



Praktijkproef HNT Chrysant

Inblazen van buitenlucht boven het chrysantengewas van Arcadia

Marcel Raaphorst¹, Peter van Weel¹ en Theo Roelofs²

1. Wageningen UR Glastuinbouw, 2. DLV Plant

Rapport GTB-1355

Referaat

Een combinatie van een luchtbehandelingskast en een extra scherminstallatie, is getest bij het chrysantenbedrijf Arcadia. Met deze luchtbehandelingskast bleek de luchtvochtigheid zeer nauwkeurig te kunnen worden beheerst, wat ruimte gaf om steeds minder warmte te gebruiken en een steeds hogere RV te accepteren. De combinatie met een extra scherminstallatie zorgde voor een besparing op de warmtevraag van 30% ten opzichte van het naastgelegen referentievak.

Abstract

A combination of an air handling unit and an additional screen installation, has been tested at the chrysanthemums nursery Arcadia. With this air handling unit the humidity turned out to be controlled very accurately, which provided the opportunity to use less heat and to incrementally accept a higher RV. The combination with an extra screen installation implied 30% less use of heat compared to the adjacent reference site.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1355

Projectnummer: 3742176401

PT nummer:

Disclaimer

© 2015 Wageningen UR Glastuinbouw (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wageningenUR.nl/glastuinbouw. Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen UR Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
	1.1 Doelstelling	7
	1.2 Aanpak	7
2	Workshop	9
3	Proef- en meetopstelling	11
	3.1 Rookproeven en luchtbeweging	12
	3.2 Lichtverlies	12
	3.2.1 Lichtverlies slurf	12
	3.2.2 Lichtverlies tweede scherm	13
	3.2.3 Totaal lichtverlies	14
4	Klimaatinstellingen	15
	4.1 Beheersing RV	15
	4.2 Temperatuurverloop	16
	4.3 Minimum buis onderverwarming	17
	4.4 Gebruik van de LBU	17
	4.4.1 Temperatuurverdeling	18
	4.4.2 Buitenlucht en CO ₂	18
	4.4.3 Buitenlucht en koeling	19
	4.5 Gebruik van het transparante scherm	20
5	Warmtegebruik	23
6	Teelt en gewas	25
	6.1 Gewasmetingen	25
	6.1.1 Teeltduur	25
	6.1.2 Gewichtsmetingen	25
	6.1.3 Intensieve metingen	26
	6.1.4 Houdbaarheidsmetingen	27
7	Economische evaluatie	29
	7.1 Berekening investeringsruimte	29
	7.2 Discussie vereenvoudiging van de installatie	30
8	Conclusies en aanbevelingen	31
	8.1 Conclusies	31
	8.2 Aanbevelingen	31
9	Referenties	33

Bijlage 1. Verslag Workshop 19 juli 2012	35
Bijlage 2. Horizontale temperatuurverdeling	37
Bijlage 3. Akoestische metingen luchtbeweging	39
Bijlage 4. Berekening condensatierisico op slurf	41
Bijlage 5. Afweging verwarmen of bijmengen	43

Samenvatting

Simulatieberekeningen uit 2010 hebben aangetoond dat het warmtegebruik bij chrysant fors kan worden verlaagd, met name door vochtproblemen op een andere manier aan te pakken dan met een minimum temperatuur van het ondernet. Daarom is met een groep van onderzoekers, voorlichters, leveranciers en 10 chrysantentelers een workshop gehouden over alternatieve wijzen van ontvochtigen. Als gevolg van deze workshop is ervoor gekozen om een test uit te voeren met een luchtbehandelingsunit (LBU) die droge buitenlucht kan opwarmen en via een slurf boven het gewas kan uitblazen. Deze test is met financiering van het programma Kas als Energiebron uitgevoerd van december 2012 tot maart 2015 op een vak van 2000 m² bij Arcadia chrysanten in Kwintsheul. Hierbij is onder andere het kasklimaat, het warmtegebruik en de productie vergeleken met dat van het naastgelegen vak.

De installatie bleek goed te functioneren. De verdeling van lucht over het proefvak werd als voldoende beoordeeld. In het eerste jaar bleek de luchtvochtigheid in het proefvak zeer goed te beheersen, maar door de lage RV bleef de energiebesparing beperkt. Daarom is in het najaar van 2013 een tweede scherminstallatie geplaatst met een transparant doek, zodat de kas 's nachts met een dubbele scherminstallatie en ook overdag met een enkele installatie kon worden geïsoleerd. Het lichtverlies door slurf en extra scherminstallatie is niet gemeten, maar geschat wordt dat dit neerkomt op 3-5% van het zonlicht. In de winter blijft het totale lichtverlies beperkt omdat een groot deel (tot 60%) van het licht afkomstig is van de lampen. In de zomer is het lichtverlies ruimschoots gecompenseerd omdat het transparante doek in plaats van het verduisteringsdoek is gebruikt om het gewas tegen te veel zoninstraling te beschermen. Gemiddeld genomen was het takgewicht in het proefvak iets lager dan het referentievak, maar dit verschil varieerde zo sterk per teelt dat geen verschillen in takgewicht kunnen worden toegewezen aan de installatie.

De lage RV en wellicht ook de luchtbeweging, leidde tot een kortere reactietijd. Daarom is gedurende de loop van de proef steeds minder ontvochtigd en werd iets koeler geteeld. Omdat steeds meer vertrouwen ontstond in de beheersbaarheid van de luchtvochtigheid, werd in 2014 aangedurfd om de onderverwarming gedurende de eerste 2 tot 5 weken van iedere teelt uit te schakelen. Tijdens 1 teelt heeft dit in het proefvak geleid tot meer bruin blad dan in het referentievak, maar tijdens de overige teelten bleek de hoeveelheid bruin blad in het proefvak juist iets lager te zijn.

De LBU kan ook worden gebruikt om op zonnige zomeravonden te koelen onder het verduisteringsdoek. Dit had vooral effect als de buitentemperatuur lager was dan de kastemperatuur.

De besparing op het warmtegebruik wordt weergegeven in Tabel a. In het relatief warme jaar 2014 zijn in het proefvak 8,2 m³/m² minder aardgasequivalenten gebruikt dan in het referentievak. In 2013, toen de extra scherminstallatie pas in het najaar is geïnstalleerd, en toen de onderverwarming gedurende de eerste weken van de teelt nog niet handmatig werd uitgeschakeld, was de besparing veel minder hoog. Voor 8 m³/m².jaar besparing is een investeringsruimte berekend van € 12,- per m². In deze berekening is niet meegenomen dat de warmteprijs in verband met de productie van elektriciteit en CO₂ lager kan zijn dan de aardgasprijs. Ook is niet meegenomen dat het systeem teeltvoordelen kan bieden door een hogere betrouwbaarheid van het kasklimaat en daarmee de gewasgezondheid.

Tabel a

Berekend warmtegebruik (m³/m² ae) in 2013 en 2014 in de twee vakken.

	Referentievak	Proefvak	Vershil
2013	33,8	30,0	3,8
2014	28,3	20,1	8,2

1 Inleiding

Simulatieberekeningen door Wageningen UR Glastuinbouw [Raaphorst *et al.* 2010] hebben aangetoond dat het mogelijk is om de warmtevraag bij chrysant terug te dringen van 32,0 naar 12,6 m³/m².jaar door de stooktemperatuur 1°C te verlagen, temperatuurintegratie toe te passen, de minimum buis te vervangen door het inblazen van droge buitenlucht, en een helder extra scherm aan te leggen. Hiervan heeft het wegnemen van de minimum buis de grootste impact, maar doordat er nog weinig ervaring is met het inblazen van buitenlucht bij chrysant, zijn telers er nog niet van overtuigd dat deze berekening ook in de praktijk haalbaar is. In het project "Parapluplan buitenlucht inblazen bij drie gewassen" is onder andere ervaring opgedaan met *Matricaria*, een gewas dat qua opbouw vergelijkbaar is met chrysant, maar niet wordt verduisterd of belicht en bovendien bij veel lagere kasttemperatuur wordt geteeld.

In eerste instantie werd gedacht dat een systeem van slurven tussen het gewas zowel voor *Matricaria* als Chrysant een oplossing kon bieden. Uit de eerste resultaten bij *Matricaria* is gebleken dat een slurvensysteem tussen de planten voor de beide gewassen geen haalbare optie is [van Weel en Raaphorst, 2012]. Omdat uit de praktijk positieve signalen te horen zijn over andere methoden is dit onderzoek gestart met financiering van het programma Kas als Energiebron.

1.1 Doelstelling

In de praktijk moet worden aangetoond dat met geringe middelen veel op de warmtevraag kan worden bespaard met behoud van een gezond en productief gewas. Bij aanvang van het project zijn daarom drie doelen gesteld.

- Een breed gedragen opzet voor een energiezuinige chrysantenteelt met verhoging van de teeltzekerheid.
- Door deze opzet moet het warmtegebruik met minstens 9 m³/m².jaar (ongeveer 30%) kunnen worden verminderd. De 30% besparing op warmte zal vooral basislast betreffen.
- De kennis moet ook toepasbaar zijn voor andere belichte en geschermd teelten.

1.2 Aanpak

Het project is opgebouwd uit twee fasen.

1. Workshop met telers, onderzoekers en adviseurs. De workshop is voorafgegaan door oriënterende bezoeken aan bedrijven waar al proeven plaatsvinden met buitenluchtinblaassystemen. Vervolgens zijn gezamenlijk de eisen vastgesteld waaraan een klimaatstelsel voor de chrysantenteelt onder verschillende omstandigheden moet voldoen.
2. Installatie en test van een geselecteerd systeem op een praktijkbedrijf met jaarrond chrysanten. Vlak na de installatie heeft Wageningen UR een meetinstallatie aangelegd een rookproef uitgevoerd om te controleren of de lucht voldoende door de afdeling wordt verspreid. Met deze metingen zijn de klimaateffecten van verschillende ingrepen in beeld gebracht. Gewaswaarnemingen en een uitgebreid meetnet geven het microklimaat, het warmtegebruik en de gewaseffecten weer gedurende de periode december t/m maart. Tijdens de proef zijn de temperaturen en de vochtigheidsgraad van de bodem en de RV van de onderste gewaszone gemeten om de effecten van ingrepen te kunnen beoordelen. De meetresultaten zijn regelmatig tussentijds besproken met een begeleidingsgroep van telers, adviseurs, leveranciers en onderzoekers.

2 Workshop

In juli is een workshop gehouden voor telers, onderzoekers en adviseurs (zie Bijlage 1). Deze werd voorafgegaan door bezoeken aan Gerberakwekerij Zuiderwijk-Witzier en Phalaenopsiskwekerij Pannekoek. Bij beide bedrijven zijn Ventilation Jets geplaatst (zie Figuur 1). Een Ventilation Jet kan lucht door een aangebrachte gleuf (brievenbus) in het scherm naar beneden blazen en met een nivolator over het gewas verdelen. De meeste chrysantentelers reageerden redelijk positief over de mogelijkheden van een dergelijk systeem, al werd wel opgezien tegen het lichtverlies en de kwetsbaarheid ervan.



Figuur 1 Ventilation Jet bij Zuiderwijk Witzier.

Tijdens de workshop is een presentatie gegeven over de opties die met de huidige kennis de meeste potentie hebben om bij chrysant toe te passen. Dit betreft naast de Ventilation Jet een slurf met buitenlucht boven het gewas en een Basket Fan (zie Figuur 2).

Met de Basket Fan zijn proeven gedaan waarbij opgewarmde buitenlucht vanaf de gevel door deze grote ventilatoren over de hele kas wordt uitgeblazen. Het systeem brengt wel overal luchtbeweging in de kas, maar, de ontvochtiging vindt vooral plaats bij de eerste 30 meter voorbij de ventilator. Daarna is de lucht te vochtig geworden om nog veel meer vocht op te nemen.

Een slurf boven het gewas is al toegepast bij twee tomatenteeltbedrijven, waar de buitenlucht onverwarmd en gemengd met kaslucht over het gewas wordt uitgeblazen. Het inbrengen van koude lucht in de slurf brengt het risico met zich mee dat de temperatuur bij het begin van de slurf lager is dan bij het einde, en dat er op de slurf condensatie kan ontstaan dat op het gewas kan terechtkomen.



Figuur 2 Slurf boven het gewas (links) en Basket Fan (rechts).

Na de presentatie van de drie systemen, zijn deze bediscussieerd met de aanwezigen, waarbij ook andere alternatieven de revue hebben gepasseerd. De slurven boven het gewas en de Ventilation Jets werden gezien als het meest perspectiefvol. Tijdens een vervolgbijeenkomst met een kleinere groep is besloten om een proef uit te voeren met een slurf boven het gewas, maar dan wel met voorverwarming van de buitenlucht. Deze proef is uiteindelijk uitgevoerd bij het chrysantenteeltbedrijf Arcadia te Kwintsheul.

3 Proef- en meetopstelling

In november 2012 is een afdeling van 2000 m² bij Arcadia voorzien van een luchtbehandelingsunit (LBU) en een luchtslurf boven het gewas.

Installatie

- De heldere slurf heeft een lengte van 70 meter, een diameter van 0,7 m en blaast uit over een breedte van drie tralies (28,8 m)
- De LBU met een nominaal luchtdebiet van 10000 m³/uur (=5 m³/m².uur). De ventilator heeft een aan/uit regeling en heeft geen frequentieregelaar. De buitenlucht en de kaslucht kunnen worden gemengd en deze lucht kan worden verwarmd met een vermogen van maximaal 40 kW.
- De proefafdeling heeft een aparte regeling voor het schermdoek en de luchtramen. De bovenverwarming van de proefafdeling kan handmatig worden uitgeschakeld.
- De proefafdeling is van de overige afdelingen afgescheiden door een lichtdoorlatend rolscherm.
- In oktober 2013 is in het proefvak een extra scherminstallatie geplaatst met een helder doek (Phormitex Super). Tegelijkertijd is de regeling van de bovenverwarming losgekoppeld van de bovenverwarming van het referentievak.



Figuur 3 Proefvak met luchtbehandelingsinstallatie.

Metingen

- Vergelijking van het proefvak met het referentievak vond plaats van december 2012 tot en met maart 2015
- In zowel de proefafdeling als de referentieafdeling is een meetpaal, met ieder 2 geventileerde meetboxen voor temperatuur en RV aangelegd. In februari 2013 zijn de 2 meetpalen uitgebreid met een CO₂-meter.
- In de proefafdeling is gedurende ruim een jaar een draadloos ongeventileerd meetnet geplaatst om de temperatuurverdeling te meten.
- Vlak na de installatie zijn op 29 november 2012 rookproeven uitgevoerd.
- In 2013 hebben akoestische metingen plaatsgevonden om de hoeveelheid luchtbeweging te meten.
- In januari 2015 is een time lapse filmpje gemaakt van de planttemperatuur gedurende een week.

3.1 Rookproeven en luchtbeweging

Omdat de slurven over een breedte van 28,8 meter moeten uitblazen zijn op 29 november 2012 rookproeven uitgevoerd om te controleren of deze afstand ook daadwerkelijk kon worden overbrugd. De rookproeven zijn herhaald onder verschillende omstandigheden (belichting aan, belichting uit, scherm dicht, scherm open). Onder alle omstandigheden reikte de rook voldoende ver. Het aanschakelen van de circulatieventilatoren had hierbij geen toegevoegde waarde.

Filmpjes van de rookproeven zijn te vinden onder:

http://www.youtube.com/watch?v=_4k2fx4KxVM

http://www.youtube.com/watch?v=icg_KyTlTfTE

<http://www.youtube.com/watch?v=dPx16QCSJR0>

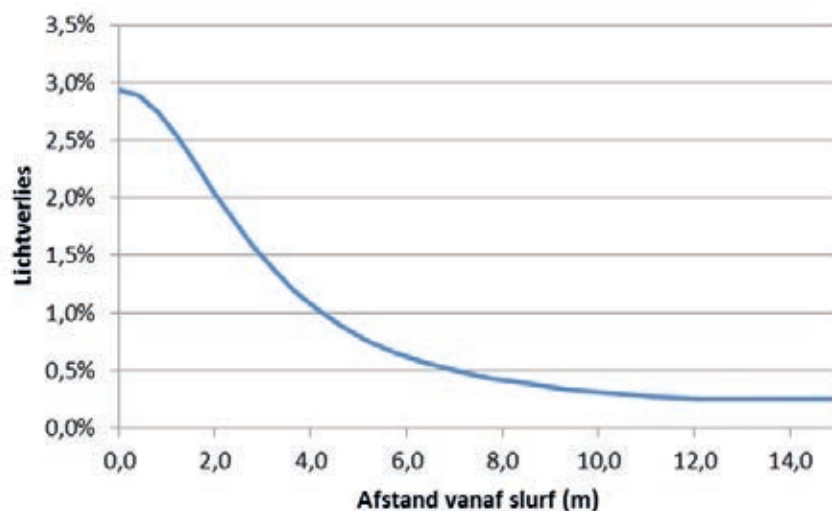
Aanvullende akoestische metingen (zie Bijlage 3) lieten zien dat op 1 meter rechts van de slurf op gewasniveau, de luchtbeweging meestal lager was dan verder van de slurf vandaan. Hiermee is aangenomen dat de luchtbeweging recht onder de slurf ook minder groot zou kunnen zijn.

3.2 Lichtverlies

3.2.1 Lichtverlies slurf

Het lichtverlies van de slurf is berekend met behulp van een rekenmodel. Uitgaande van een heldere slurf met 60% lichttransmissie en 10% lichtreflectie wordt de verdeling van het lichtverlies weergegeven in Figuur 4. Bij de berekening is uitgegaan van diffuus licht (vanaf iedere hoek komt evenveel licht) en de reflectie van de slurf is verondersteld mat te zijn (reflectie gaat in alle richtingen). Uit Figuur 4 blijkt dat recht onder de slurf een lichtverlies van ongeveer 3% wordt geleden, terwijl 4 meter dwars op de slurflengte het lichtverlies nog maar 1% is. Gemiddeld van 0 tot 14,4 meter afstand van de slurf komt het lichtverlies neer op 0,9%. Dit is vergelijkbaar met metingen, uitgevoerd bij een vergelijkbaar systeem bij Tomatenkwekerij Van den Belt in IJsselmuiden.

Dit lichtverlies geldt overigens alleen voor het zonlicht, omdat de assimilatielampen op gelijke hoogte van de slurf hangen en daardoor niet door de slurven worden gehinderd. Gedurende de wintermaanden geven de lampen ongeveer even veel PAR-licht aan het gewas als de zon. Het plaatselijke lichtverlies van 3% van het zonlicht is daardoor nauwelijks in gewasverschillen terug te vinden. Bovendien is in het model uitgegaan van 100% diffuus licht, terwijl bij direct licht de slagschaduw niet zozeer onder de slurf, maar hoofdzakelijk in de naastgelegen tralie te zien is.

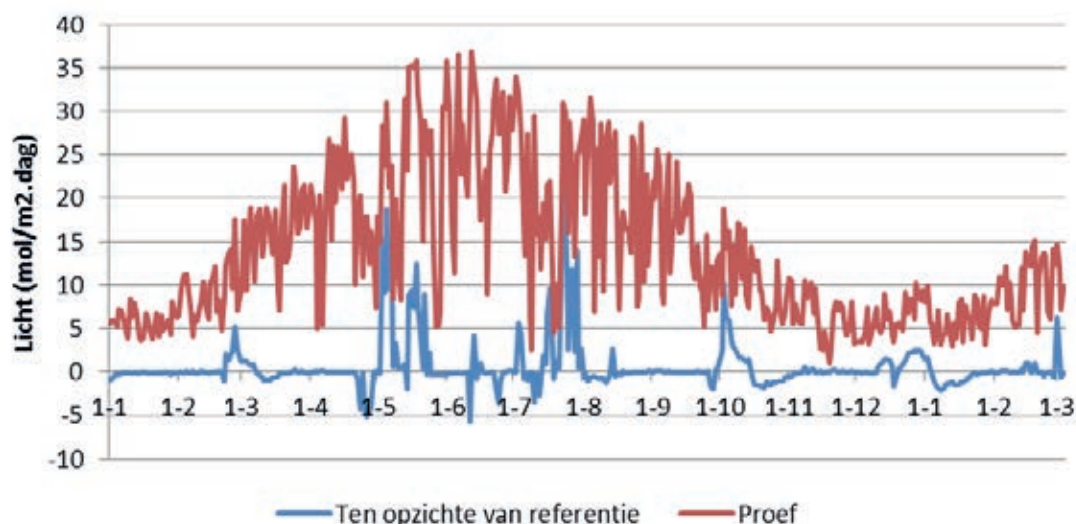


Figuur 4 Verdeling van het lichtverlies bij verschillende afstanden dwars op de slurf bij een lichttransmissie van 60%, een reflectie van 10% en een slurfhoogte van 3 m.

Naast de slurf, neemt ook de luchtbehandelingsunit (LBU) licht weg. Dit lichtverlies is in de proef beperkt gebleven doordat de LBU aan de noordzijde van het proefvak is geplaatst.

3.2.2 Lichtverlies tweede scherm

Het tweede scherm, dat in oktober 2013 is geïnstalleerd, zorgt voor schaduwwerking in de kas. De lichtonderschepping is niet gemeten, maar verondersteld wordt, dat een extra scherminstallatie (scherm pakket en dradenbed) in geopende toestand 2-4% daglicht wegneemt en het transparante doek in gesloten toestand $\pm 20\%$ daglicht wegneemt. In Figuur 5 is weergegeven hoeveel PAR licht er in het proefvak wordt berekend op basis van de hoeveelheid globale straling, de schermstanden en de hoeveelheid assimilatiebelichting. Uit de figuur valt vooral op dat het proefvak rondom teeltwisselingen regelmatig meer licht krijgt dan het referentievak. Dit is veroorzaakt doordat in het referentievak het verduisteringsdoek regelmatig overdag is gebruikt om de bloeiende bloemen of de jonge aanplant te beschermen tegen fel zonlicht. In het proefvak is daarvoor het transparante doek gebruikt, wat meer licht doorlaat dan een verduisteringsdoek met een kier. Bovendien is de scherminstallatie in het referentievak vaker gebruikt dan in het proefvak omdat het referentievak groter is en daarmee een langere periode een bloeiend gewas of jonge aanplant moet beschermen. Gedurende de koude perioden wordt het verduisteringsdoek in het proefvak eerder geopend en later gesloten dan in het referentievak, omdat het transparante doek dan met minder lichtverlies voor warmtebesparing kan zorgen. Tussen 1 november 2014 en 1 februari 2015 is overdag in het proefvak 20 uur minder gebruik gemaakt van het verduisteringsdoek en 180 uur meer gebruik van het transparante doek. Per saldo heeft dit wel warmte bespaard, maar in de winter nauwelijks meer licht opgeleverd.



Figuur 5 Berekende hoeveelheid PAR-licht (daglicht + kunstlicht) in het proefvak (rood) en het verschil met de referentie.

Daartegenover staat dat een transparante doek door reflectie van het assimilatielicht 1-2% meer licht (gemeten met een luxmeter) geeft in vergelijking met een zwart verduisteringsdoek. In 2014 komt het 180 uur voor dat zowel de belichting brandt, het verduisteringsdoek in de referentie gesloten is en het transparante doek in het proefvak is gesloten. De 1-2% reflectie vanaf het schermdoek gedurende 180 uur levert dan op jaarbasis bij 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ belichting 0,4-0,8 mol/m^2 lichtwinst op. Dat is een verwaarloosbare fractie (0,025%-0,05%) van het totale licht gedurende het winterseizoen.

3.2.3 Totaal lichtverlies

Het geschatte verschil in lichtinval op het gewas in het proefvak en het referentievak is sterk afhankelijk van het seizoen.

In de zomerperiode wordt het lichtverlies van de luchtslurf en het tweede scherm in het proefvak ruimschoots gecompenseerd doordat in een klein schermvak niet hoeft te worden geschermd als alleen naastgelegen teeltvakken scherming nodig hebben. Ook laat een gesloten transparant schermdoek meer licht door dan een half gesloten verduisteringsdoek.

In de winterperiode blijft het lichtverlies beperkt doordat ongeveer de helft van de hoeveelheid PAR-licht afkomstig is van de lampen.

Tabel 1

Geschatte invloed op de hoeveelheid licht in de zomer- en de winterperiode.

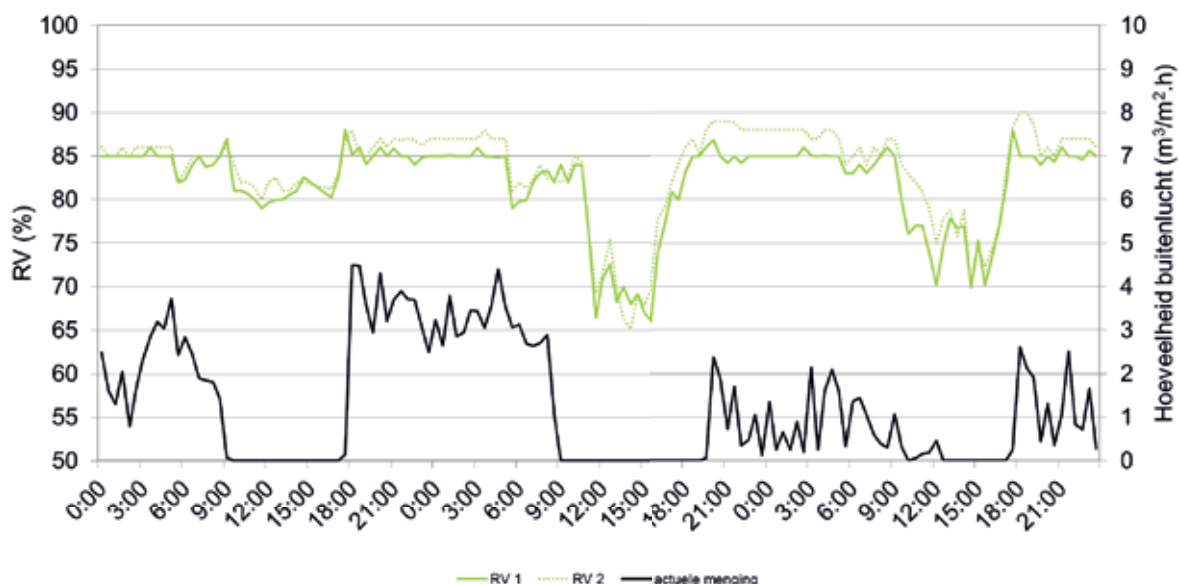
	Mei-Juli2014	November-Januari
Luchtslurf	-0,9%	-0,4%
Scherminstallatie	-2/-4%	-1/-2%
Schermg gebruik	+10%*	+0%
Reflectie lamplicht	nihil	nihil

4 Klimaatinstellingen

Als de RV boven een bepaalde waarde uit stijgt dan wordt de ventilator aangeschakeld die kaslucht circuleert en afhankelijk van de RV een deel buitenlucht bijmengt. De ingeblazen lucht wordt meestal verwarmd tot de kastemperatuur, maar hier kan van worden afgeweken als de kastemperatuur te hoog of te laag is. Ook als de kastemperatuur boven een bepaalde temperatuur (bijvoorbeeld 25°C) uitkomt dan kan er buitenlucht worden aangezogen om de kas te koelen. Deze lucht wordt dan uiteraard niet verwarmd.

4.1 Beheersing RV

In het eerste jaar is de LBU zodanig ingesteld dat bij een RV boven 85%-88% (afhankelijk van het gewasstadium) buitenlucht wordt bijgemengd. Aanvankelijk is in het proefvak tijdens alle teeltovergangen een lagere RV aangehouden dan in de referentie. Dit geeft aan dat het inblazen van buitenlucht de RV effectief kan verlagen. Deze effectieve regelmogelijkheid biedt kansen om nauwkeuriger te ontvochtigen. Figuur 6 laat zien dat in het proefvak de RV lager wordt gehouden dan het referentievak. De ingestelde lijn van 85% wordt vrijwel altijd behaald in het proefvak, terwijl dat niet het geval is bij de referentie. Er wordt dus meer vocht afgevoerd dan in de referentie. Dit kost warmte, terwijl de installatie juist bedoeld is om warmte te besparen.



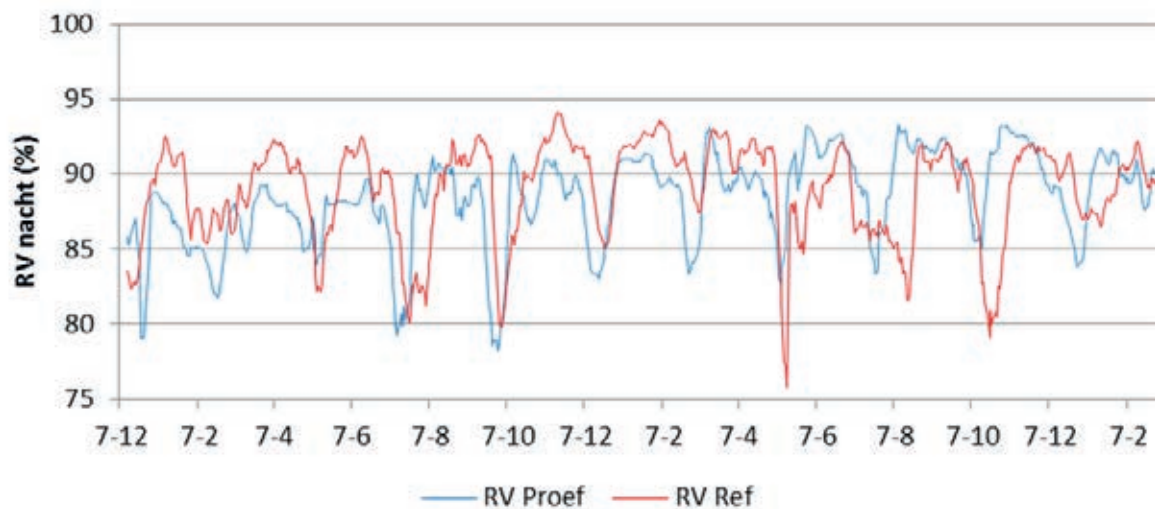
Figuur 6 Verloop van de RV in referentievak (RV2) en proefvak (RV1) en de hoeveelheid ingeblazen buitenlucht ($\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{uur}$) van 3-5 februari 2013 met een volgroeid gewas.

In 2015 is inmiddels geleerd dat met een hogere RV kan worden geteeld, zolang deze niet te ver uit de hand loopt. Figuur 7 en Tabel 2 laten zien dat gedurende de nacht in het proefvak een steeds hogere RV wordt aangehouden ten opzichte van het referentievak. Tot mei 2014 was de gemiddelde RV in het proefvak lager dan in de referentie.

Tabel 2

Gemiddeld gerealiseerde RV in de nacht (tussen 0:00 uur en 4:00 uur) bij drie achtereenvolgende jaren gedurende de winter (begin december tot begin maart).

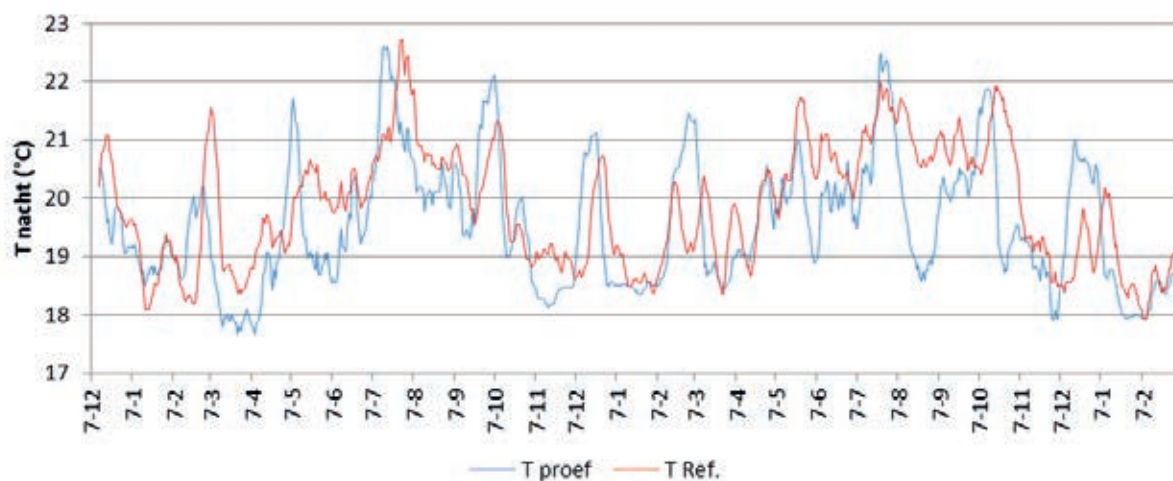
dec - mrt	Proefvak	Referentievak	Vershil
2012-2013	85,5%	87,6%	2,1%
2013-2014	88,1%	90,4%	2,4%
2014-2015	89,0%	89,3%	0,3%



Figuur 7 Weekgemiddelde verloop van de nacht RV (tussen 0:00 en 4:00 uur) in het proefvak en het referentievak van 7-12-2012 tot 3-3-2015.

4.2 Temperatuurverloop

Gedurende de winter, verschilt de etmaaltemperatuur van het proefvak nauwelijks ($0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$) van dat van het referentievak. Als over het hele jaar wordt gekeken naar alleen de nachttemperatuur tussen 0:00 uur en 4:00 uur (de uren waarin het kasklimaat gestabiliseerd is, en alleen tijdens de LD-periode wordt belicht), dan blijkt in het proefvak een $0,3^{\circ}\text{C}$ lagere nachttemperatuur te worden aangehouden dan in het referentievak. De grootste verschillen zijn dan te zien in de zomerperiode.



Figuur 8 Weekgemiddelde verloop van de nachttemperatuur (tussen 0:00 en 4:00 uur) in het proefvak en het referentievak van 7-12-2012 tot 3-3-2015.

4.3 Minimum buis onderverwarming

Als de kasluchttemperatuur daalt, is in theorie het risico laag dat onder in het gewas condensatie ontstaat. Als de kastemperatuur daalt, dan ijlt de gewastemperatuur daar onderin namelijk op na en zal het gewas onderin warmer zijn dan de kastemperatuur. Het afbouwen van de minimumbuis van de onderverwarming op het moment dat de kastemperatuur na een zonnige dag daalt, wordt door telers en voorlichters begin 2013 nog als te riskant beschouwd. Zo komt het nog steeds voor dat op een warme zonnige dag, de onderverwarming op 30-34 °C wordt gehouden, terwijl de luchtramen wijd open staan.

In oktober 2013 raakte de onderverwarming defect en moest noodgedwongen enkele weken zonder onderverwarming worden gewerkt. Dit heeft niet geleid tot ziekten of slecht blad. Als gevolg van deze ervaring wordt voortaan de onderverwarming in de eerste 2 tot 5 weken van de teelt handmatig uitgeschakeld. In het referentievak wordt sindsdien ook de eerste twee weken zonder onderverwarming geteeld.

Chrysantentelers vrezen de volgende risico's als zonder onderverwarming wordt door geteeld:

- Condensatie op het gewas.
- Guttatie.
- Onvoldoende verdamping (slecht blad).

Natuurkundig gezien, is condensatie op het gewas alleen mogelijk als de gewastemperatuur lager is dan het dauwpunt van de kaslucht. De bovenste bladeren van het gewas kunnen door uitstraling naar een koud kasdek of een koud scherm inderdaad sterk afkoelen, wat condensatierisico geeft. Toch is het de vraag of onderverwarming het juiste middel is om dit risico te verkleinen. De verwarming stimuleert immers de verdamping van vooral de onderste bladeren, waardoor de luchtvochtigheid en dus het condensatierisico bij de bovenste bladeren hoger kan worden. Luchtbeweging langs de bovenste bladeren compenseert de afkoeling door uitstraling en is wellicht een beter alternatief om condensatie van de bovenste bladeren te voorkomen. Het effect van onderverwarming of luchtbeweging op het condensatierisico is niet gemeten.

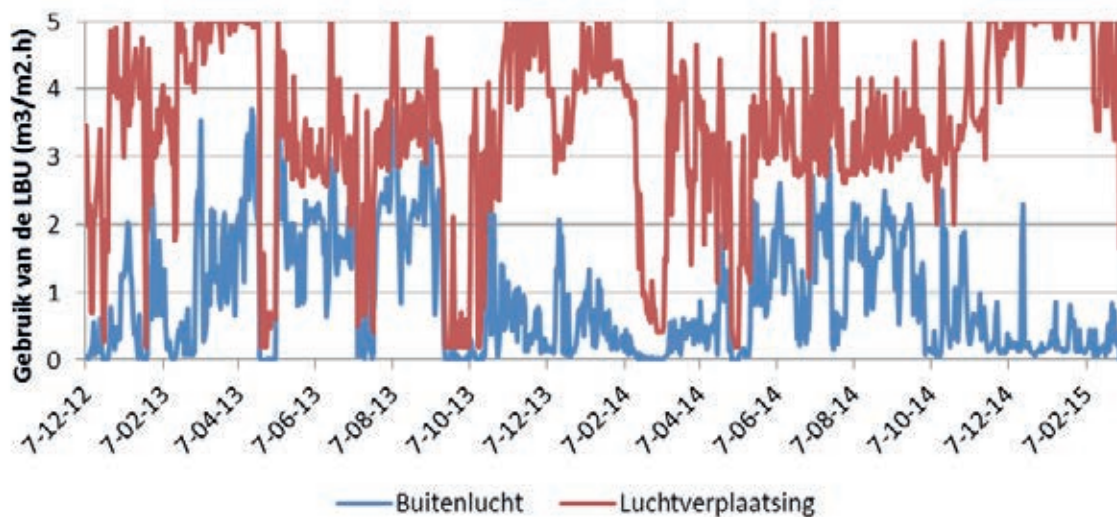
In een week waarin guttatie werd gevreesd omdat de onderverwarming is uitgezet, het buiten koud weer was en het gewas vijf weken oud was, is een filmpje gemaakt met een planttemperatuurcamera. Hiermee zou guttatie moeten kunnen worden gedetecteerd omdat waterdruppels een andere warmte-emissie hebben dan blad. De waterdruppels zijn echter alleen gedetecteerd vlak na een gietbeurt. Guttatie is niet gevonden.

Slecht blad onderin is bij de oogst van december 2014 aangetroffen (zie Figuur 19), nadat de onderverwarming de eerste vier weken van de teelt is uitgeschakeld geweest. Dit lijkt erop te wijzen dat onderverwarming helpt om slecht blad onderin te voorkomen.

4.4 Gebruik van de LBU

In Figuur 9 is het verloop van het gebruik van de LBU en de gemiddelde hoeveelheid ingeblazen buitenlucht weergegeven. In de winterperioden is de LBU vaker gebruikt dan in de zomerperioden. In de winter wordt de LBU het vooral gebruikt om kaslucht rond te blazen (recirculeren) en luchtbeweging te creëren.

In 2014 is gedurende slechts 200 uren meer dan 90% van de LBU capaciteit gebruikt voor buitenlucht. In Figuur 9 is te zien dat in 2014 minder buitenlucht is ingeblazen dan in 2013. In 2013 is gemiddeld 1,3 m³/m².uur ingeblazen, terwijl in 2014 gemiddeld 0,9 m³/m².uur is ingeblazen. Deze verminderde hoeveelheid lucht is grotendeels veroorzaakt doordat de klimaatstrategie steeds meer gericht is op vochtiger telen. Door vochtiger te telen is minder droge lucht nodig en wordt per m³ ingeblazen buitenlucht meer vocht afgevoerd.

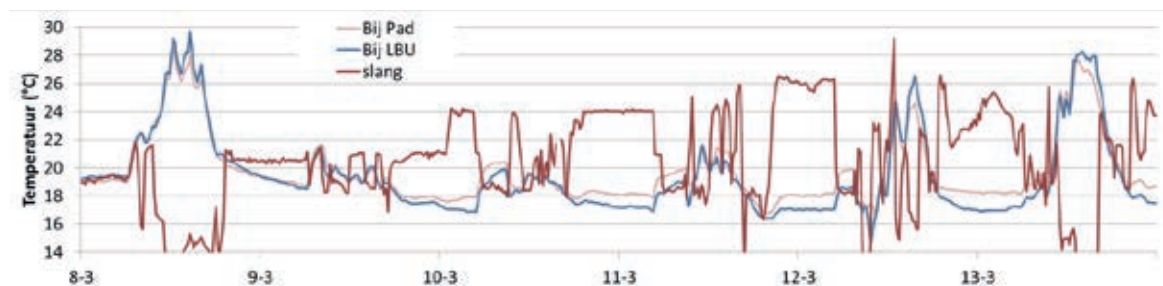


Figuur 9 Verloop van de totale hoeveelheid lucht (rood) en de hoeveelheid buitenlucht (blauw) die ieder etmaal door de LBU wordt verplaatst ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{uur}$).

4.4.1 Temperatuurverdeling

In het proefvak zijn 20 draadloze sensoren op verschillende hoogten geplaatst om te bepalen of de horizontale en verticale temperatuurverdeling wordt beïnvloed door het inblazen van buitenlucht of recirculeren van kaslucht. Uit de metingen is niet gebleken dat het recirculeren een positieve invloed heeft op de temperatuurverdeling, maar wel dat een kleine schermkier al gauw tot grote ($>2^\circ\text{C}$) horizontale temperatuurverschillen kan leiden. Een voorbeeld daarvan is weergegeven in Bijlage 2.

In Figuur 10 het verloop van de gemiddelde temperatuur van de sensoren bij de LBU en bij het pad. De rode lijn geeft de inblaastemperatuur aan. Opvallend is, dat een hoge uitblaastemperatuur zorgt voor een hogere kastemperatuur bij het pad en een lagere uitblaastemperatuur zorgt voor een lage kastemperatuur bij het pad. Verwacht werd dat de inblaastemperatuur juist de temperatuur dicht bij de LBU het meest zou beïnvloeden.



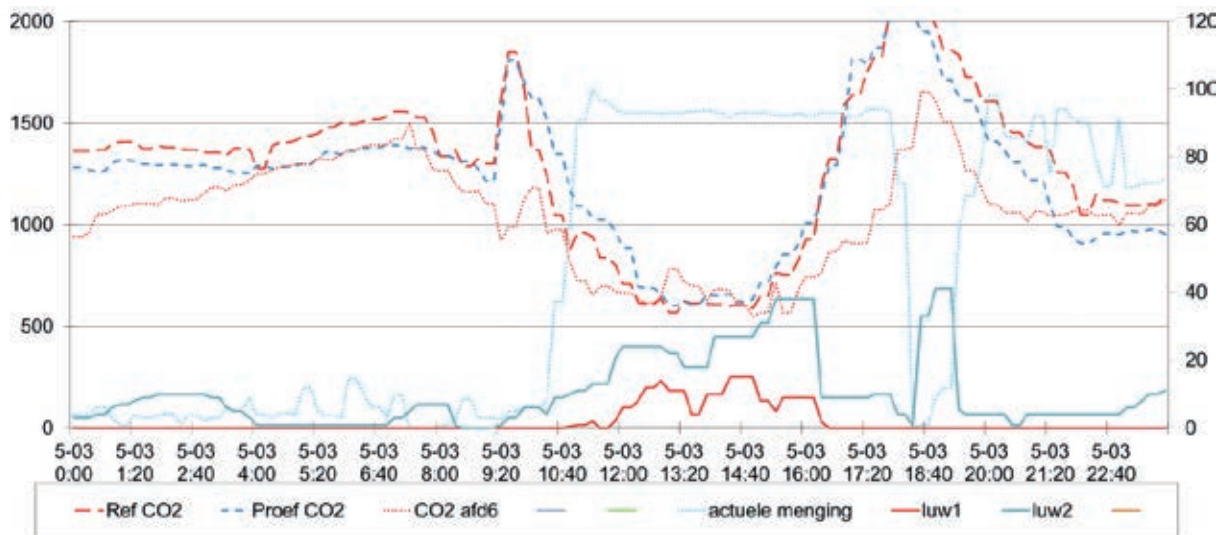
Figuur 10 Temperatuur van de draadloze sensoren bij het pad en bij de LBU, vergeleken met de inblaastemperatuur van de luchtslurf ($^\circ\text{C}$).

4.4.2 Buitenlucht en CO_2

Door niet meer buitenlucht in te blazen dan strikt noodzakelijk, kunnen de verliezen aan CO_2 beperkt blijven. In Figuur 11 is het verloop van de CO_2 -concentratie op 5 maart 2013 weergegeven voor het proefvak, het referentievak en afdeling 6 (meter Arcadia).

Gedurende de nacht is de CO_2 -concentratie hoog en in het proefvak slechts iets lager dan in het referentievak. Dit geeft aan dat bij een kleine buitenklepstand niet eens zo veel kaslucht met buitenlucht wordt uitgewisseld. De avond daarop staat de klep veel verder open, maar wederom is het CO_2 -concentratieverschil niet groot.

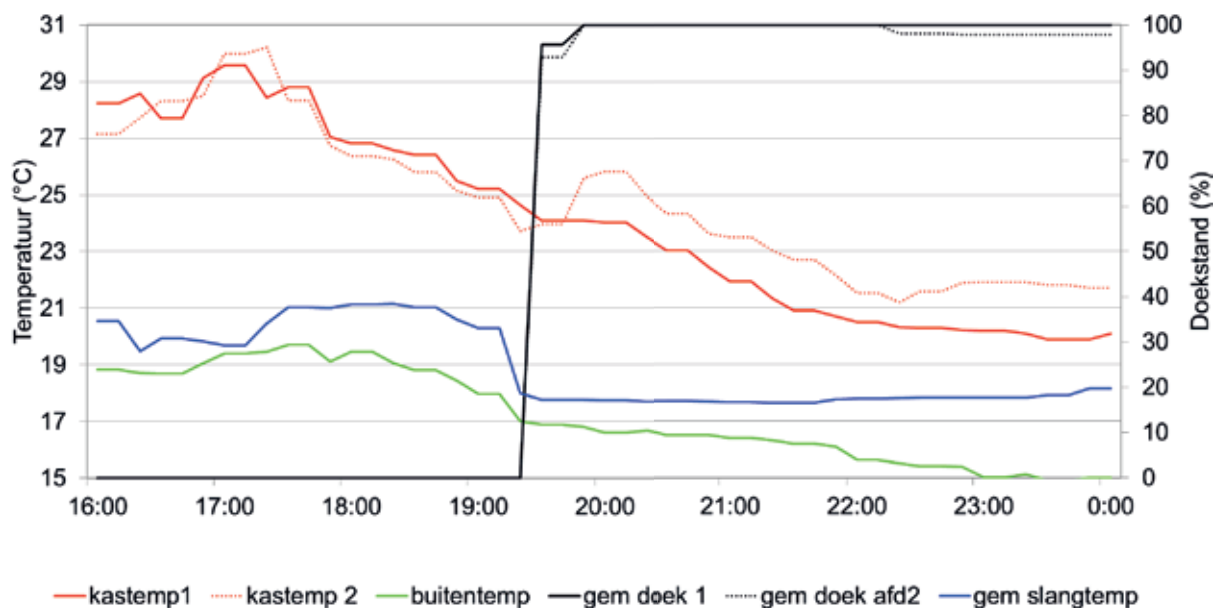
's Ochtends gaan de ramen in het referentievak eerder open dan in het proefvak, waardoor de CO₂-concentratie eerder daalt. Wanneer de buitenluchtklep (actuele menging) helemaal open staat, ontlopen de concentraties elkaar niet veel meer. Het voordeel dat met luchtslurven meer CO₂ kan worden binnengehouden, geldt dus alleen voor de momenten dat maar weinig buitenlucht hoeft te worden uitgewisseld. Bij veel luchtuitwisseling maakt het niet meer uit of er met de ramen of met de luchtslurven wordt gewerkt.



Figuur 11 Gemeten CO₂-concentratie in referentievak, proefvak en afdeling 6, vergeleken met de hoeveelheid ingeblazen buitenlucht en raamstand (luw1) van het proefvak en de raamstand van het referentievak (luw2).

4.4.3 Buitenlucht en koeling

De LBU heeft in 2014 gedurende 66 uren meer dan 50% buitenlucht bijgemengd om tijdens het verduisteren de kaslucht te koelen (als de kastemperatuur hoger was dan 22°C). Hoewel de LBU slechts een beperkte capaciteit heeft van 5 m³/m².uur, kan deze kleine capaciteit worden ingezet om in de zomer een hoog oplopende temperatuur onder het verduisteringsdoek tegen te gaan (Figuur 12).



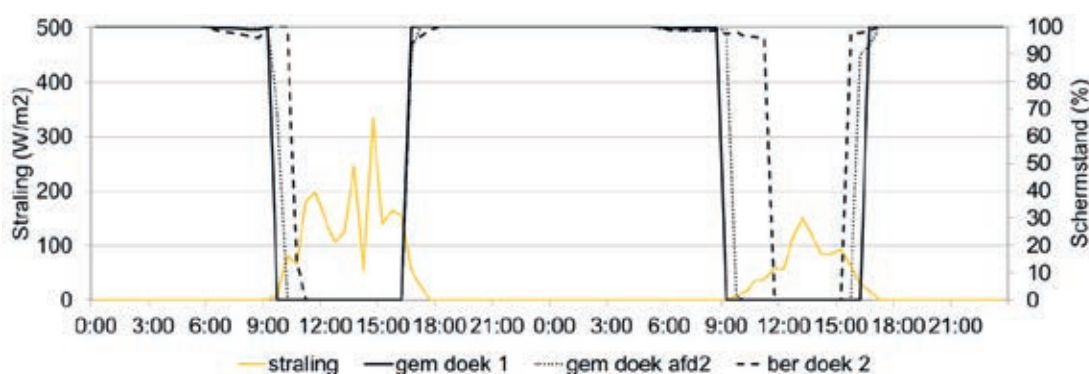
Figuur 12 Verloop van de temperatuur (°C) en doekstanden (%) in proefvak (1), en referentievak (2), de slurftemperatuur en de buitentemperatuur op 25 mei 2014.

Als koude buitenlucht wordt ingeblazen in een warme vochtige omgeving, ontstaat het risico dat condens tegen de luchtslurf slaat. In Bijlage 4 is berekend dat dit risico klein is.

Er zijn echter ook warme zomerdagen dat de buitentemperatuur aan het einde van de dag zelfs hoger is dan de kastemperatuur. Hierbij kan het inblazen van buitenlucht de kastemperatuur alleen nog verlagen doordat deze buitenlucht droger is, waardoor de gewasverdamping wordt gestimuleerd en het gewas zichzelf beter koelt. Dit effect is te klein geweest om duidelijk waar te nemen.

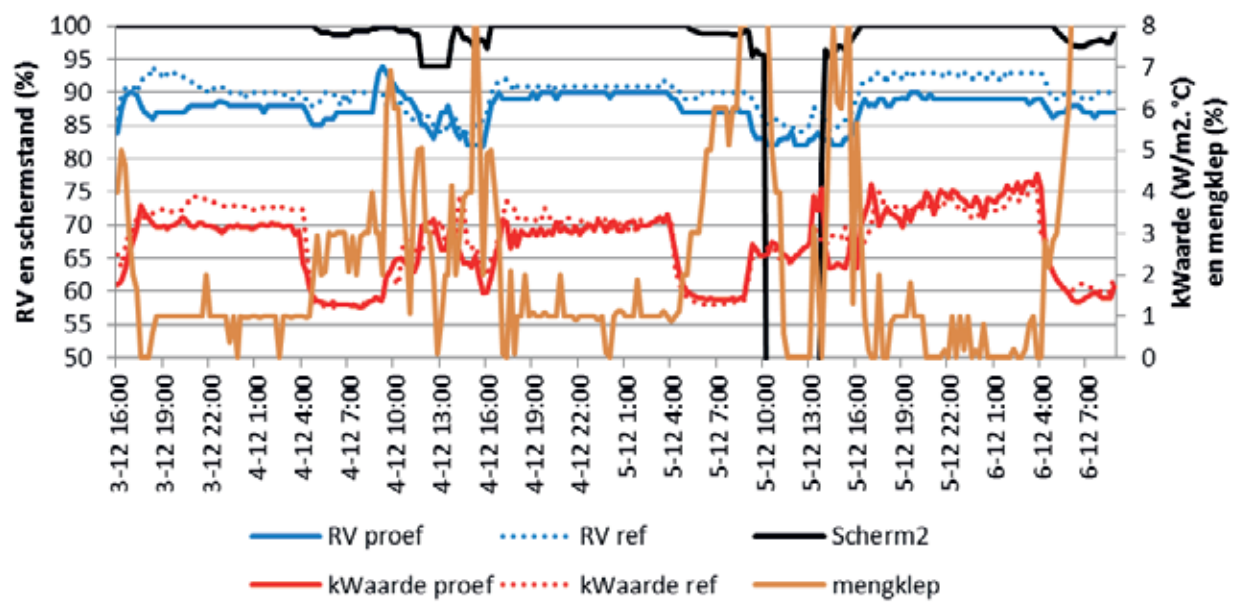
4.5 Gebruik van het transparante scherm

Doordat het transparante scherm ook overdag kan worden ingezet, kan het verduisteringsscherm eerder worden geopend en later worden gesloten (zie Figuur 13) zonder dat dit extra warmte kost. Minder gebruik van het verduisteringsdoek overdag geeft meer licht in de kas (zie paragraaf 3.2.2).



Figuur 13 Globale straling en schermstanden in proefvak (gem doek 1 en ber doek 2) en referentievak (gem doek afd 2) op 24-25 januari 2015.

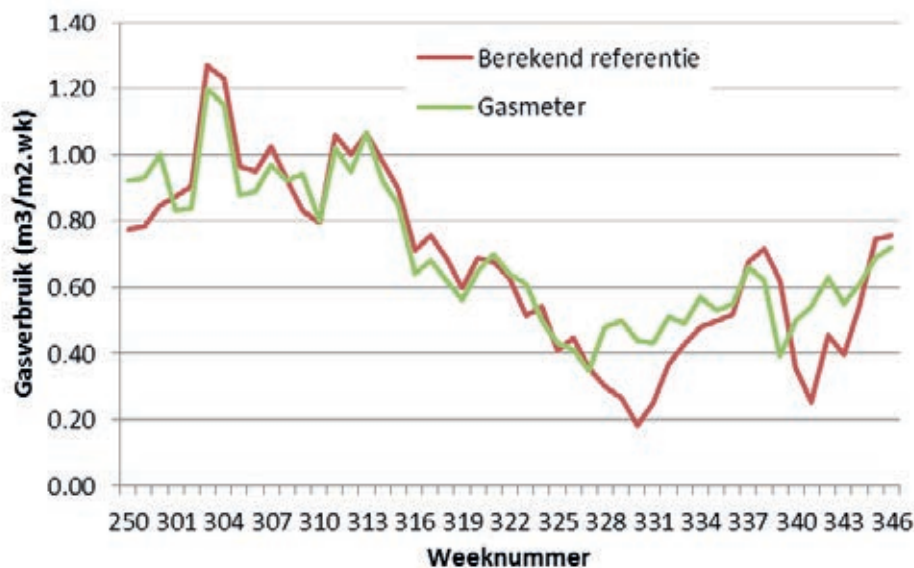
's Nachts draagt het extra scherm bij aan de isolatie van de kas. De isolatie, of eigenlijk de warmtetransmissie van de kas wordt vaak weergegeven met de k-Waarde. Dat is de hoeveelheid Watts/m² die nodig is om een gebouw 1°C warmer te maken dan haar omgeving. Nu blijkt uit Figuur 14 dat de k-waarde van het proefvak gedurende de koude dagen rond 4 december 2014 nauwelijks lager is dan de k-waarde van het referentievak. Dit terwijl het transparante energiescherm vrijwel continu gesloten was. De oorzaak van deze tegenvallende isolatie kan gezocht worden in de lagere RV die toen in het proefvak werd aangehouden. Een lagere RV zorgt voor meer gewasverdamping en dus meer warmteverlies. Hoewel de stand van de mengklep van de LBU 's nachts zelden hoger is dan 1% buitenlucht, lijkt het erop dat er meer buitenlucht wordt aangezogen. Een andere mogelijke verklaring voor de lagere RV in het proefvak is, dat de zijgevel van het proefvak een buitengevel is, die maar door een doek wordt geïsoleerd. Bij een koude gevel vindt veel condensatie plaats.



Figuur 14 kWaarde en RV van proefvak en referentievak en de standen van het transparante scherm en de mengklep voor buitenlucht in december 2014.

5 Warmtegebruik

Het warmtegebruik in het proefvak en het referentievak is berekend met de **p_pipe, methode**, op basis van de buistemperatuur, de buisoppervlakte en de kasttemperatuur. Het berekende gasverbruik komt volgens Figuur 15 aardig overeen met de gasmeter voor het hele bedrijf. Van week 1 tot week 25 van 2013 overschat de p_pipe methode de gasmeter met 3,5%. Op andere momenten is er echter grotere een afwijking. Zo is tussen week 327 en 336 gestoomd, waardoor de gasmeter meer gasverbruik aangeeft. Verder is de onderbuisverwarming in de referentieafdeling rond week 342 enkele weken wegens lekkage uitgevallen, waardoor het referentievak minder warmte heeft gebruikt dan de rest van het bedrijf.



Figuur 15 Berekend gasverbruik voor het referentievak en het gemiddelde gasverbruik ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{wk}$) voor het hele bedrijf van week 50 in 2012 (250) tot week 46 van 2013 (346).

Verder wordt de warmte die in de LBU is gebruikt om de ingeblazen buitenlucht in het proefvak op te warmen, door de klimaatcomputer berekend met het temperatuurverschil van aanvoer- en retourtemperatuur, vermenigvuldigd met het waterdebiet.

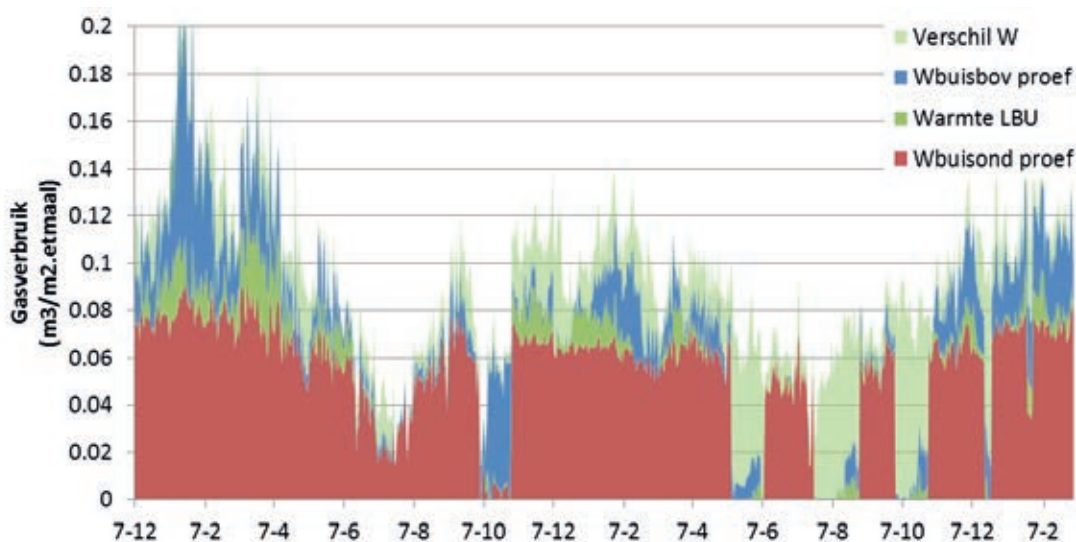
Verwarmingsnetten

De temperatuur van het ondernet van beide vakken kan niet onafhankelijk van elkaar worden geregeld. Wel is het ondernet in de referentie afdeling in het najaar van 2014 gedurende de eerste weken van de teelt handmatig uitgeschakeld geweest.

De temperatuur van het bovennet van beide vakken is tot september 2013 ook onderling gelijk geweest.

De meeste tijd is de helft van de bovenbuizen uitgeschakeld geweest. Vanaf september 2013 is bovennettemperatuur apart regelbaar. Als de bovenverwarming in het proefvak voor de helft handmatig is afgesloten, wordt de warmte-afgifte voor het bovennet voor die periodes ook maar voor de helft meegerekend.

In Figuur 16 is het gasverbruik van het proefvak vergeleken met het referentievak. De lichtgroene piekjes geven aan dat het referentievak meer warmte heeft gebruikt en de donkergroene piekjes geven aan dat het proefvak meer warmte heeft gebruikt. In de periode voordat het tweede scherm is aangelegd (dec 2012 tot okt 2013) is in het proefvak $2,7 \text{ m}^3/\text{m}^2$ minder gas gebruikt.



Figuur 16 Berekend gasverbruik ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dag}$) gebruikt door het ondernet (Wbuisond proef), het bovennet (Wbuisbov proef) en de LBU (Warmte LBU) vergeleken met de referentie (Verschil W).

In Tabel 3 is voor de twee vakken het warmtegebruik per jaar in aardgasequivalenten weergegeven. Hierbij is de berekening met de p_pipe methode gecorrigeerd voor de gemeten afwijking van 3,5%.

De grootste besparing is te zien in 2014. Dan is in het proefvak $8,2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ minder aan aardgasequivalenten warmte gebruikt dan in het referentievak. Het warmtegebruik in het proefvak komt daarmee neer op $20,1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jaar}$, wat een warmtebesparing van 29% betekent.

Ook in het referentievak is in 2014 minder warmte gebruikt dan in 2013. Dit is voor een groot deel te verklaren door het zachte klimaat van 2014, maar ook doordat in 2014 de onderverwarming tijdens de eerste weken is uitgeschakeld en doordat ook in het referentievak in 2014 een iets hogere RV is aangehouden.

Tabel 3

Berekend warmtegebruik ($\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ ae}$) in 2013 en 2014 in de twee vakken.

	Referentievak	Proefvak	Verschil
2013	33,8	30,0	3,8
2014	28,3	20,1	8,2

De verschillen in warmtegebruik tussen proefvak en referentievak kunnen worden verklaard door:

- Het accepteren van een hogere luchtvochtigheid (zie paragraaf 4.1).
- Het achterwege laten van de inzet van een onderbuis bij het begin van de teelt (zie paragraaf 4.3).
- Een betere isolatie door het gebruik van een extra scherminstallatie.

6 Teelt en gewas

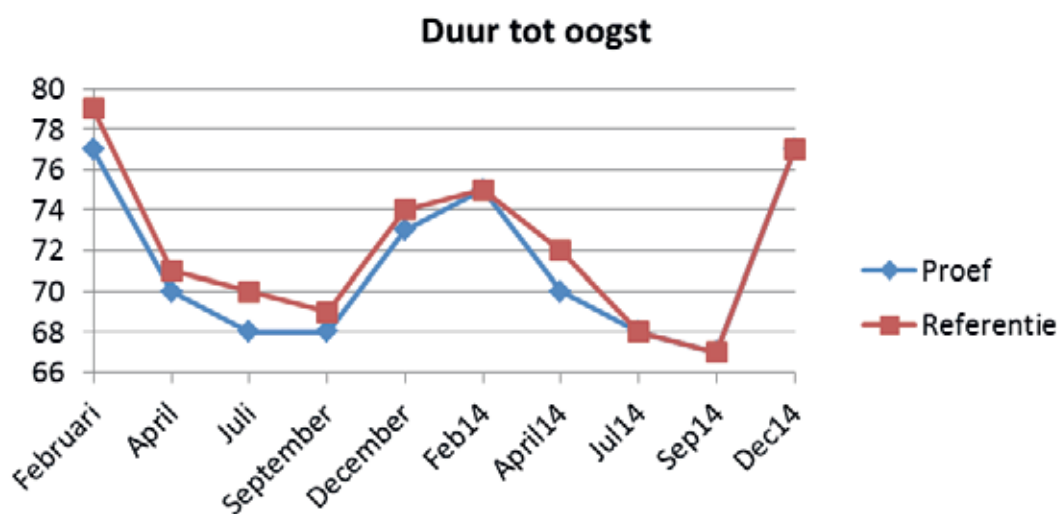
De eerste teelt in het proefvak is geplant op 27 november 2012. Daarna zijn nog negen teelten gevolgd en gemeten. De teelten in het referentievak is vrijwel altijd drie dagen later geplant. De snellere teelt in het proefvak is te danken aan een kortere reactietijd in de korte-dag periode. Die kortere reactietijd is niet veroorzaakt door de kasttemperatuur, want die was namelijk tijdens de kortedag-periode gemiddeld vrijwel gelijk in beide vakken.

6.1 Gewasmetingen

Vlak voor iedere oogst zijn er gewasmetingen uitgevoerd. Het betreft gewichtsmetingen aan minimaal 75 takken per vak en intensieve metingen aan twee samples van 5 takken per vak. Bovendien zijn houdbaarheidsmetingen door de plantenkweker uitgevoerd.

6.1.1 Teeltduur

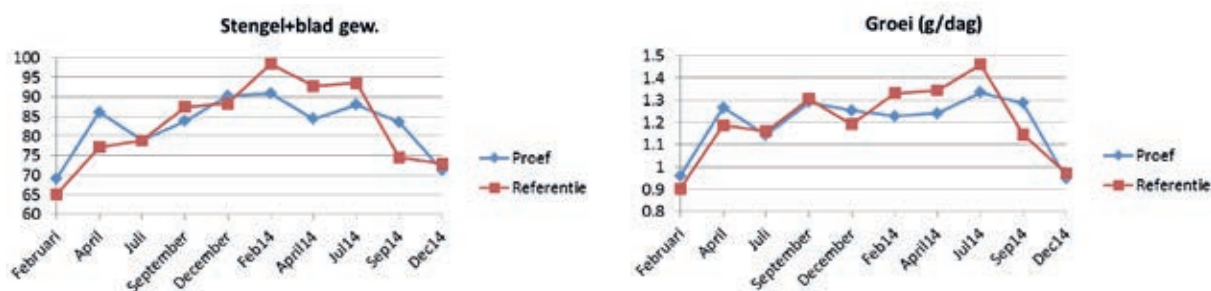
Met name bij de eerste teelten bleek het gewas in het proefvak sneller in bloei te komen dan het gewas in het referentievak. Dit werd met name geweten aan de luchtbeweging in het proefvak, wat een generatievere groei en dus een kortere reactietijd zou geven. Om te voorkomen dat de snelle bloei zou leiden tot te lichte takken, is de temperatuur in het proefvak lager gehouden. Dit heeft geleid tot minder grote verschillen in reactietijd.



Figuur 17 Teeltduur van de verschillende plantingen.

6.1.2 Gewichtsmetingen

In beide vakken zijn op telkens op 3-4 plaatsen 25 takken individueel gewogen. De meting heeft niet geleid tot eenduidige gewichtsverschillen tussen het proefvak en het referentievak. Zo leek het versgewicht in het proefvak in eerste instantie hoger te zijn dan in het referentievak, later zijn er ook teelten geweest, waarin juist het referentievak beter groeide (zie Figuur 18).



Figuur 18 Links: Gemeten versgewicht (g/tak) van stengel en blad in proefvak en referentievak. Rechts: Groeisnelheid in grammen versgewicht per dag (stengel en blad) tussen planting en meting.

6.1.3 Intensieve metingen

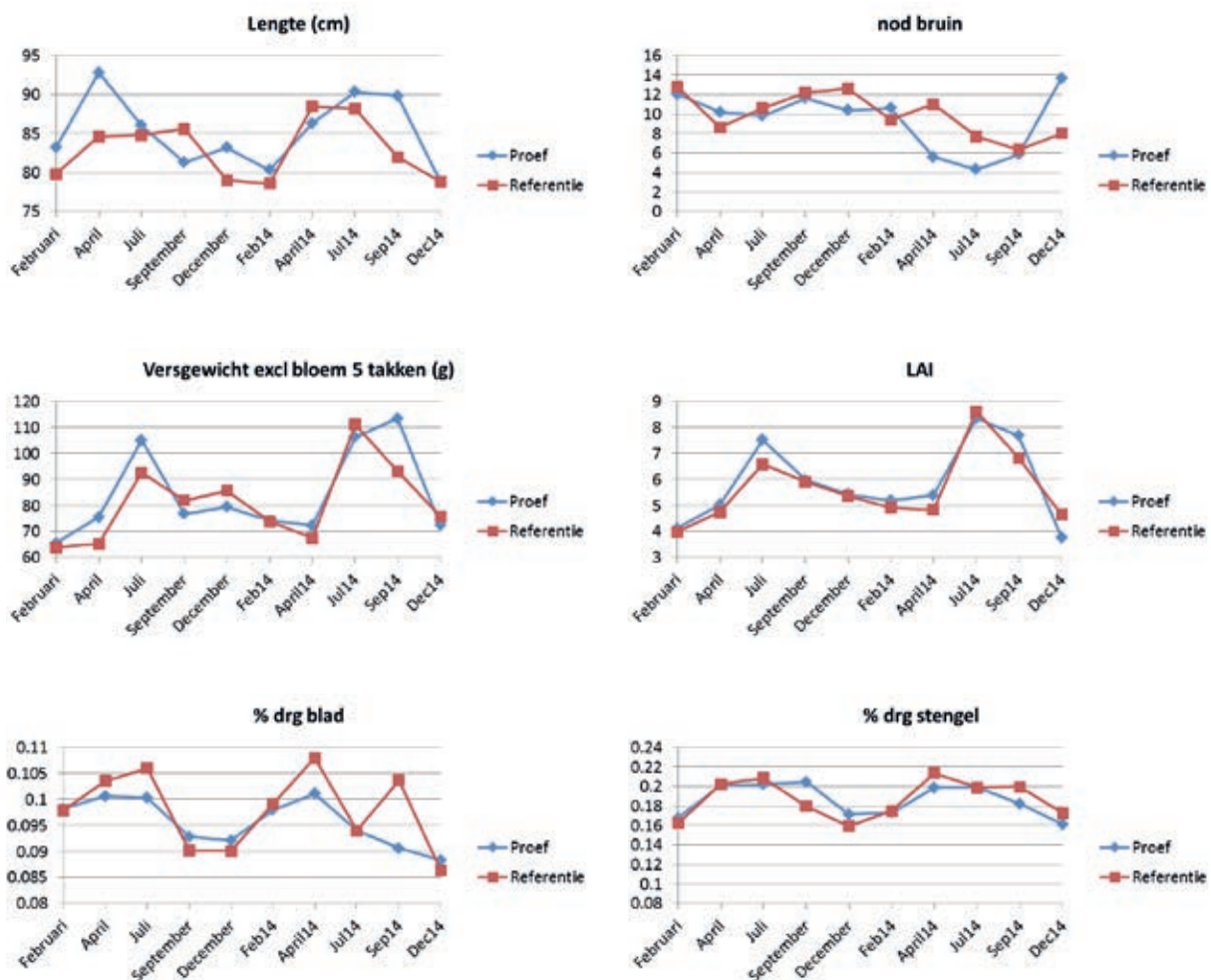
Uit zowel het proefvak als het referentievak zijn bij iedere teelt op een willekeurig rij op 4 vakken afstand van het middenpad, 5 takken weggenomen. Deze zijn in een hoes gedaan om uitdroging zo veel mogelijk te voorkomen en binnen 2 uur bemeten.

Hierbij zijn de volgende eigenschappen gemeten.

1. De lengte van de tak, vlak boven de persluit afgeknipt
2. Het aantal noden met oude bladeren (bruin of geel)
3. Het aantal (noden met) groene bladeren
4. Het bladoppervlak van de groene bladeren
5. Het versgewicht van het blad
6. Het versgewicht van de tak
7. Het versgewicht van de bloem
8. Het drogestofgehalte van de stengel
9. Het drogestofgehalte van het blad
10. Het drogestofgehalte van de bloemen

In Figuur 19 zijn de belangrijkste resultaten van de intensieve metingen weergegeven.

1. De takken uit het proefvak waren meestal langer dan die uit het referentievak. Dit kan te maken hebben met verschillen in gebruik van remmiddel (Alar). Ook kan de dagtemperatuur invloed hebben op de taklengte. Zo bleek de dagtemperatuur in het proefvak in april 2013 en 2014 ruim 1°C hoger te liggen dan in het referentievak. In 2013 was in april wel een langere tak te zien, maar in 2014 niet. Eind augustus 2014 was de dagtemperatuur in het proefvak ongeveer 1 °C lager dan in het referentievak. Mogelijk heeft dit geresulteerd in een kortere tak in september 2013.
2. Het aantal noden met geel, bruin of dood blad, was over het algemeen lager in het proefvak. Een duidelijke uitzondering hierop was december 2014, nadat de onderverwarming in oktober vier weken lang is uitgeschakeld geweest. Blijkbaar is dat in die tijd van het jaar te veel gevraagd.
3. Het versgewicht exclusief bloem geeft voor 5 takken een ander patroon te zien dan de metingen voor ± 75 takken (zie Figuur 18). Dit geeft aan dat het versgewicht van de takken onderling zoveel variatie hebben dat een meting van 5 takken onvoldoende nauwkeurig zijn. Aangezien lengte, aantal bruine noden en drogestofgehalte minder onderlinge variatie hebben, wordt ervan uitgegaan dat die metingen een meer valide indicatie geven.
4. De Leaf Area Index (LAI) is bepaald door het bladoppervlak van de groene bladeren bij elkaar op te tellen en te vermenigvuldigen met het aantal takken per m². De variatie door de seizoenen is groot en dat komt deels door de hogere plantdichtheid en deels door het oppervlak per blad in de zomerperiode. Het verschil tussen proefvak en referentievak is klein.
5. Bij de stengels is het drogestofgehalte bijna twee keer zo hoog als bij de bladeren. Gemiddeld genomen hebben de takken uit het proefvak een lager drogestofgehalte dan uit het referentievak, al zijn de verschillen wisselend. Een hoog drogestofgehalte kan enerzijds betekenen dat de plant meer 'body' heeft en daarmee mogelijk een langere houdbaarheid. Anderzijds betekent een hoog drogestofgehalte dat met dezelfde hoeveelheid assimilaten meer versgewicht had kunnen worden gemaakt. Zo blijkt de plant in de winter meer versgewicht per eenheid drogestof te maken dan in de zomer en gaat dan dus efficiënter met zijn assimilaten om.



Figuur 19 Vergelijking van intensieve metingen op 5 takken uit het proefvak en het referentievak.

6.1.4 Houdbaarheidsmetingen

Door Deliflor zijn houdbaarheidsmetingen gedaan, waarbij het vaasleven is getest van bloemen uit het proefvak en uit het referentievak. Voor beide steekproeven was het vaasleven goed, waarbij de onderlinge verschillen klein waren.

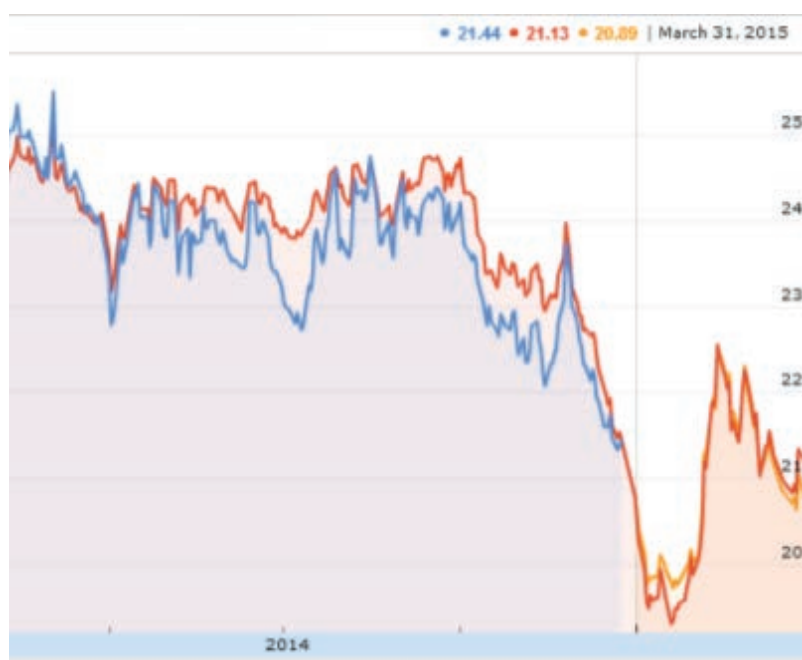
7 Economische evaluatie

De grootste baten van het systeem met luchtbehandelingsunits, slurven en een extra scherm, zoals bij Arcadia is geplaatst, moeten komen uit de energiebesparing. Uit de proef is gebleken, dat met het systeem 8 m³/m².jaar aan aardgasequivalenten warmte kan worden bespaard. Een deel van de besparing is dankzij het tweede scherm, en een deel van de besparing is dankzij het hanteren van een hogere luchtvochtigheid en het weglaten van de minimum buis. Hoewel het warmtegebruik in het referentievak in de afgelopen jaren ook is verlaagd, wordt voornamelijk verondersteld dat deze strategie niet mogelijk is zonder de luchtbeweging en de aanvoer van droge lucht met de LBU. Verschillen in productiekwaliteit (bijvoorbeeld het voorkomen van ziekten) kunnen ook een argument zijn om te investeren in luchtbehandelingsunits en schermen. Aangezien tijdens de proefperiode nauwelijks problemen zijn aangetroffen in zowel het proefvak als het referentievak, wordt dit argument niet in de economische evaluatie meegenomen.

7.1 Berekening investeringsruimte

Voor het onderzochte systeem (LBU + regeling + tweede scherm), is de investeringsruimte berekend. Uitgaande van 8 m³/m².jaar besparing met een warmteprijs van 0,25 €/m³, een economische levensduur van 10 jaar voor het systeem, jaarlijks 5% aan onderhoudskosten en gemiddeld 2% rente over de aanschafprijs, is de investeringsruimte van de LBU en het extra scherm gelijk aan $8 \times 0,25 / (10\% + 5\% + 2\%) = \pm 12 \text{ €/m}^2$. Deze berekende investeringsruimte is hiermee lineair afhankelijk van de waarde van warmte.

De waarde van warmte sterk afhankelijk van de fluctuerende gasprijs. De TTF gasprijs (zie Figuur 20) is de prijs die 1 of 2 jaar van tevoren kan worden vastgelegd en is een indicatie voor de prijs die de meeste telers moeten betalen voor de commodity aardgas. Naast de TTF worden verschillende varianten in prijsvorming door energieleveranciers aangeboden. Bovenop de commodityprijs komt nog ongeveer € 0,04 voor energiebelasting, transport en capaciteitskosten. Daarom wordt in bovenstaande berekening uitgegaan van een warmteprijs van 0,25 €/m³ aardgasequivalenten. Als bedrijven met een WKK voor een gunstige elektriciteitsprijs aan het net terug kunnen leveren, of als zij extra CO₂ nodig hebben voor stimulering van de fotosynthese, kan deze warmteprijs veel lager uitvallen dan 0,25 €/m³.



Figuur 20 Verloop van de TTF gasprijs (2015 blauw, 2016 rood en 2017 oranje) van maart 2014 tot maart 2015 (www.vakbladvoordebloemisterij.nl).

7.2 Discussie vereenvoudiging van de installatie

Om het op de markt brengen van de geteste installatie te bespoedigen, kan worden afgewogen of deze wellicht goedkoper kan worden uitgevoerd. Een voorbeeld van een goedkopere uitvoering is een LBU zonder verwarming of zonder bijmenging. Deze voorbeelden zijn besproken in Bijlage 5. Hieruit blijkt dat de installatie tijdens de verduisteringsperiode zo weinig hoeft te ontvochtigen, dat de inblaastemperatuur zonder verwarming en met bijmenging van kaslucht voldoende hoog blijft om het risico van condensatie op de slurf beperkt te houden. Tijdens belichting verdampt het gewas meer, moet er meer buitenlucht worden ingeblazen en wordt het risico op condensatie tegen de slurf groter.

Voor ontvochtiging is bijmenging van kaslucht in principe niet nodig. Toch wordt de bijmengingsmogelijkheid in vrijwel alle LBU's ingebouwd om de installatie in te kunnen zetten voor alleen luchtcirculatie. Hierdoor hoeven geen aparte circulatieventilatoren te worden aangeschaft. Ook kan de ventilator dankzij bijmenging vollast blijven draaien als de ontvochtigingsbehoefte kleiner is dan de ontvochtigingscapaciteit. Dit kost weliswaar meer elektriciteit, maar zorgt voor een rustiger regeling.

Als alle LBU's apart worden aangestuurd, geeft dit als voordeel dat verschillende groeifasen een verschillend klimaat kan worden aangeboden (compartimentering). Als alle LBU's op een regeling worden aangesloten, zal dit de investeringskosten sterk kunnen beperken. Het is echter de vraag of daarmee de volledige energiebesparingspotentie kan worden bereikt.

Verder zou de installatie kleiner kunnen worden uitgevoerd dan de bij Arcadia geïnstalleerde $5 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{uur}$. De maximale capaciteit aan het inblazen van buitenlucht wordt immers zelden ingezet (zie paragraaf 4.4). Hierbij dient er wel op worden gelet dat een lager luchtdebiet kan leiden tot minder luchtbeweging en een minder goede luchtverdeling in de kas.

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

1. In het proefvak is in 2014 $8,2 \text{ m}^3/\text{m}^2$.jaar ofwel 29% op warmte bespaard door het gebruik van een extra scherm en het tijdelijk uitschakelen van het ondernet in combinatie met het inblazen van droge buitenlucht.
2. Een slurf boven het gewas kan de ingeblazen lucht goed verdelen over een breedte van 28,40 meter. Wel blijkt de hoeveelheid luchtbeweging recht onder de slurf minder groot te zijn dan op 5-9 meter afstand van de slurf.
3. Het lichtverlies van de slurf betreft gemiddeld bijna 1% van de hoeveelheid zonlicht. In de winterperiode is dat bijna 0,5% van de totale hoeveelheid licht. Het lichtverlies van het tweede transparante scherm betreft alleen de lichtonderschepping van het schermpakket in geopende toestand. Door het verduisteringsdoek overdag minder te gebruiken en in plaats daarvan het transparante schermdoek in te zetten, kan op het schermgebruik juist een (zeer kleine) lichtwinst worden bereikt.
4. Ongeveer 70% van de warmte die in het referentievak is gebruikt, wordt via het ondernet ingebracht.
5. De teelten in het proefvak die bij een lagere RV zijn geteeld (tot april 2014), vertonen een kortere reactietijd dan het referentievak. Ondanks het feit dat de teelten in het proefvak gemiddeld bij een $0,3^\circ\text{C}$ lagere nachttemperatuur zijn geteeld.
6. Gezien het lichtverlies in het proefvak en de kortere reactietijd, werd verwacht dat het gewicht in het proefvak 1-3% lager zou zijn. Het gemiddelde versgewicht in het proefvak is inderdaad lager dan in het referentievak, maar de verschillen zijn echter zo variërend dat hier geen uitspraak over kan worden gedaan.
7. In het proefvak is bij bijna alle teelten minder bruin blad aangetroffen dan in het referentievak.
8. De LBU kan worden ingezet om de luchttemperatuur onder het verduisteringsdoek te verlagen. Deze invloed is echter gering als de buitentemperatuur gelijk is aan, of hoger is dan de kastemperatuur.
9. Indien de besparing op warmte allemaal ketelgas betreft, dan is de investeringsruimte bij een afschrijvingstermijn van 10 jaar geschat op € 12,- per m^2 . Indien de besparing leidt tot minder lucratieve teruglevering met de WKK en meer inkoop van CO_2 , dan is deze investeringsruimte veel lager. Indien het systeem ziekten kan voorkomen, zal de waarde om te investeren juist hoger zijn.

8.2 Aanbevelingen

1. De onderverwarming kan eerste weken van de teelt zeker in de zomerperioden probleemloos worden uitgeschakeld. De RV is dan immers voldoende laag doordat het jonge gewas niet zo veel verdampt. Stimulering van de verdamping is vlak na het planten wellicht zelfs nadelig voor de groei. Als moet worden gestookt om de temperatuur op peil te houden, kan de onderverwarming wel nuttig worden ingezet.
2. Als alle LBU's apart kunnen worden aangestuurd, is het aan te bevelen om bij installatie ervan rekening te houden met compartimentering van de chrysantenteelt. Zo kan voor een jong gewas een ander klimaat worden gecreëerd dan voor een volgroeid gewas. Met name gedurende de nacht, als rolschermen tussen de afdelingen kunnen worden ingezet, is compartimentering eenvoudig uit te voeren.
3. Gezien de soms iets langere reactietijd recht onder de slurven, wordt vermoed dat niet alleen een lage RV, maar ook luchtbeweging de reactietijd verkort. Onderzocht moet nog worden of luchtbeweging een bruikbaar alternatief is voor een hoge kastemperatuur om een voldoende teeltsnelheid te krijgen.
4. In het project is niet onderzocht waar de lucht naartoe stroomt nadat deze in het proefvak is geblazen. Mogelijk trekt de lucht naar naburige vakken. Bij installatie van meerdere LBU's op een bedrijf zullen mogelijk voorzieningen moeten worden getroffen om te veel overdruk onder het scherm te voorkomen.

9 Referenties

Raaphorst, M., Kempkes, F., Corsten, R., Roelofs, T., en de Veld, P. (2010):

Het Nieuwe Telen bij chrysant : verkenning van energiebesparingsopties voor de chrysantenteelt.
Wageningen UR Glastuinbouw. Bleiswijk.

van Weel, P.A., en Raaphorst, M.G.M. (2012):

Droge lucht toevoeren via slurven onder het gewas bij Gerbera en Matricaria. Wageningen UR Glastuinbouw.
Bleiswijk.

Bijlage 1. Verslag Workshop 19 juli 2012

Aanwezig: Ron Ammerlaan, Fred van Paassen, Wessel van Paassen, Jan van Ruijven, Jan van Wijk, Bert van Ruijven, René Eijkelenboom, Harry Wubben, Michael Zwinkels, Thijs van Giessen, Hans van Tilborgh, Aat Dijkshoorn, Maarten Klein, Theo Roelofs, Peter van Weel, Marcel Raaphorst (not.)

Bezoek Gerberakwekerij Zuijderwijk-Witzier te Bergschenhoek

Aad Zuijderwijk, Peter van Weel en Henk van der Meer (Hint-installatietechniek) geven uitleg bij de twee proefvakken. Bij een proefvak wordt tot kaslucht opgewarmde buitenlucht via luchtslurven onder het gewas in de kas geblazen. Een dergelijk systeem is niet haalbaar voor een grondteelt als chrysant. In het tweede proefvak ventilation jets (brievenbussen) opgehangen die lucht van boven twee schermen aanzuigen en via een smalle strook door de schermen naar beneden blazen. Onder het scherm wordt de koudere en drogere lucht verspreid via een schotje en een nivolator (aircobreeze). In het proefvak hangt 1 brievenbus per 120 m², maar in een breder vak zou dit 1 brievenbus per 240 m² kunnen zijn. Voor het aanbrengen van de brievenbussen is een aanpassing gedaan aan de scherminstallatie. Er komt nog een klein beetje licht binnen via de brievenbus. Dit is acceptabel voor verduistering en zou nog kunnen worden verbeterd door de binnenzijde van de 'brievenbus' zwart te coaten.

Zuijderwijk heeft in de gehele kas nivolators hangen. Doordat hij hiermee meer luchtbeweging onder het gesloten doek kan genereren, durft hij het scherm langer dicht te houden. Door niet te kieren wordt de horizontale temperatuurverdeling sterk verbeterd en hoeft hij de horizontale ventilatoren nauwelijks meer te gebruiken.

Bezoek Phalaenopsiskwekerij Pannekoek te Berkel en Rodenrijs

Peter van Weel en Henk van der Meer (Hint-installatietechniek) geven uitleg bij de twee proefvakken. Een proefvak bevat brievenbussen door het dubbele scherm, waarbij buitenlucht via een luchtslurf vanaf de gevel wordt aangezogen. Aangezien de luchtslurf boven het scherm is, wordt de lucht in de luchtslurf nauwelijks opgewarmd, zodat vrijwel overal met eenzelfde temperatuur wordt ingeblazen. Wel ontstaat bij een lage buitentemperatuur condens op de luchtslurf, wat er dan weer van kan afdruipe. Om dit enigszins te voorkomen kan met een luchtklep warme kaslucht worden bijgemengd in de slurf. In het tweede proefvak is de luchtslurf weggelaten en wordt, zoals bij Zuijderwijk, alleen door het (driedubbele) scherm naar beneden gezogen en via nivolatoren verspreid. Horizontale ventilatoren dienen om de verneveling te kunnen verspreiden. De ventilatoren van de brievenbussen werken met een puls/pauze-regeling. Hierbij kan bijvoorbeeld worden bepaald of gedurende 4 minuten het systeem 0, 1, 2, 3 of 4 minuten lucht kan aanzuigen. De nivolatoren kunnen onafhankelijk van de ventilatoren in de brievenbussen worden geregeld. Mede-eigenaar Han-Willem Mooij geeft (evenals Zuijderwijk) aan dat het grote voordeel van het systeem is, dat er geen schermkier meer nodig is en dat de horizontale temperatuurverdeling kan worden beheerst. Ook zorgt de luchtbeweging ervoor dat het gewas na een gietbeurt sneller opdroogt. Bovendien is de luchtvochtigheid zeer goed te regelen.

Workshop bij Wageningen UR Glastuinbouw te Bleiswijk

Bij aanvang van de workshop wordt een voorstelrondje gehouden, inclusief een korte inventarisatie van de bevindingen tijdens de bedrijfsbezoeken. Bij de telers zijn positief over de mogelijkheden met lucht inblazen en zien het belang vooral voor het voorkomen van Botrytis en slecht blad. Daarnaast wil men in de zomer koelere lucht onder het verduisteringsscherm kunnen blazen en moet het systeem kunnen helpen om minder afhankelijk te zijn van energie.

Peter van Weel geeft een presentatie over de proefresultaten met verschillende systemen. Naast de brievenbussen, wordt ook een systeem behandeld met een luchtslurf boven het gewas met aangezogen buitenlucht. Verder toont hij systemen met een grote ventilator (basket fan) bij de gevel die buitenlucht via een gat in de gevel aan kan zuigen. Ook toont Peter een goedkoper alternatief voor de nivolator (V-flow fan). De basket-fan blijkt de RV tussen het gewas het meest te kunnen verlagen. Telers reageren dat te veel luchtbeweging of een te lage luchtvochtigheid ook niet goed is: slap gewas. Verder geeft Peter aan dat na ± 30 meter de lucht boven het gewas al zoveel vocht uit het gewas heeft opgenomen dat het drogend effect sterk is afgenomen.

Theo Roelofs combineert zijn presentatie met discussies.

1. In hoeverre zorgt het inblazen van koude buitenlucht via een luchtslurf voor een matige horizontale temperatuurverdeling? Als er geen luchtstromingen zijn, loopt het temperatuurverschil op tot 1,5 °C, maar in de praktijk blijken luchtstromingen in de kas dit te compenseren en worden er nauwelijks temperatuurverschillen gemeten.
2. Hoeveel condensatie valt er van de luchtslurf? Dat hangt af van de luchtvochtigheid en de ingeblazen temperatuur. Je zou de condens eventueel kunnen opvangen in een gootje
3. Hoeveel lichtverlies geven de systemen? Een horizontale zwarte strook van 65 cm per 29 meter levert 2% lichtverlies. Een slurf levert meer lichtverlies dan een strook, maar de gebruikte slurven zijn lichtdoorlatend. In de praktijk zal het gemiddelde lichtverlies lager zijn dan 2%, maar vlak onder de luchtslurf hoger. Eventueel zou bij geopend scherm de luchtslurf moeten kunnen worden opgerold. Het lichtverlies van de brievenbussen is ongeveer 0,3%.
4. Bert geeft aan dat bij de luchtslurf er nog wel iets moet worden verzonnen om het gevelscherm zodanig aan te passen dat buitenlucht kan worden aangevoerd.
5. Overdruk onder het scherm kan leiden tot een betere temperatuurverdeling.
6. De energiebesparing zal vooral worden verkregen door het verminderen van de minimum buis boven. De verwarming onderin moet blijven zolang daar niet op een andere manier met luchtbeweging kan worden gekomen.
7. Zijn er nog systemen te bedenken die nog niet behandeld zijn?
 - a. Jan van Wijk wil luchtbeweging in het gewas kunnen brengen om dikker te kunnen planten.
 - b. Thijs zou graag een groeistimulans zien, zoals bij de gesloten kas.
 - c. Fred waarschuwt voor te veel ventilatie. Hij heeft eens een nacht de (horizontale) ventilatoren een standje hoger gezet en merkte dat de volgende dag direct aan het gewas (slap).

Verder vraagt Theo aan de telers waar hun voorkeur ligt.

Wessel: brievenbussen in combinatie met horizontale ventilatoren.

Thijs: 65 cm slurf wordt lastig ook ivm condens. Liever brievenbus

Bert: Beide systemen zijn interessant doordat er nauwkeuriger kan worden gestuurd. De slurven moeten wel oprolbaar zijn. Verder zou styromull kunnen helpen om de verdamping uit de grond te verminderen en door reflectie het licht beter te benutten.

René: Beide systemen zijn interessant.

Jan van Ruijven: Voorkeur voor brievenbussen

Harry: De nok van de kas gebruiken als luchtslurf boven het scherm, aangedreven door een grote (basket)ventilator. De lucht moet dan via openingen onder het scherm worden ingebracht.

Ron: Misschien kan aanpassing aan de watergiftmethode al helpen. Slurven lijken robuuster dan vele kleine ventilatoren, dus dat heeft de voorkeur.

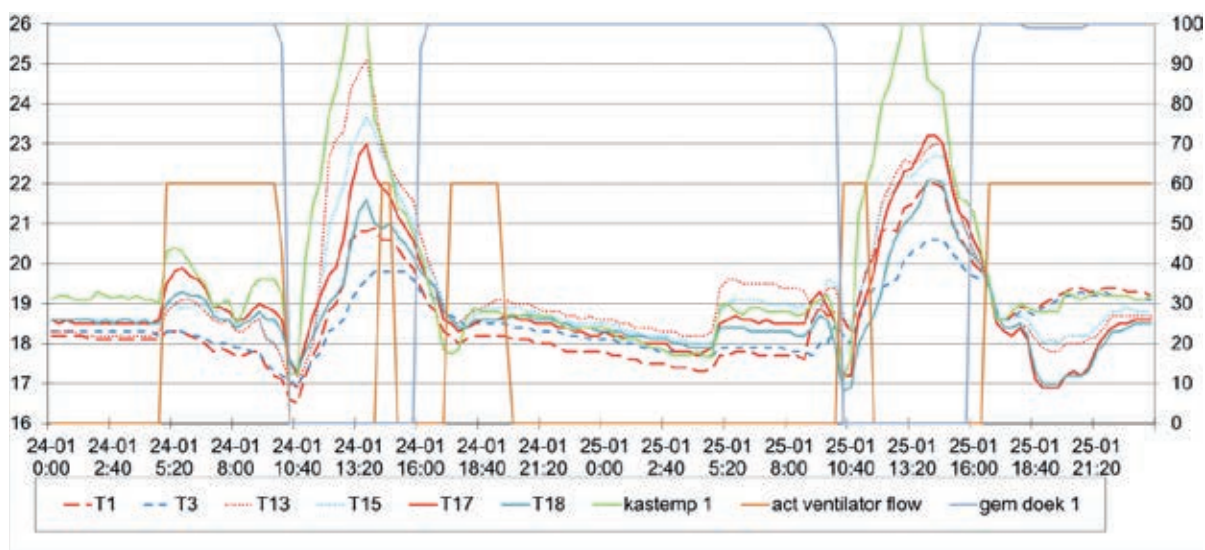
Jan van Wijk: Slurven is lastig, maar wel in meer standen te regelen. Liever brievenbus. Luchtbeweging in het gewas is belangrijk. Daarom investeren in een extra gewasverwarmingsbuis die laag hangt en een hogere temperatuur kan hebben.

Michael: Alleen aircobreeze ophangen. Verder lijkt Kubokas interessant, maar daar wordt met veel lucht onder het gewas geventileerd.

Hans vraagt of de systemen elkaar in prijs veel ontlopen. In deze fase lijkt de prijs echter nog niet aan de orde. Pas als een systeem goed blijkt te werken kunnen we kijken of de kosten kunnen worden terugverdiend.

Gezien de diversiteit van meningen lijkt het niet verstandig om nu al knopen door te hakken over het type systeem dat in een proef kan worden getest voor chrysant. Bert zou in principe een kasafdeling beschikbaar willen stellen om daar metingen te doen met een of twee systemen. Aat stelt voor om de informatie even te laten bezinken en later in kleiner verband een beslissing te maken over de proefopzet. De proef vindt in principe plaats tot eind december, maar zou, indien het meer informatie oplevert, nog iets uit mogen lopen.

Bijlage 2. Horizontale temperatuurverdeling



Figuur 21 Temperatuurmetingen, ventilatorstand en doekstand op 24 en 25 januari.

Legenda draadloze sensoren

- Rode lijnen (T1, T13 en T17) temperatuur hoog in het gewas.
- Blauwe lijnen (T3, T15 en T18) temperatuur laag in het gewas.
- T1 en T3 (gestreept) staan dicht onder de slurf.
- T13 en T15 (gestippeld) staan 4 meter verderop.
- T17 en T18 (doorgetrokken) staan nog 4 meter verder.

Per 25 januari om 9:00 uur worden de draadloze sensoren verplaatst langs het gevelscherf, verdeeld over de lengterichting van de kap.

In de donkerperiode van de nacht liggen de temperaturen van de draadloze sensoren dicht op elkaar. T1 heeft een kleine afwijking naar beneden. De rode lijnen (hoog in het gewas) liggen wel consequent iets onder de blauwe lijnen (laag in het gewas). Overdag liggen de rode lijnen duidelijk hoger dan de blauwe lijnen. Dat is logisch omdat de warmtebron (belichting en zon) dan van boven komt.

Als de belichting aanschakelt op 24 januari en de ventilator ook, dan stijgen de temperaturen vooral bovenin het gewas. De temperatuur vlak onder de slurf ligt 1 tot 2°C lager dan de gemeten kasttemperatuur (kastemp1) van de meetbox. Op 25 januari gaat de ventilator niet aan als de belichting start. Onverklaard is dat de temperatuur van alleen de middelste meters (T13 en T15) na het aanschakelen van de lampen hoger ligt dan een etmaal daarvoor.

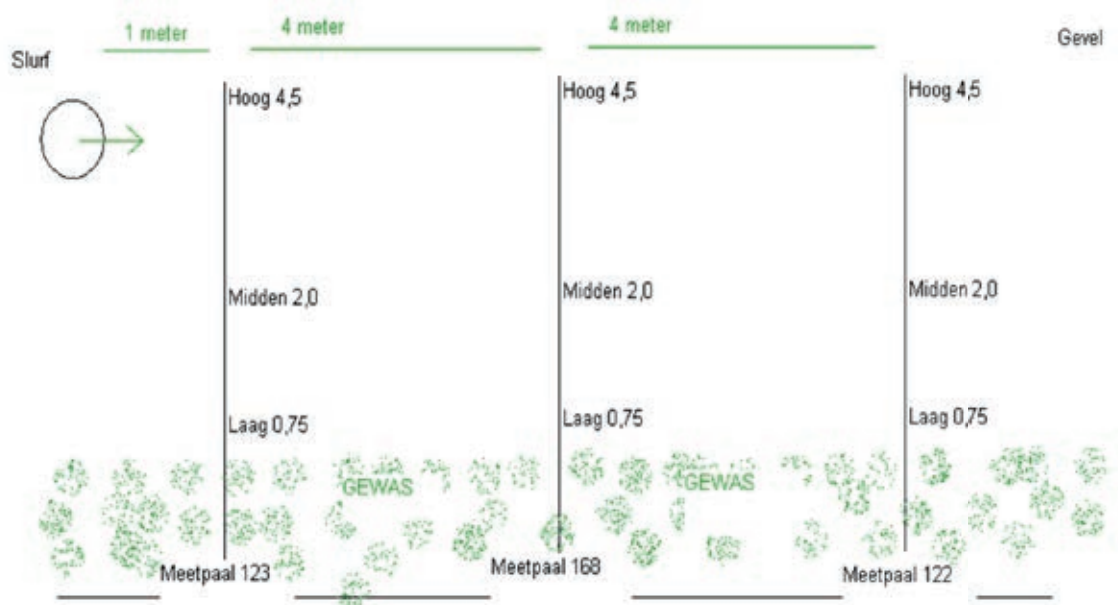
Op 25 januari blijkt dat 's avonds na het inzetten van een kleine schermkier rond 18:00 uur de temperatuur bij de achtergevel ver achterblijft bij de temperatuur bij het middenpad.

Conclusies:

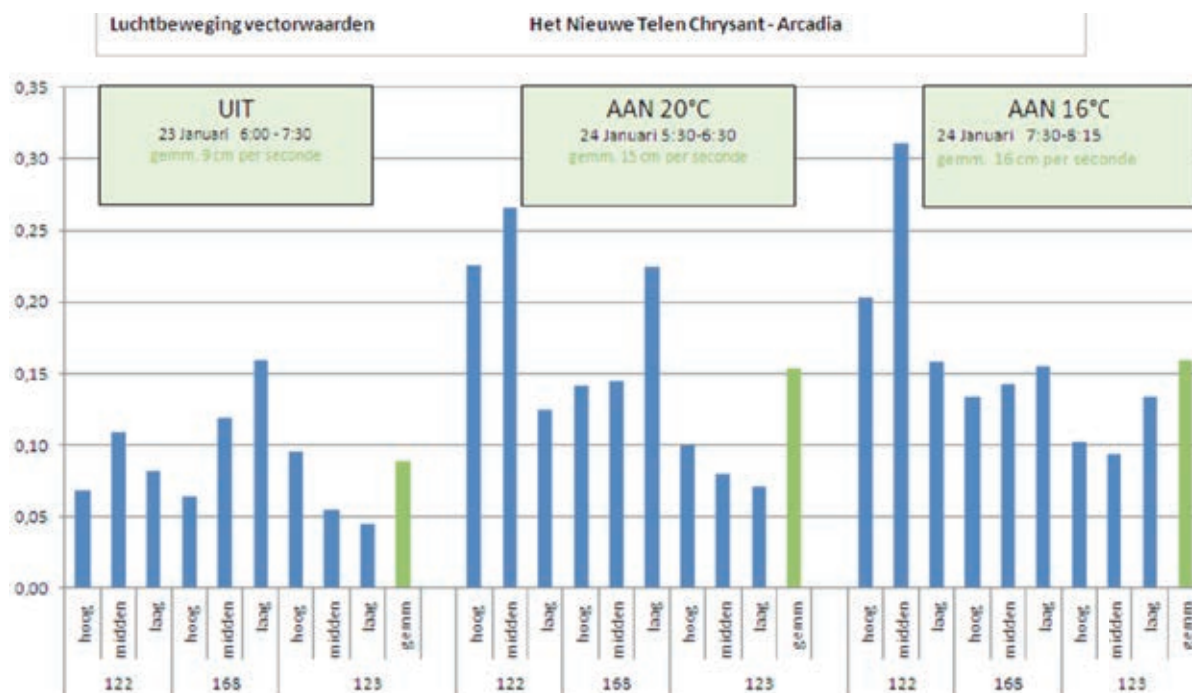
- De verticale temperatuurverschillen in het gewas zijn 's nachts laag. Overdag of tijdens belichting kunnen de verschillen zeer groot zijn. Dit komt waarschijnlijk doordat de sensoren niet geventileerd zijn en daardoor gevoelig voor instraling.
- De invloed van de luchtslurven op de temperatuurverdeling is niet overtuigend.
- De horizontale temperatuurverschillen zijn tot 2°C opgelopen door de inzet van een kleine schermkier.

Bijlage 3. Akoestische metingen luchtbeweging

In januari 2013 is met akoestische metingen gekeken naar de verdeling van de luchtbeweging in het proefvak. Op 4,5 en 2 meter hoogte is te zien dat de luchtbeweging minder wordt naarmate de sensor verder van de slurf is. Op gewashoogte (75 cm) is dit patroon niet zo duidelijk. Op vijf meter afstand van de slurf is de luchtbeweging op gewasniveau meestal hoger dan op 1 meter afstand van de slurf.

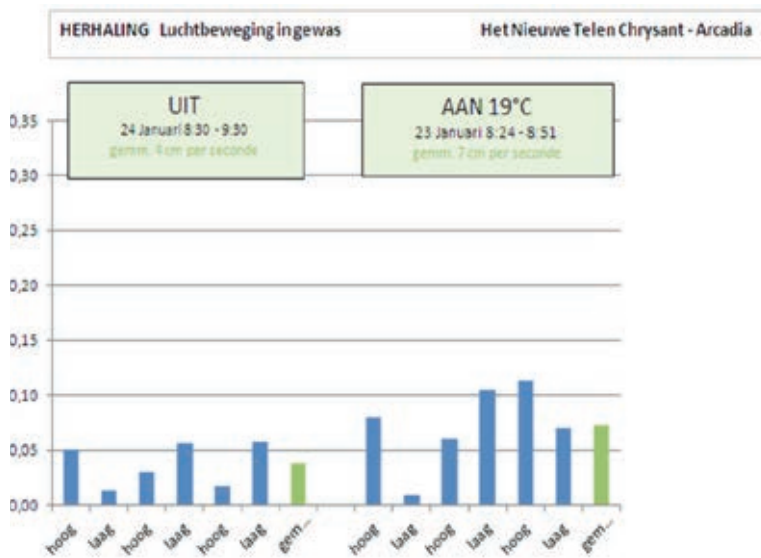


Figuur 22 Positie van de drie meetpalen met ieder drie akoestische sensoren, ten opzichte van de slurf en het gewas.



Figuur 23 Luchtbeweging (m/s) gemeten door 9 akoestische sensoren, bij uitgeschakelde ventilator en bij aangeschakelde ventilator (bij een inblaastemperatuur van 20°C en van 16°C).

Een herhaling tussen het gewas gaf minder eenduidige resultaten (zie Figuur 24). Het aanschakelen van de ventilator geeft weliswaar meer luchtbeweging in het gewas, maar die invloed is niet duidelijk minder op 1 meter afstand van de slurf.



Figuur 24 Herhaling op gewasniveau.

Bijlage 4. Berekening condensatierisico op slurf

Situatie

De verduistering sluit om 19:00 uur. Bij zonnig weer kan de straling in de zomer dan nog steeds 400 W/m² bedragen. Ondanks reflectie van zonlicht door het kasdek en het aluminium schermdoek kan het schermdoek nog steeds flink worden opgewarmd. Door de luchtramen open te houden zal luchtbeweging boven het scherm zorgen voor enige warmteafvoer naar de buitenlucht. Desondanks kan het schermdoek wel 10°C warmer worden dan de buitenlucht. Het warme schermdoek zal dus ook convectiewarmte overdragen op de lucht onder het schermdoek en bovendien directe stralingswarmte naar het gewas.

Het gewas zal door de stralingswarmte gestimuleerd worden te verdampen, maar het vocht wordt nauwelijks afgevoerd: het scherm houdt luchtuitwisseling met droge buitenlucht tegen, en tegen het warme scherm kan niets condenseren. Zowel de kastemperatuur, als de RV lopen dus op.

Buitemomstandigheden

De buitenRV is op zonnige dagen meestal lager dan gemiddeld. Ronde 19:00 uur wordt uitgegaan van een buitenRV van 70%. Om 20:00 uur is de maximale zonkracht nog slechts 150 W/m² en daarna zal het bovenstaande effect snel kleiner worden. Wel is het mogelijk dat het isolerende schermdoek de warmte en het vocht nog lang vasthoudt.

Risico op condensatie tegen slurf

Bij een kastemperatuur van 30°C en een RV van 90% kan via de slurf koelere buitenlucht worden ingeblazen. Als de lucht in de slurf kouder wordt dan het dauwpunt, dan ontstaat een risico op condensatie tegen de slurf. Na verloop van tijd kan deze condensatie gaan druipen op het gewas, wat daar plaatselijk tot schade kan leiden.

KasRV van 90%

De dauwpuntstemperatuur is bij 30°C en 90%RV gelijk aan 28,2°C. Als de inblaastemperatuur daar 1°C onder blijft (27,2 °C) door bijmenging van kaslucht, dan wordt bij een buitentemperatuur van 25°C en een buitenRV van 70% 31,7 gr/m².uur afgevoerd, waarbij het totale koelvermogen neerkomt op 26 W/m².

KasRV van 95%

Bij 30°C en 95% RV in de kas is de dauwpuntstemperatuur gelijk aan 29,1°C. Door de inblaastemperatuur op 28,1°C te houden kan nog steeds 24,1 g/m².uur worden afgevoerd, waarbij het totale koelvermogen neerkomt op 19 W/m².

Volop buitenlucht

Als de mengklep bij de bovenstaande situaties 100% open zou staan dan kan er 56,1 en 63,7 g/m².uur worden afgevoerd bij respectievelijk 46 en 51 W/m² koelvermogen.

Advies:

Als na het sluiten van het scherm buitenlucht wordt ingeblazen zonder bijmenging van kaslucht, dan zal het eerste uur risico zijn op condensatie tegen de slurf. Er wordt echter zo veel vocht en warmte afgevoerd, dat de kastemperatuur en de RV onder het scherm binnen het uur zullen dalen. De condensatie tegen de slurf zal naar verwachting binnen het uur weer opdrogen.

Bijlage 5. Afweging verwarmen of bijmengen

Ontvochtigen van de kaslucht kan met de LBU worden geregeld door koude buitenlucht toe te voeren. Om te voorkomen dat condensatie op de slurf plaatsvindt, kan de inblaastemperatuur worden verhoogd door kaslucht bij te mengen of door de ingeblazen lucht op te warmen. Onderstaande cases geven aan hoe groot de maximale ontvochtigingscapaciteit bij een minimale inblaastemperatuur is, als de ingeblazen lucht niet wordt verwarmd, maar wordt bijgemengd.

Bij de 1^e case is uitgegaan van een kastemperatuur van 21°C en een kasRV van 92%. Gesteld wordt dat de condensatie op de slurf acceptabel is zolang de inblaastemperatuur niet meer dan 1°C onder de dauwpuntstemperatuur (19,6°C) daalt. De ontvochtigingscapaciteit is bij 90% buitenRV en -5°C buitentemperatuur 6,3 g/m².uur. Die capaciteit wordt niet veel hoger als de buitentemperatuur hoger wordt en er veel meer buitenlucht kan worden bijgemengd.

In de 2^e en 3^e en 4^e case wordt er bij een lagere kastemperatuur en een lagere kas RV een veel lagere inblaastemperatuur getolereerd. Hierdoor kan meer buitenlucht worden aangezogen en stijgt de ontvochtigingscapaciteit. Het is echter de vraag of de condensatie die bij deze omstandigheden (2, 5 en 15°C onder de dauwpuntstemperatuur) op de slurven plaatsvindt, acceptabel is.

Ontvochtigingscapaciteit in g/m².uur bij verschillende buitentemperaturen en buitenRV's indien er niet wordt verwarmd en kaslucht wordt bijgemengd om de inblaastemperatuur niet te laag te laten worden.

KasT	21,0								
KasRV	92%	BuitenRV							
Min inblaasT	18,6	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
BuitenT	-5	7,2	7,0	6,9	6,7	6,6	6,4	6,3	6,1
	0	8,6	8,4	8,1	7,8	7,6	7,3	7,0	6,7
	5	10,9	10,4	9,9	9,4	8,9	8,4	7,9	7,4
	10	15,0	14,0	13,0	12,0	11,0	10,0	9,0	8,0
	15	25,6	23,0	20,5	18,0	15,5	13,0	10,4	7,9
	20	58,5	49,9	41,2	32,5	23,9	15,2	6,5	
KasT	19,0								
KasRV	88%	BuitenRV							
Min inblaasT	15,0	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
BuitenT	-5	11,2	10,9	10,7	10,4	10,1	9,8	9,5	9,2
	0	13,7	13,2	12,7	12,2	11,7	11,1	10,6	10,1
	5	17,8	16,8	15,8	14,8	13,9	12,9	11,9	10,9
	10	25,9	23,8	21,7	19,6	17,5	15,3	13,2	11,1
	15	52,6	46,2	39,8	33,3	26,9	20,5	14,1	7,6
	20								
KasT	19,0								
KasRV	88%	BuitenRV							
Min inblaasT	12,0	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
BuitenT	-5	19,6	19,1	18,6	18,1	17,6	17,1	16,6	16,1
	0	23,9	23,0	22,1	21,2	20,3	19,4	18,5	17,6
	5	31,0	29,3	27,6	25,9	24,2	22,4	20,7	19,0
	10	45,2	41,5	37,8	34,1	30,4	26,8	23,1	19,4
	15	52,6	46,2	39,8	33,3	26,9	20,5	14,1	7,6
	20								
KasT	19,0								
KasRV	88%	BuitenRV							
Min inblaasT	2,0	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
BuitenT	-5	47,4	46,2	45,0	43,8	42,6	41,4	40,2	39,0
	0	57,9	55,8	53,6	51,4	49,3	47,1	44,9	42,7
	5	61,7	58,3	54,9	51,5	48,1	44,7	41,3	37,9
	10	57,8	53,1	48,4	43,7	39,0	34,2	29,5	24,8
	15	52,6	46,2	39,8	33,3	26,9	20,5	14,1	7,6

De hoeveelheid verdamping in de kas is in het donker ongeveer 20 g/m².uur en tijdens belichting is dit bijna 100 g/m².uur. Niet alle verdamping kan dus via de aangezogen buitenlucht worden afgevoerd. Bij vorst kan bij gesloten vochtdoorlatend schermdoek wel 30 g/m².uur tegen het kasdek condenseren.

Discussie:

Bij onbelicht gewas hoeft buitenlucht niet te worden verwarmd. De helft van de gewasverdamping wordt door de LBU's afgevoerd. De rest verdwijnt via het vochtdoorlatende schermdoek. Pas bij zwaar isolerende schermdoeken zal er meer vocht moeten worden afgevoerd en zal verwarming toch nodig zijn om voldoende buitenlucht te kunnen aanzuigen zonder risico op condensatie tegen de slurf.

Bij een belicht gewas heeft onverwarmde LBU slechts een klein aandeel in de vochtafvoer. Om te voorkomen dat de raam- en schermkieren veel moeten worden aangesproken is verwarming noodzakelijk, tenzij condens op de luchtslurven acceptabel is.

Indien de buitenlucht kan worden verwarmd, is het in principe niet noodzakelijk om kaslucht bij te mengen. De RV kan dan worden geregeld door het aan en uitschakelen van de ventilator. Hiervoor zal de aanvoer van warm water ook bij afgeschakelde ventilator stand-by moeten blijven.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen UR Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wageningenur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-1355

Wageningen UR Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.