafieken worden weergegeven. De draadloze sensoren zijn als volgt geplaatst in de proeven:

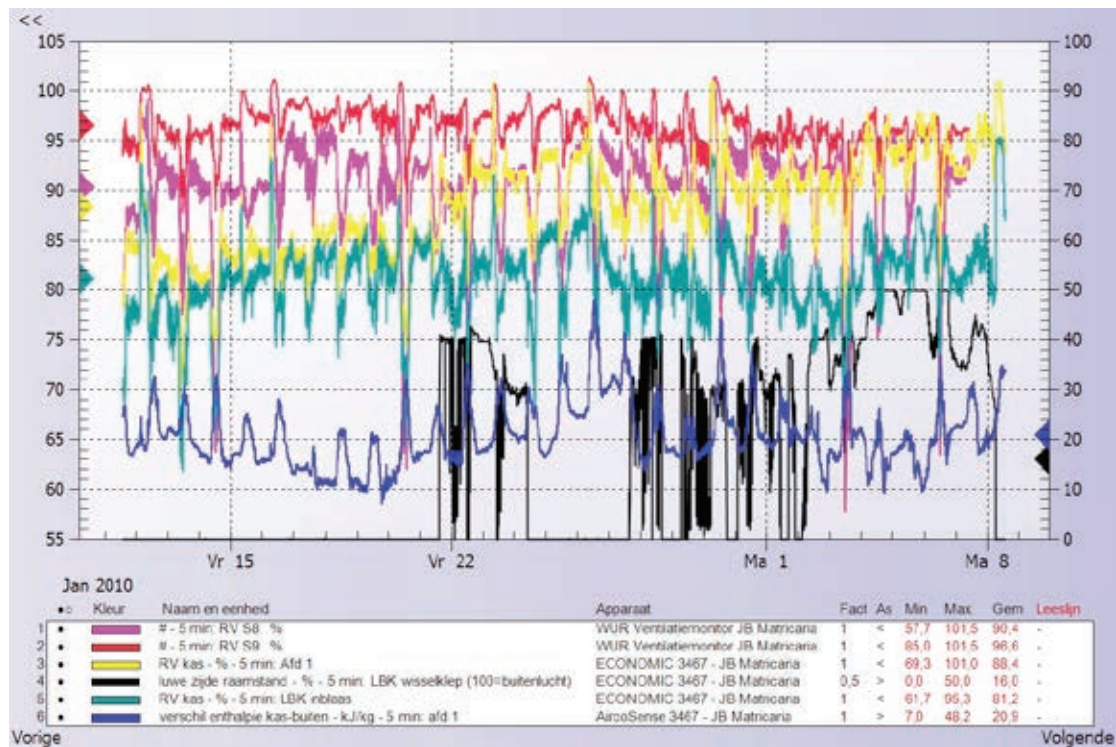
	Buitenluchtinblaas	Recirculatieproef	Referentie
Boven(in) gewas	S8	S6	S12
Onderin gewas	S9	S7	S11



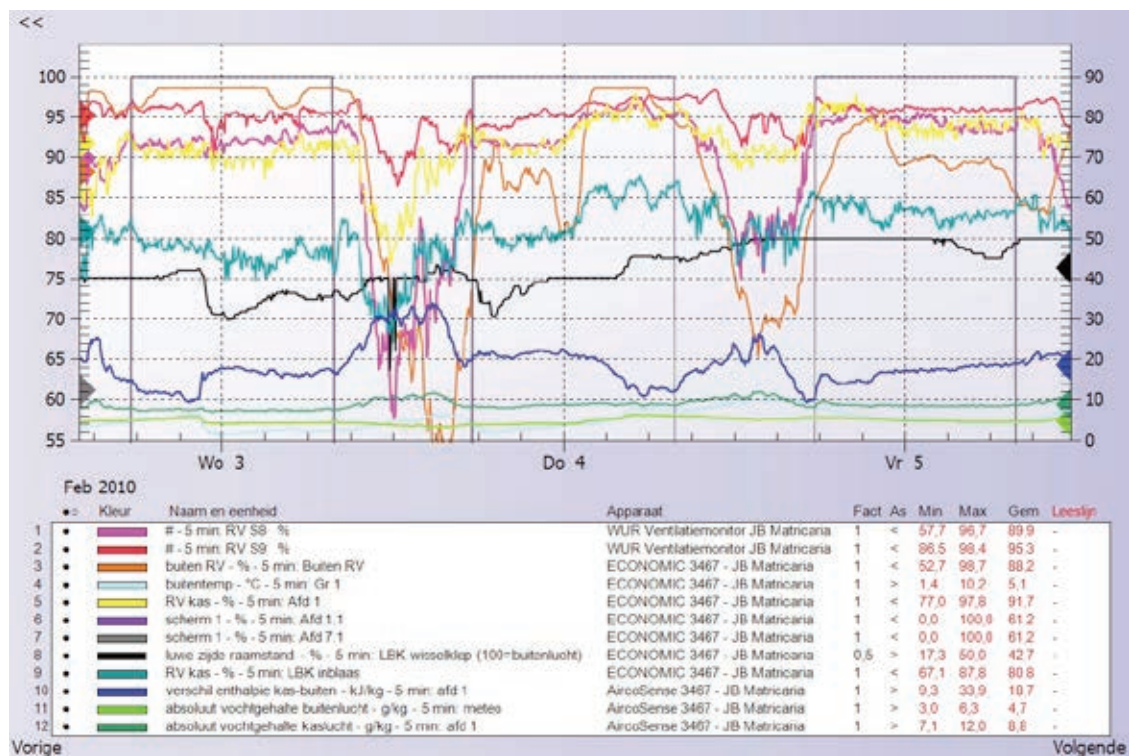
Figuur 3.1. Schematische weergave luchtbehandelingskast.

3.1.2 Slurven met 5mm gaatjes

Hierna waren er per meter slurf 6 gaatjes (hartafstand 40cm) van 5mm op een uitblaasrichting van kwart voor drie. Dat is ongeveer 10 keer zoveel gatoppervlak als er eerst was. Daarmee is het debiet van $1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{uur}$ gegaan naar $2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{uur}$. Eigenlijk had dat het dubbele moeten zijn, maar de weerstand van de aanzuigleiding door de voet heen bleek veel te hoog, onder meer doordat daar 3 haakse bochten in waren opgenomen en omdat de buisdiameter beperkt was om door de kasvoet heen te komen. Daarnaast was ook de weerstand van de verdeelleidingen te groot omdat ook hier kleinere buisdiameters gebruikt waren dan optimaal zou zijn omdat in de hijsgaasinstallatie de daarvoor benodigde ruimte ontbrak. Het toegenomen debiet bleek in eerste instantie toch niet tot gevolg te hebben dat de RV tussen het gewas verder daalde. Uit de volgende grafiek is af te lezen dat de RV op gewashoogte (S9) erg hoog bleef. Net boven de bloemen (S8) is de RV beduidend lager en dicht bij de kasRV. Dat was te wijten aan het eerder omschreven effect van de kasluchtklep die ervoor zorgde dat wanneer deze ook maar enigszins open stond, er geen buitenlucht meer werd aangezogen. Vanaf 27 januari waren de mechanische problemen opgelost en vanaf dat moment kon de inblaasRV, dat wat uit de slang komt, beter geregeld worden. Omdat de gewenste RV tussen het gewas niet echt veel daalde en de klep toch regelmatig dicht liep omdat de inblaasRV in orde was is op 29 januari besloten om de inblaasRV stapsgewijs te verlagen. Op 1 februari naar 75% en op 4 februari naar 50%.

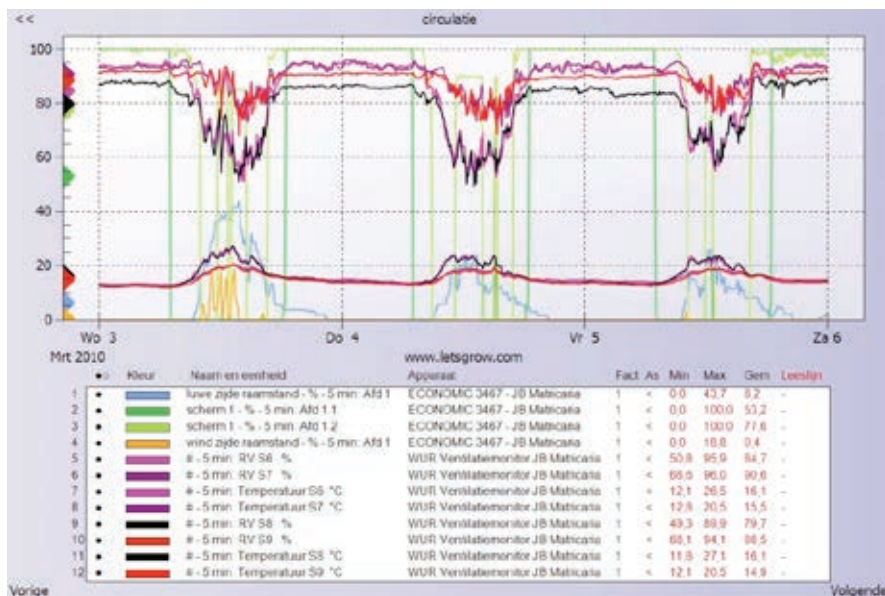


In de volgende grafiek is begin februari in detail weergegeven, waarin is te zien dat de maatregelen om de inblaas RV te verlagen nauwelijks effect hadden. De klep staat weliswaar meer open, maar de ingestelde inblaasRV wordt eigenlijk nooit gehaald. De RV tussen het gewas (S9) daalt wel wat verder, maar dat is waarschijnlijk vooral een gevolg van de lagere buiten RV.



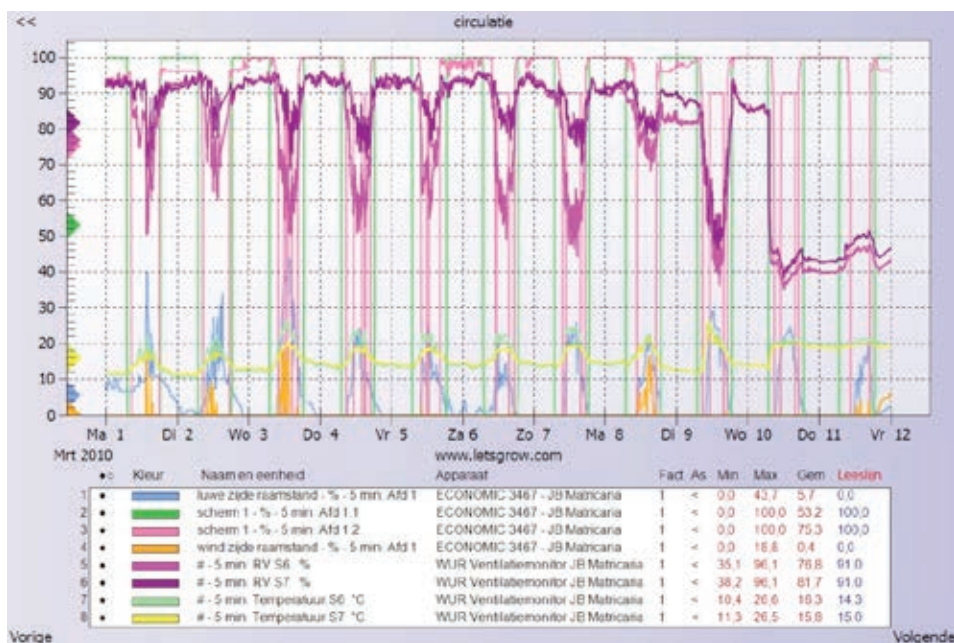
Het geringe effect op de inblaasRV is bij de heersende buitenomstandigheden frappant. Op 5 februari middernacht is het bijvoorbeeld buiten 4 graden en 80% RV, de inblaas temperatuur is dan 17 graden. Eigenlijk zou de inblaasRV dan 34% moeten zijn, maar hij is in werkelijkheid 81%. Er was dus nog steeds iets vreemds aan de hand. Geconstateerd werd dat de klep aan de zijkant van de LBK nog steeds veel lucht lekte. Besloten is toen om deze volledig af te sluiten en in de aanzuigopening (buitenlucht aanzuiging) van de LBK een extra RV meting te plaatsen.

Nadat dit was gebeurd nam het drogende effect van de installatie toe. De sensoren S8 (bovenin gewas) en S9 (onderin gewas) bevinden zich in de nacht tussen 85 en 90% RV. Daarbij valt op dat het bovenin het gewas wat droger is. Dat is nog beter te zien als we het vergelijken met de circulatieproef.

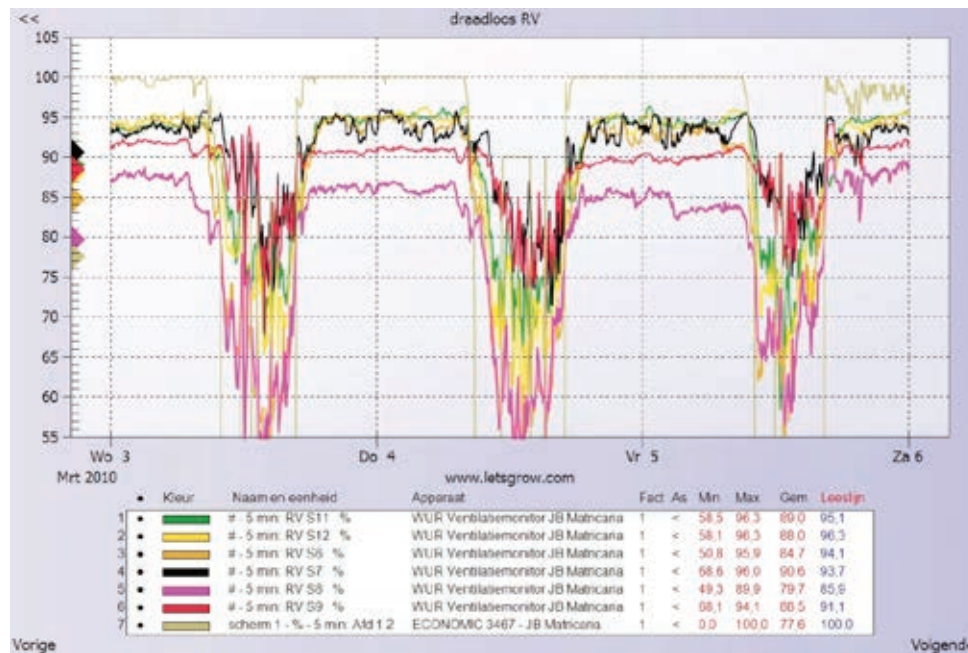


In de nacht met gesloten scherm bij buitenlucht toevoer, is de RV vooral bovenin het gewas (S8) relatief laag, namelijk $\pm 87\%$. Zeker in vergelijking met de kasluchtcirculatie metingen bovenin gewas (S6) en onderin gewas (S7). Bij de circulatieproef is de RV onder en bovenin nagenoeg gelijk, $\pm 95\%$. De temperaturen liggen in de nacht onder het gesloten scherm wel gelijk bij beide proefvakken.

Ook over een langere periode bezien komt de RV bij de circulatie een stuk hoger uit.



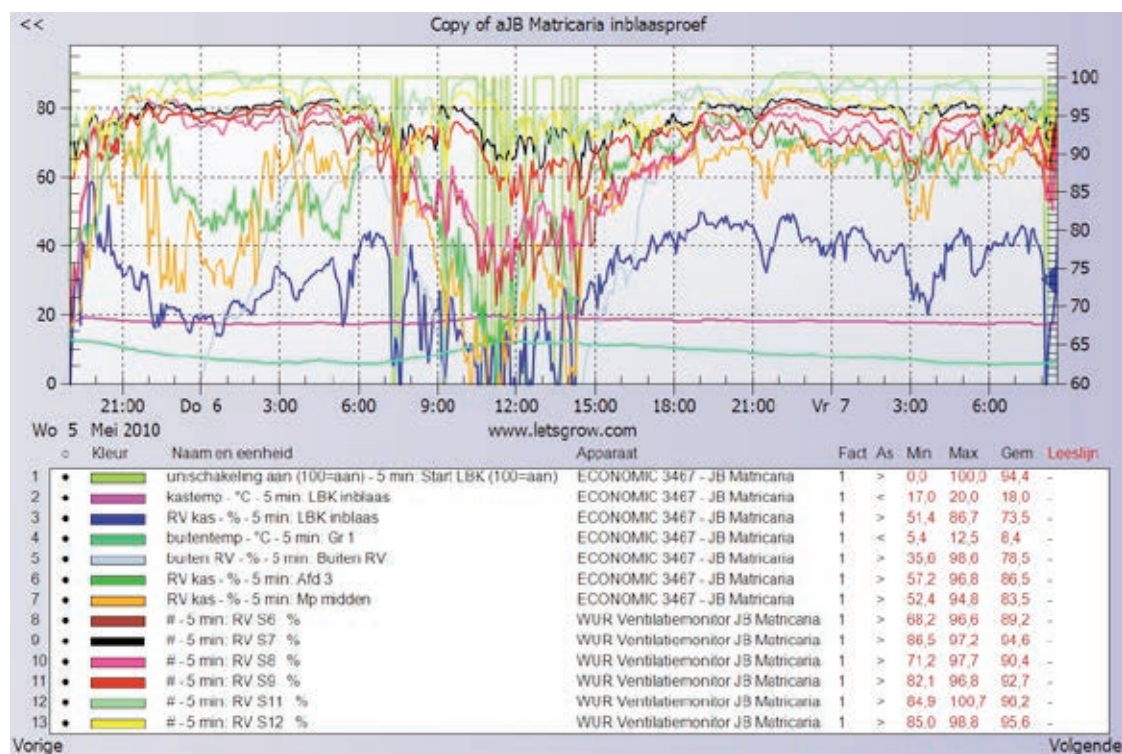
De conclusie is dat de verbeterde installatie een duidelijk effect heeft op de RV tussen het gewas. Kaslucht circuleren levert in ieder geval geen lagere RV op tussen het gewas. Dat is bijvoorbeeld te zien in de volgende grafiek waarin sensoren S11 (onderin gewas) en S12 (bovenin gewas) de situatie in een referentievak weergeven.



Omdat de problemen toch vooral onderin het gewas zitten en het hijsgaas juist bovenin het gewas hangt is besloten om toch nog een verandering in de slurven aan te brengen. De helft van de slurven is vervangen door slurven met gaatjes van 8 mm die om de 0,75 m zaten en naar beneden bliezen.

3.1.3 Slurven met naar beneden blazende 8mm gaatjes

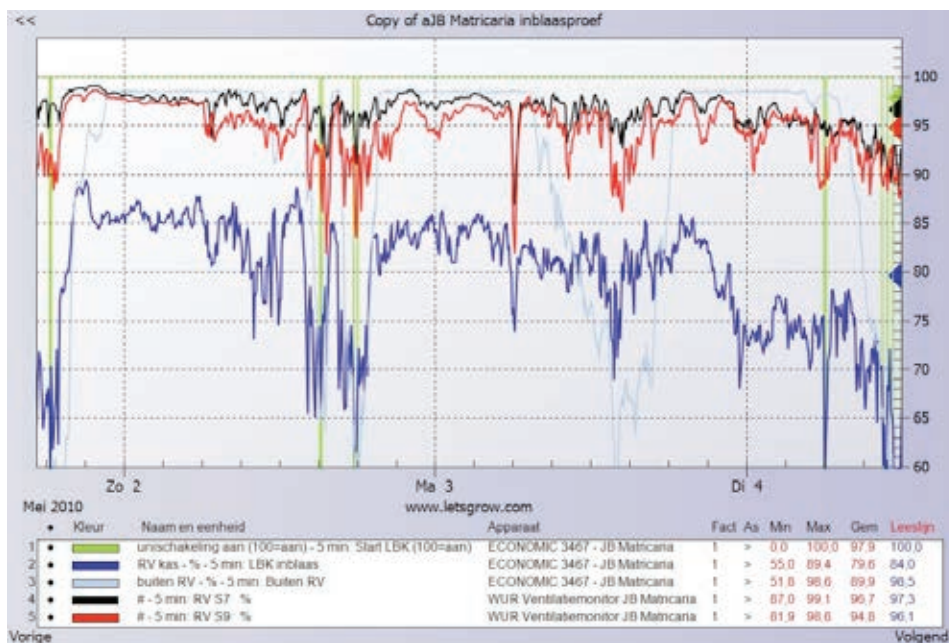
Aan het einde van de teelt zag de situatie er als volgt uit gedurende twee vochtige nachten:



Kaslucht circulatie valt op door de lagere RV bovenin het gewas (S6), vrijwel gelijk aan buitenlucht blazen bovenin (S8). Ook onderin (S7) is het net zo vochtig als bij buitenlucht blazen (S9). De referentie is zowel bovenin (S11) als onderin (S12) heel vochtig. Die referentie ligt in een kap met een andere RV boven het gewas (Afd 3). De beide proefvakken zijn dus droger, maar houden met een gemiddelde RV van 95% in de nacht nog steeds een risico op Botrytis. Er wordt lucht in het gewas geblazen met een RV tussen 68 en 82%, maar het debiet daarvan is duidelijk te laag om voldoende verschil te kunnen maken. Een deel van de verklaring ligt ook in het feit dat in het proefvak vaker (van bovenaf) water gegeven moest worden omdat de grond harder uitdroogde door de luchtstroom erlangs. Dat is een zeer ongewenst effect.

Het RV verloop in het gewas na beregenen is ook een goede indicator voor de werking van het systeem. Een voorbeeld daarvan is de volgende grafiek. Na een watergeefbeurt op zaterdagavond stijgt de RV onderin het gewas zowel bij de kasluchtcirculatie (S7) als bij buitenlucht toevoer (S9).

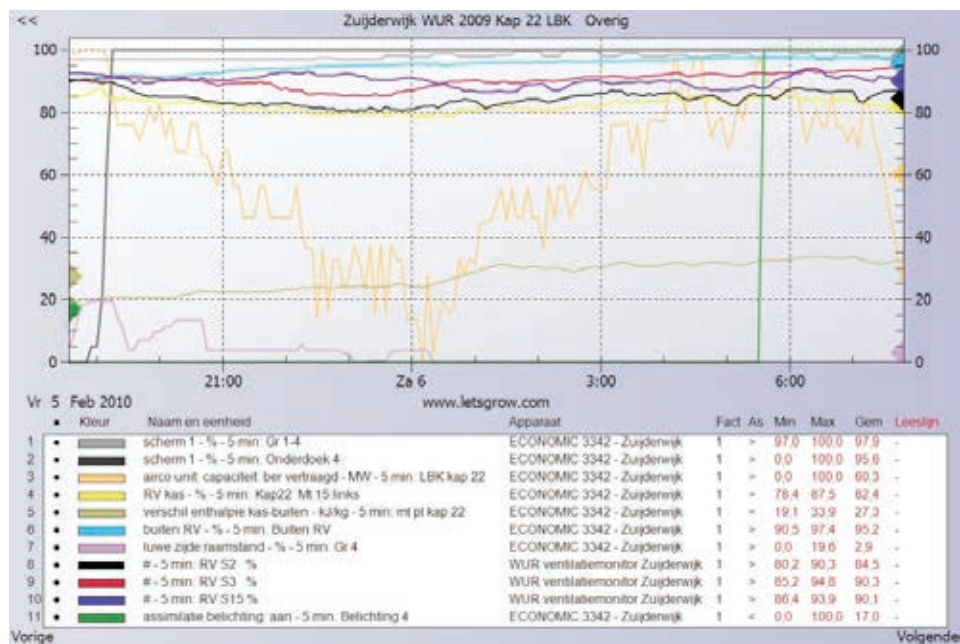
Het duurt tot dinsdag voordat de RV in het gewas structureel gaat dalen. Wel is zichtbaar dat bij een lagere inblaasRV de RV in het gewas bij buitenluchttoevoer tijdelijk sneller zakt. Maar over het geheel genomen duurt het te lang voordat de RV weer op waarden beneden de 90% komen.



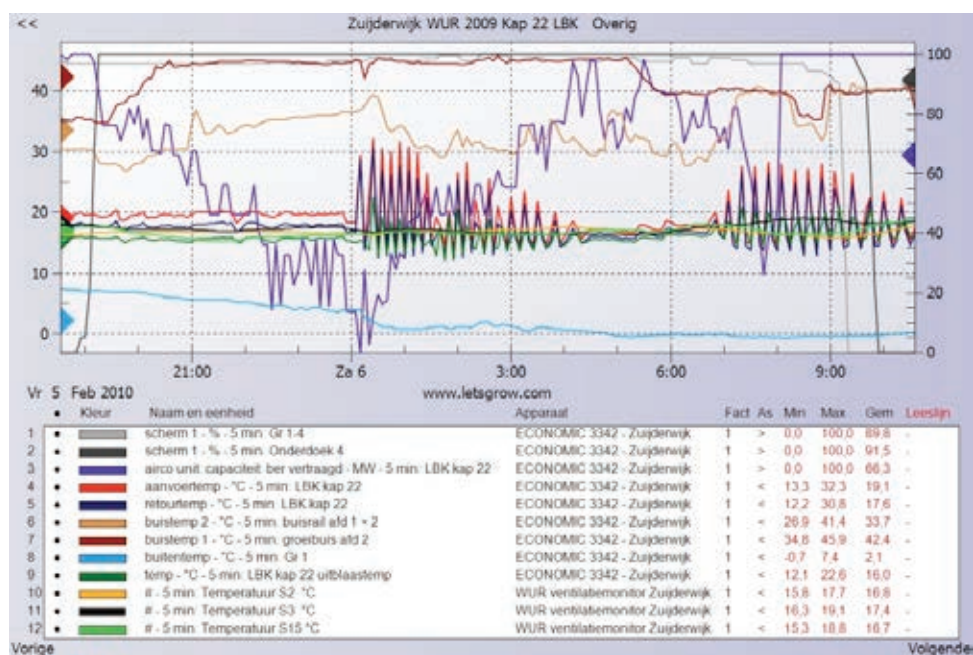
3.2 Gerbera

3.2.1 Klimaat

De buitenluchttoevoer had bij de Gerberaproef een waarneembaar effect op de RV tussen het bladpakket. In de volgende grafiek is dat te zien aan het verloop van de sensoren S2 (buitenlucht), S3 (kaslucht circulatie) en S15 (referentie).

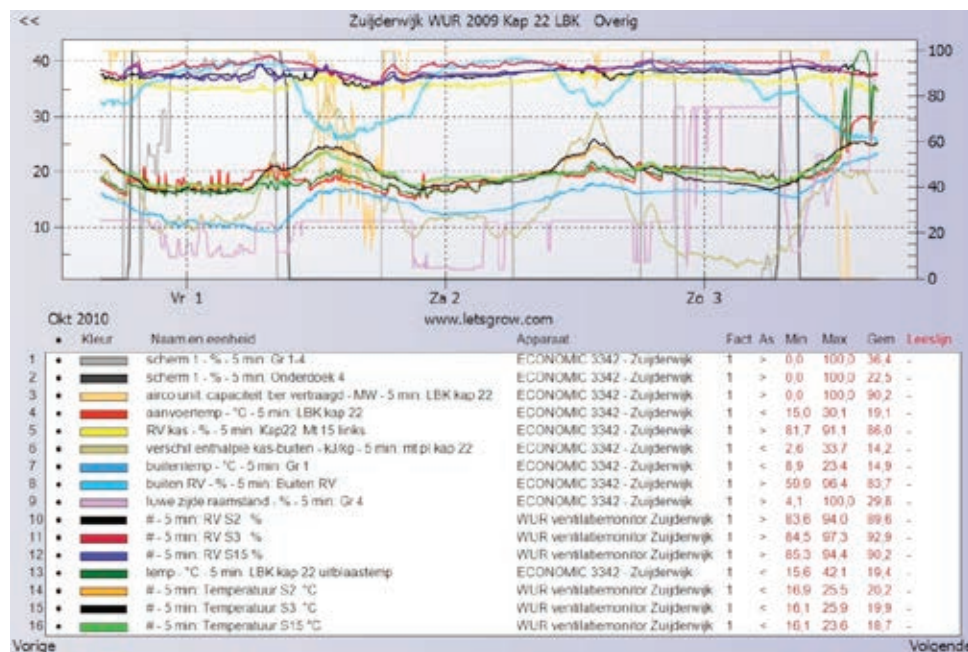


De gele lijn is de RV meting waarop beslist werd om al of niet te ontvochtigen. De grenswaarde was 80%. De installatie heeft niet continu gedraaid, maar is in capaciteit (LBK kap 22) gevarieerd door het toerental van de ventilator aan te passen. Na het sluiten van de ramen liep het enthalpieverschil met buiten op en werd het enerzijds gemakkelijker om te ontvochtigen, anderzijds moest de buitenluchttoevoer een groter deel daarvan voor zijn rekening nemen. De kasluchtcirculatie daarentegen laat de RV tussen het gewas vanaf dat moment verder stijgen dan de referentie en komt gemiddeld op 6% hoger uit die nacht dan bij de buitenlucht toevoer.

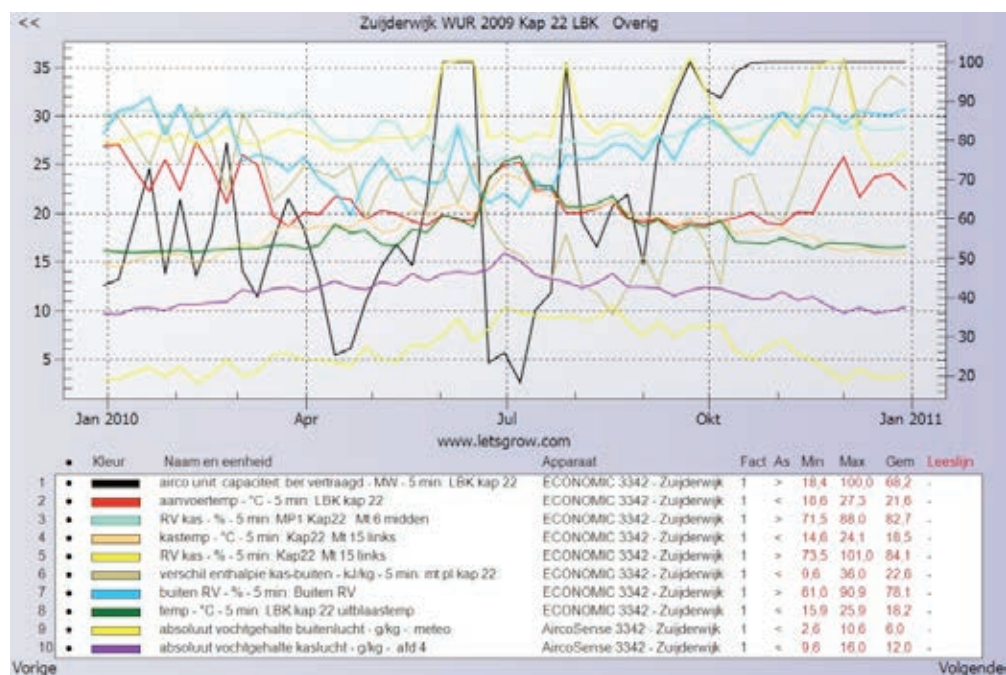


Het was die nacht koud en daaruit kon goed worden bepaald welke temperaturen er gerealiseerd werden en nodig waren om de kas en de toegevoerde buitenlucht op te warmen. Buiten was het 0 °C. De watertemperatuur waarmee die lucht opgewarmd moest worden tot 16 °C, was maximaal 32 °C. Zeer geschikt dus voor lage temperatuur bronnen. Bij de kasluchtcirculatie ligt de temperatuur tussen het bladpakket hoger. Dat komt door de vergrote warmteafgifte van de buizen door de luchtbeweging onder het bed. Bij de buitenluchttoevoer is dat niet omdat daar een deel van de buizen is uitgezet ter compensatie van de warmtetoevoer via de buitenlucht.

In de herfst zien de prestaties er als volgt uit. Het is dan buiten vooral warm.



De eerste nacht sluiten beide schermen. In de volgende nachten liggen ze veel open. De buitenlucht installatie draait vrijwel continu, maar kan de ingestelde 80% RV niet halen. Toch is er een aanzienlijk verschil tussen buitenlucht toevoer S2 en kaslucht circulatie S3. Met name als het scherm sluit stijgt RV van S3 snel. Tussen buitenluchttoevoer en referentie is het verschil in RV klein, maar bij de referentie staan wel tweemaal zoveel verwarmingsbuizen aan. De raamstand heeft hier een veel minder grote invloed op het functioneren van het systeem en dat komt omdat het enthalpieverschil ook veel kleiner is dan in februari. Verder valt op dat de benodigde watertemperatuur voor de opwarming van de buitenlucht nagenoeg gelijk is aan de uitblaastemperatuur.



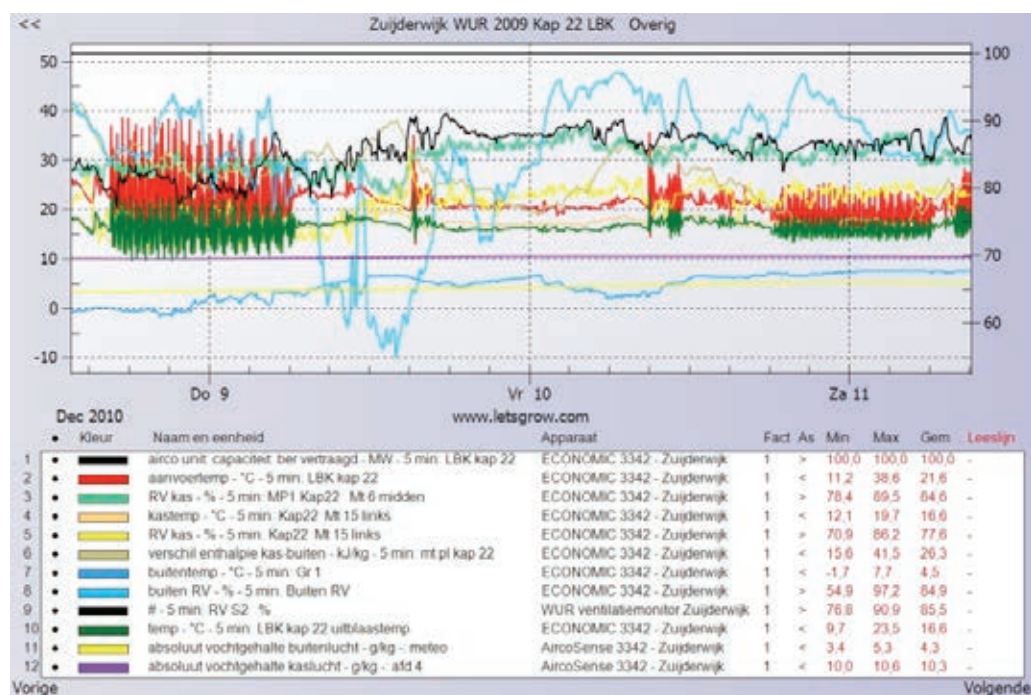
Over een heel jaar gezien vallen de volgende zaken op.

De installatie met buitenluchttoevoer is steeds vaker aan gezet, in het najaar zelfs continu. Dit is een keuze geweest van de teler omdat er vrijwel geen Botrytis meer optrad bij deze behandeling. Ook bleek dat de dode bladeren in het hart van de plant beduidend droger waren dan bij de kasluchtcirculatie.

In de grafiek loopt de RV van de meetbox 4 keer op tot 100%. Dat komt omdat het kousje droog stond. Deze meetbox zit midden tussen het gewas. Op zich reageert de airco unit correct door naar 100% capaciteit te gaan. Het is echter de vraag of dat altijd gewenst is.

Bij een elektronische RV meting zou het probleem van droge kousjes niet bestaan, maar daarvan is weer bekend dat deze bij hoge vochtigheden nat kunnen slaan en daarna lange tijd een te hoge RV aangeven. Een oplossing zou kunnen zijn om beide meetinstrumenten naast elkaar te plaatsen en altijd de laagste waarde te nemen. Een alternatief zou kunnen zijn om de installatie te besturen door hem aan en uit te schakelen op basis van een RV meting in de ruimte en het debiet te bepalen op basis van het verschil in absoluut vocht. Dat kan dan gemeten worden met een RV meter boven het gewas. Helaas is de meting van RV buiten ook niet altijd betrouwbaar. Maar met een goede behuizing en maatregelen tegen het langdurig natslaan toch wel goed uitvoerbaar. Het verschil in absoluut vochtgehalte binnen-buiten was in de maanden augustus en september het kleinst. Uit een analyse van het regelgedrag in december valt op te maken dat de RV tussen het bladpakket een relatie vertoont met de RV van de kasruimte.

Uit de volgende grafiek blijkt dat ondanks het continu aan staan van de unit de RV van de kasruimte toch niet extreem laag wordt. Dat is ook logisch, want uiteindelijk wordt maar 1,4 keer per uur de kasinhoud door droge buitenlucht vervangen.



De RV kas MP1 die in de ruimte zit loopt redelijk parallel aan, en is stabielere dan de meting S2 die tussen het bladpakket zit. Deze RV-kas meting lijkt dus heel goed bruikbaar om de moeilijke meting tussen het gewas te vervangen. Die laatste is niet alleen moeilijk te onderhouden, maar is ook zeer afhankelijk van de plek waar hij zit. Soms is er veel bladpakket en weinig luchtstroming en omgekeerd. En hoewel de installatie hier continu gedraaid heeft en de buiten RV en absoluut vocht relatief laag waren, heeft dat toch niet tot extreem lage RV's tussen het gewas geleid. De installatie verplaatst bij vollast 4,2 m³/m².uur. Het gemiddeld absoluut vochtverschil tussen kaslucht en buitenlucht is in deze grafiek 6 g/kg ofwel ongeveer 7,5 g/m³. Dat betekent dat per uur $4,2 \times 7,5 = 31,5$ gram vocht per m² wordt afgevoerd. Het gewas kan dat gemakkelijk verdampen, dus ook weer aanvullen wanneer dat continu zou worden afgevoerd. Het lijkt daarmee goed te verdedigen om het debiet zodanig te regelen, dat de berekende vochtafvoer (luchtdebiet * het absolute vochtverschil binnen/buiten) in verhouding blijft met de geschatte verdamping (o.a. straling en bladoppervlak). Dit kan een rustiger en betrouwbaarder regeling geven dan op basis met een exacte meting van de RV tussen het gewas.

Over het effect van de nivolatoren bestaat nog discussie bij de Gerbera-telers. In dit onderzoek is het gebruik van de nivolatoren als positief ervaren. In een voorgaand onderzoek op dit praktijkbedrijf was al duidelijk geworden dat in combinatie met het gebruik van Nivolatoren twee schermen volledig gesloten konden worden en de minimum buis afgeschaft. Dat leverde naast energiebesparing een hogere RV op maar niet meer botrytis. Met de toevoeging van de buitenlucht toevoer kon bij een beperkt debiet aan buitenlucht botrytis goed worden voorkomen. In onderzoek bij het Improvement Centre in Bleiswijk⁽²⁾ is gevonden dat de nivolatoren wel luchtbeweging boven, maar niet tussen het gewas konden genereren. De luchtbeweging boven het gewas zou dan ook de RV in het hart van de plant niet kunnen verlagen. Omdat in het in dit rapport beschreven onderzoek nooit zonder Nivolatoren is gewerkt kan niet worden uitgesloten dat het resultaat ook zonder ventilatoren behaald kan worden.

Over het regelgedrag van de verwarming valt wel iets negatiefs op te merken. De uitblaastemperatuur vertoont vreemd gedrag. Sommige nachten is hij stabiel, andere nachten fluctueert hij behoorlijk. Dat heeft te maken met het regelgedrag van de mengklep in combinatie met een fluctuatie in de temperatuur van de hoofdleiding. De mengklep was eigenlijk te groot uitgevoerd, hetgeen vooral zichtbaar is tijdens de (eerste) koude nacht. De unit was niet aangesloten op een eigen hoofdleiding, maar was afhankelijk van het groeibuisnet. Ook dat draagt niet bij aan een stabiele regeling.

3.2.2 Botrytis metingen

In de periode november 2009 t/m januari 2010 zijn 3 keer 10 bloemen opgehaald van iedere behandeling. Na een transportsimulatie is het vaasleven gevolgd. De volgende tabel geeft een overzicht van de scores op Botrytis. Omdat er ook nogal wat meeldauw is voorgekomen in deze periode is dat in de opmerkingen apart weergegeven.



Figuur 3.2. Links kaslucht, rechts buitenlucht.



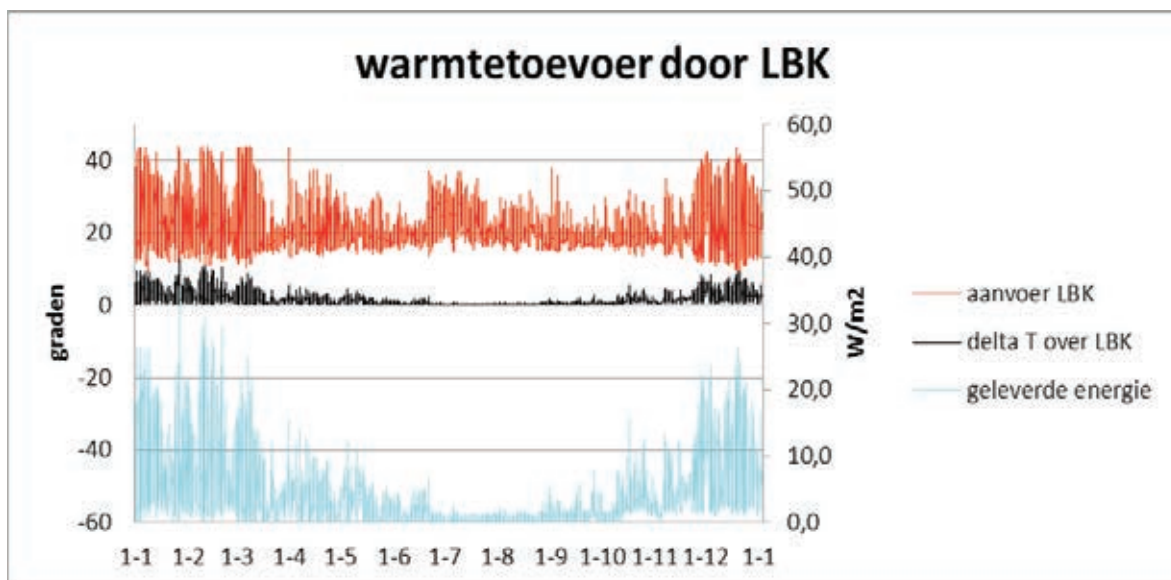
Figuur 3.3. Buitenlucht.



Figuur 3.4. Kaslucht.

Botrytis metingen cultivar : Ice Queen						
behandeling: voorbehandeld en 5 dagen in de cel bij 4 graden						
klasse indeling: 0=0, 1=<10, 2= 11-25, 3=>26						
datum 2 november						
		1e oordeel	2e oordeel	eindoordeel	vaasleven in dagen	opmerkingen
referentie		1,57	1,71	1,71	16	6 bloemen meeldauw
kaslucht		1	1	1,1	16,4	5 bloemen meeldauw
buitenlucht		1,1	1,4	1,5	17,7	10 bloemen meeldauw
Conclusie: weinig verschillen tussen de behandelingen						
datum 24 november						
referentie		0,4	0,6	0,6	20	veel meeldauw
kaslucht		0,5	1,1	1,1	19,7	veel meeldauw
buitenlucht		0,6	0,9	0,9	19,7	veel meeldauw
Conclusie: De meeste bloemen hebben een lichte botrytisaantasting. Er is geen duidelijk en/of constant verschil tussen de behandelingen						
datum 18 december						
referentie		1	1	1	20	
kaslucht		2,5	2,5	2,5	20	
buitenlucht		0,7	1	1	20	
Conclusie: grote verschillen binnenlucht, buitenluchtaanzuiging						

3.3 Energieverbruik



De installatie verbruikt op twee manieren energie, stroom voor de ventilator en warmte voor het opwarmen van de lucht. Op jaarbasis ziet de inzet van de installatie er als volgt uit:

De ventilator in de luchtbehandelingskast heeft in 2010 gemiddeld 3,48 kg/m².uur buitenlucht naar binnen gevoerd. Totaal is er op jaarbasis 34 kWh/m² warmte toegevoegd aan de buitenlucht. Omdat in deze proef de buisrail buizen voor de helft met de hand zijn dichtgedraaid, is er 50% minder energie via die weg binnengebracht. Dat komt bij een gemiddelde buistemperatuur van 28 graden gedurende 18 echte stookweken neer op 30 kWh/m² besparing. In totaal kost daarmee de buitenluchtopwarming netto 34-30= 4 kWh/m² extra op jaarbasis. Daar komt dan nog bij het stroomverbruik van de ventilator van 160W in de luchtbehandelingskast en de 4 verticale Nivola ventilatoren ook elk 160W. Met 6000 draaiuren komt het verbruik van de LBK op 1,9 kWh/m² op jaarbasis en van de Nivola ventilatoren op 7,6 kWh/m². Hoewel de installatie dus op zich geen energie bespaart, moet wel bedacht worden dat op dit bedrijf al 6 m³/m².jaar gasbesparing was behaald⁽¹⁾ door de schermen bij donker volledig te sluiten. Dat was mogelijk dankzij de verticale Nivola ventilatoren die een egaal klimaat in de kas maken. De toevoeging van buitenluchttoevoer met slurven was nodig om binnen dat concept Botrytis aantasting nog verder terug te dringen dan in de conventionele teeltwijze. Anders gezegd, er wordt 4 kWh/m².jaar warmte en 1,9 kWh/m².jaar elektriciteit ingeleverd op 54 kWh/m².jaar gasbesparing om een kwalitatief topproduct te kunnen leveren. Daaraan kan in de toekomst extra energiebesparing worden toegevoegd omdat nu nog geen echte isolatieschermen zijn toegepast, maar een verduisteringsdoek en een zonweringsscherm.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

4.1.1 Matricaria

Het is moeilijk om bij een dicht gewas als Matricaria, dat ook nog eens in natte kasgrond wordt geteeld, invloed uit te oefenen op de RV tussen de planten met het inbrengen van droge buitenlucht via slurven die in het gewas liggen. Er is slechts ruimte voor slurven van 6,5 cm doorsnede op elke 0,8 m breedte. Daarmee kon hoogstens 2 m³/m².uur buitenlucht tussen het gewas worden geblazen en dat levert te weinig verlaging van de RV tussen het gewas op. De hoek waaronder de gaatjes in de slurf staan is belangrijk. Omdat de slurven in het hijsgaas zijn opgenomen blazen ze alleen in het bovenste gedeelte van het gewas wanneer ze horizontaal uitblazen. Maar daar is de RV vaak al lager omdat de ruimte boven het gewas een lagere RV heeft door luchten of door condensatie aan een koud kasdek. Blazen ze meer naar beneden, dan droogt lokaal de grond extra uit, wat weer betekent dat er extra beregend moet worden. Door de lage inblaascapaciteit duurt het bij donker weer vervolgens weer dagen voordat het RV verhogende effect van zo'n regenbeurt weer teniet is gedaan. Een extra complicatie bij de toevoer van buitenlucht bleek een klep in de luchtbehandelingskast te zijn waarmee aan de buitenlucht warme kaslucht toegevoerd zou kunnen worden. Daarmee zou betere regelbaarheid gewaarborgd zijn omdat er altijd hetzelfde luchtdebiet is en de slangen altijd op druk blijven. Vooral bij een lage ontvochtigingsvraag of bij vorst zorgt de luchtmengklep theoretisch voor de dosering van de hoeveelheid buitenlucht. Helaas bleek dat zo gauw de kasluchtklep ook maar enigszins open ging, er nauwelijks nog buitenlucht werd aangezogen omdat de weerstand van het doorvoerkanaal naar buiten veel groter was dan de directe weg van de kaslucht via de klep.

Het circuleren van kaslucht via slurven van 6,5 cm levert een negatief effect op omdat de RV bij gesloten scherm uiteindelijk oploopt omdat er wel verdamping wordt gestimuleerd, maar geen vocht afgevoerd. Dat systeem wordt daarom als onwenselijk beschouwd.

4.1.2 Gerbera

De grote opgave is om in het hart van de plant voldoende droge lucht te krijgen omdat hier de basis wordt gelegd voor Botrytis ontwikkeling. Met horizontaal uitblazende slurven onder de goten in combinatie met verticaal circulerende ventilatoren boven de planten bleek het mogelijk om bij een zeer gevoelige cultivar 'Ice Queen' nagenoeg zonder Botrytis aantasting te telen dankzij het toevoeren van buitenlucht. Ook werd het afgestorven blad in het hart van de plant beduidend droger. De drogende effecten zijn wel afhankelijk van de buitencondities. Toch kon bij Gerbera het hele jaar met dit systeem worden gewerkt al moest in het najaar de installatie daarvoor wel continu draaien. Deze manier van ontvochtigen kostte op jaarbasis 1,9 kWh/m² extra stroom en 4 kWh/m² extra warmte via de luchtbehandelingskast. Daartegenover staat dat nu extra isolatie mogelijk wordt. Dankzij het in de nacht volledig gesloten houden van een verduisteringsdoek en een zonwering wordt namelijk 6 m³/m².jaar gas bespaard en dat kan zeker nog verder omhoog wanneer er beter isolerende schermen worden toegepast.

De regeling van de uitblaastemperatuur van de luchtbehandelingskast vertoonde gebreken. Door aanpassingen aan de mengklep en aan de plek waar de RV wordt gemeten waarop gestuurd wordt kan dit mogelijk nog verbeterd worden. De regeling op basis van het terugregelen van het luchtdebiet werkte goed, de slurven gaven over de hele lengte ook bij 50% debiet evenveel lucht. Daarmee was bijmengen van kaslucht om de slurven gevuld te houden overbodig. Dat is mede te danken aan de beperkte luchtcapaciteit van de installatie, waardoor hij vrijwel continu kan draaien terwijl er toch altijd voldoende capaciteit was om voldoende te ontvochtigen.

Het systeem voor recirculatie van kaslucht heeft geen positief effect gehad op de ontwikkeling van Botrytis en levert geen bijdrage aan energiebesparing.

De ondernemer is positief over de effecten van de buitenluchtoevoer, maar vindt de installatie te duur en te ingrijpend voor een bestaande situatie in verhouding tot de behaalde winst.

4.2 Aanbevelingen

4.2.1 Matricaria

Omdat er tussen het gewas zo weinig ruimte is voor slurven, verdient het aanbeveling te gaan zoeken naar alternatieven. Er lijken twee mogelijkheden aanwezig. De eerste is om het hijsgaassysteem nog eens kritisch te bekijken of het toch niet mogelijk is om grotere slurven te herbergen. Een vergroting van 6,5 naar 10cm zou bijvoorbeeld het debiet 2,5 maal kunnen vergroten. Uiteraard vergt dit wel heel ingrijpende aanpassingen in de bedrijfsvoering. Daarom loont het mogelijk om ook eens te kijken naar mogelijkheden om droge buitenlucht boven het gewas te brengen en met ventilatoren zo diep mogelijk tussen de planten te stuwen. Uit berekeningen is gebleken dat bij stilstaande lucht boven het gewas de diffusie van vocht veel te langzaam verloopt om de verdamping af te voeren. Luchtbeweging in combinatie met droge lucht kan mogelijk net voldoende verschil maken en vergt geen aanpassingen aan het teeltsysteem. De betrokken ondernemer heeft ook aangegeven dat hij gewasproblemen ervaart wanneer signaalplaten die net boven het gewas zijn gehangen ter indicatie van luchtbeweging stil hangen. Dat is een reden om altijd volop te luchten, hetgeen tot onnodig energieverbruik leidt.

Eigenlijk is het vreemd dat bij een gewas dat een vochtprobleem kent bovendoor wordt water gegeven. Dat maakt het gewas nat en bovendien wordt er meer water gegeven dan strikt noodzakelijk omdat een goede verdeling niet mogelijk is. Het verdient dan ook zeker aanbeveling om vanuit energie- en kwaliteitsoverwegingen over te gaan op druppelslangen voor zover dat teeltechnisch en logistiek mogelijk is.

4.2.2 Gerbera

De besturing van het systeem is nu gebaseerd op 1 meting van de RV tussen het gewas. Dat is een moeilijk uitvoerbare meting omdat er kans bestaat op nat slaan van de sensor en omdat het moeilijk is om een representatieve meetplek te vinden.

Gezien de beperkte capaciteit van de installatie is een snelle verandering van de RV binnen het gewas niet te verwachten en bovendien kent het gewas een vrij ruime marge ten aanzien van de toelaatbare RV. Bij dit indirecte systeem wordt de droge lucht meegenomen door de verticale ventilatoren. De RV van de ruimte speelt dus ook een belangrijke rol in de uiteindelijke RV in het hart van de plant. Daarom kan ook worden volstaan met een meting van de ruimte RV voor het starten en stoppen van dit systeem. Het luchtdebiet kan dan worden bepaald op basis van de verschillen in absoluut vocht binnen/buiten.

Daar de hoogte van de investering de belangrijkste reden is voor de ondernemer om nog niet grootschalig over te gaan op dit systeem moet uitermate kritisch worden gekeken naar de regeling. In deze proef bleek dat het aantal starts heel beperkt is en dat er geen problemen waren met het feit dat de slurven aan/uit werden geregeld. Dat betekent dat een systeem voor bijmengen van kaslucht om een continue vulling van de slurven te houden niet nodig was. Wel kan het zinvol zijn om voor perioden met een lagere ontvochtigingsbehoefte de ventilator de helft minder lucht te laten leveren. De slurven waren zodanig berekend dat dit ook zonder problemen kon. De slurf was groot genoeg in diameter om bij een systeemdruk van 20-40 Pascal over de hele lengte van de slurf vrijwel dezelfde druk te houden. Hierbij waren de gaten zodanig berekend dat ze samen ongeveer de helft van de doorlaat van de slurf hebben, waardoor er ook aan het einde van de slurf nog voldoende druk over was.

De luchtbehandelingskast zoals hij nu gebruikt is vormt een barrière voor de dakwasser. Bovendien vergt de plaatsing buiten extra voorzieningen tegen vorst. Binnen was het moeilijk en duur om een verdeelleiding voor de lucht te maken. Voor een vervolgtraject is het gewenst om een experiment te doen met een warmtewisselaar die in de gevel geplaatst kan worden, binnen geen aanpassingen vergt en zo goedkoop mogelijk wordt uitgevoerd, zowel de kast als de besturing als de aansluiting op stroom en warmte. Een dergelijk systeem bestaat uit een kunststof warmte wisselaar, waar in de kast ook de luchtverdeelleiding is opgenomen, een ventilator met twee toeren, regeling van alle warmtewisselaars in een afdeling op basis van een master en dus ook maar één mengklep en pomp voor de verwarming.

5 Literatuur

Bontsema *et al.* (2009).

Energiezuinige optimalisatie van het microklimaat door luchtbeweging. Rapport 269 Wageningen UR Glastuinbouw.

De Gelder *et al.* (2011).

Het Nieuwe Telen: Gerbera. Teeltseizoen 2010-2011. Rapport GTB-1138 Wageningen UR Glastuinbouw.

