



# Vochtgedrag schermsystemen

Een zoektocht naar de oorzaak van toenemende problemen met druipend condensvocht in kassen met dubbele schermen

P.A. van Weel en B.H.E. Vanthoor

Rapport GTB-1436

## Referaat

Het Nieuw Telen leidt tot het toepassen van meerdere lagen schermdoek die 100% gesloten blijven. Dat levert in de praktijk problemen op met druipt. In dit onderzoek zijn de effecten van twee lagen schermdoek en het trekken van kieren op de hoeveelheid druipt vanaf het schermdoek of het kasdek onderzocht. Vervolgens zijn er oplossingen voorgesteld om het druiptprobleem te verminderen en deze oplossingen zijn getest in een praktijksituatie. Op een belichtend tomatenbedrijf met een lichtafschermingsdoek, een energiedoek en een Ventilationjet systeem zijn in het voorjaar en de winter van 2016 metingen verricht om te bepalen hoeveel condenswater er gedurende een etmaal omlaag druipt van de nok, de kasgoot en van de Ventilationjet. In tegenstelling tot de algemene verwachting komt de druipt niet van het schermdoek maar alleen van het kasdek en de kokers van de Ventilationjets. Er treedt wel condensatie op in het schermdoek maar deze heeft echter niet geleid tot druipt vanuit het enkele of dubbele schermdoek. In de winter kwam slechts 0.2% van de condensatie tegen het kasdek als druipt naar beneden. Als deze druipt weer wordt herverdamppt, dan komt dat overeen met een extra gas verbruik van 0.0008 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/week. Investerings om druipt tegen te gaan, kunnen dus alleen terugverdiend worden door een betere gewaskwaliteit en niet door een energiebesparing. Het gebruik van de toevoer ventilator van de Ventilationjet of een schermkier vergroot bij een koud kasdek de hoeveelheid condensatie tegen het dek. Druipt onder de kasgoot werd opgelost door het aanbrengen van een condensgootje en de druipt van de koker van de Ventilationjet werd opgelost door het aanbrengen van een opvangbak met afvoerslang.

## Abstract

Het Nieuwe Telen (The New Growing) results in applying more screen layers that stay completely closed. In practise this causes problems with drip. In this research the impact of 2 screen layers and using screen gaps on the amount of drip from the screens or the greenhouse cover is investigated. Solutions to reduce the problems related to drip were proposed and tested in the greenhouse. During spring and winter 2016, measurements were performed at a tomato greenhouse with artificial lighting, blackout screen, energy screen and a Ventilationjet system. The daily amount of the condensation water that drips from the greenhouse ridge, gutter and the Ventilationjet was determined. In contrast to the general expectations, the drip does not come from the screens but from the greenhouse cover and from the Ventilationjets. Condensation occurred at the screens but this did not result in drip from these screens. Only 0.2% of the condensation against the greenhouse cover drips into the greenhouse. If this drip would be re evaporated, the energy costs for heating would increase with 0.0008 m<sup>3</sup> gas /m<sup>2</sup>/week. Investments to reduce drip can thus only be paid back by a better crop quality and not by energy savings. The use of the inlet ventilator of the Ventilationjet system or the use of a screen gap increases the amount of condensation on a cold greenhouse cover. Drip from the greenhouse gutter was solved by applying a condensation gutter and the drip from the duct of the Ventilationjet was solved by applying a collecting tray with drain hose.

## Rapportgegevens

Rapport GTB-1436

Projectnummer: 3742213300

DOI nummer: 10.18174/415178

## Disclaimer

© 2017 Wageningen Plant Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), 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.wur.nl/plant-research. Wageningen Plant Research.

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 University & Research, BU 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

<b>1</b>	<b>Inleiding/probleemstelling</b>	<b>5</b>
	1.1 Probleemstelling	5
<b>2</b>	<b>Aanpak van het onderzoek</b>	<b>7</b>
	2.1 Visuele inspectie	8
<b>3</b>	<b>Resultaten van de metingen</b>	<b>9</b>
	3.1 Voorjaar	9
	3.2 Najaar	15
	3.2.1 Druip vanaf de Ventilationjet	18
	3.2.2 Druip vanaf het nokprofiel	21
	3.2.3 Benodigde energie voor het verdampen van de drui	24
	3.3 Condens tegen het kasdek	24
<b>4</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>31</b>
	4.1 Conclusies	31
	4.2 Aanbevelingen	32
<b>5</b>	<b>De gevolgen voor Het Nieuwe Telen en toekomstig onderzoek</b>	<b>33</b>



# 1 Inleiding/probleemstelling

HNT leidt tot het toepassen van meerdere lagen schermdoek die 100% gesloten blijven. Dat levert in de praktijk problemen op met druip. Bedrijven ervaren problemen met natslag van het gewas en de looppaden en algengroei en vervuiling op het schermdoek. Die probeert men te vermijden door een aangepaste regeling bij het openen van het scherm zoals kieren in het onderste of het bovenste doek, meer luchten boven het scherm en later openen. Dat helpt echter weinig. Ook de inzet van een systeem voor ontvochtiging biedt geen oplossing. Een beschouwing van het probleem leert dat het boven twee gesloten schermen uiteraard kouder wordt dan boven een enkel scherm. Daarmee neemt de kans toe dat één van de twee lagen verder onder het dauwpunt komt dan normaal, maar ook dat de hoeveelheid condensatie tegen het kasdek sterk toeneemt. Het is dan ook de vraag waar de druip precies vandaan komt. Is het water dat van de roeden afdruipt of water dat in het bovenste of het onderste doek gecondenseerd is. Een andere vraag is welke rol het vochttransport door het scherm heen speelt. Een vuistregel in de praktijk is dat een doek tot 40 g/m<sup>2</sup>/uur vocht doorlaat, voornamelijk via transport door ingeweven draden. Maar wat gebeurt er als er meerdere lagen doek worden gebruikt en wat is de invloed van brandvertragende coatings? Zal er dan meer vocht in het bovenste schermdoek condensereren en omlaag vallen? Condenseert er dan minder vocht tegen het kasdek? Ook wordt de vraag gesteld of luchtbeweging onder het doek de hoeveelheid condens en energieverlies niet onnodig verhoogt of juist vocht uit het scherm opneemt. Of kan luchten door het openen van de ramen aan beide zijden de vochtafvoer boven het scherm zodanig verhogen dat druip wordt verminderd.

## 1.1 Probleemstelling

De onderzoeksvraag /probleemstelling is als volgt geformuleerd:

1. Onderzoeken van de effecten van twee of meer lagen schermdoek en het trekken van kieren op de hoeveelheid druip vanaf schermdoek of kasdek.
2. Komen tot voorstellen om het druipprobleem sterk te verminderen, door de druip zelf tegen te gaan of door het aanbrengen van voorzieningen die de schade als gevolg van druip verminderen.
3. Testen van deze oplossingen in een praktijksituatie.





## 2 Aanpak van het onderzoek

Op een belichtend tomatenbedrijf zijn in het voorjaar en de winter van 2016 metingen verricht om te bepalen hoeveel condenswater er gedurende een etmaal omlaag druipt. Daarvoor zijn onder de nok, de kasgoot en een Ventilationjet ter hoogte van de gewasdraden horizontale folieschermen van  $0,95 \times 3,3 \text{ m} = 3,15 \text{ m}^2$  aangebracht waarin het water werd opgevangen en naar een emmer geleid.



**Figuur 1** Het horizontale foliescherf dat de druij opvangt (links) en de emmer die het water opslaat (rechts).

Dit bedrijf was uitgerust met een energiescherf (SF10 Clear FR) en een lichtafschermingsdoek (SF99 W/W FR) van Screen Fabric. Exacte gegevens van de lucht en vocht doorlatendheid van deze doeken is niet bekend en in dit onderzoek ook niet relevant omdat de Ventilationjets zo geregeld worden dat de gewenste hoeveelheid lucht en vocht door de doeken afgevoerd wordt. De Ventilationjets dienen als ontvochtigingssysteem, maar ook als koelsysteem om te kunnen belichten terwijl één of beide schermen volledig gesloten zijn om lichtuitstoot te voorkomen. Een Ventilationjet bestaat uit twee onafhankelijk in toeren regelbare ventilatoren. De bovenste zuigt via een aan de tralie gemonteerde metalen koker koude droge lucht door het schermpakket heen en de onderste mengt deze lucht met kaslucht om kouval te voorkomen.



**Figuur 2** Het Ventilationjet systeem zoals oorspronkelijk geïnstalleerd bij de tuinder (zonder condensgootje).

## 2.1 Visuele inspectie

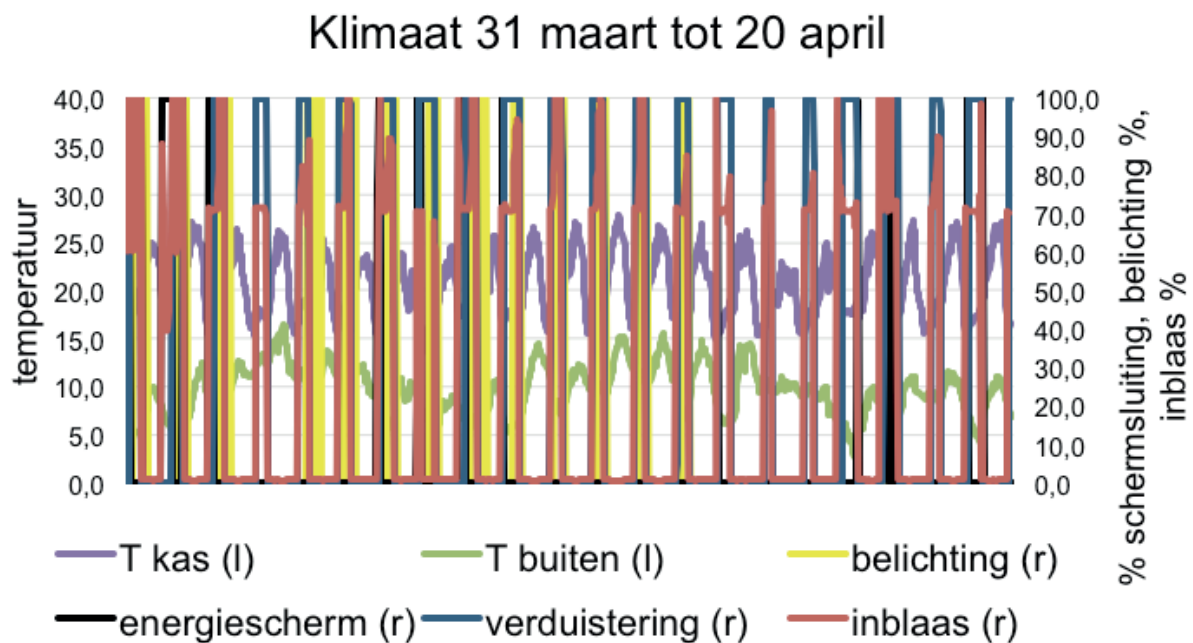
In een gesprek met de bedrijfsleider en een visuele inspectie kon worden vastgesteld dat vooral de looppaden erg nat waren. Die paden liggen precies onder de nok en de kasgoot. Ook de Ventilationjets hangen recht boven de paden. Vooral onder de Ventilationjets waren plassen water aanwezig en was het blad van het tomatengewas in de ochtend erg nat. Om deze reden is besloten om de opvangschermen op deze plekken aan te brengen.



## 3 Resultaten van de metingen

### 3.1 Voorjaar

In de periode van 31 maart tot 20 april zag het klimaat er als volgt uit:

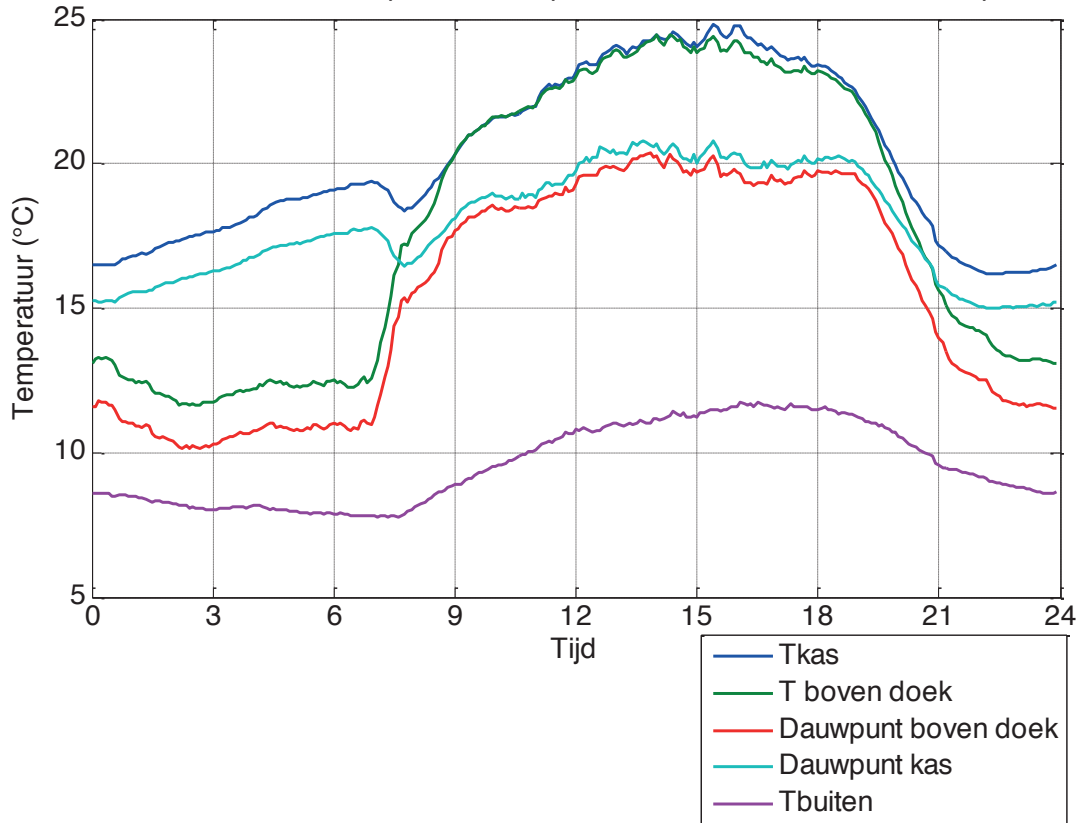


**Figuur 3** Klimaat (kasluchttemperatuur en buitentemperatuur) en klimaat sturingen (belichting, energiescherm, verduisteringsscherm en inblaas van de Ventilationjet) voor 31 maart tot 20 april.

Er is soms met een enkel scherm en soms met een dubbel scherm gewerkt. Ook is er in de nacht vaak belicht. Er is in de nacht vaak lucht van boven het scherm ingeblazen. De buitentemperatuur schommelde tussen 2,8 en 17,1 °C.

Voor deze periode zijn per dag de hoeveelheden condens van verschillende plekken in de kas verzameld. Om te kijken of er een relatie is tussen het klimaat in de kas en de hoeveelheden condens is voor deze periode het cyclische 24-uurs gemiddelde van de temperaturen in de volgende grafiek weergegeven:

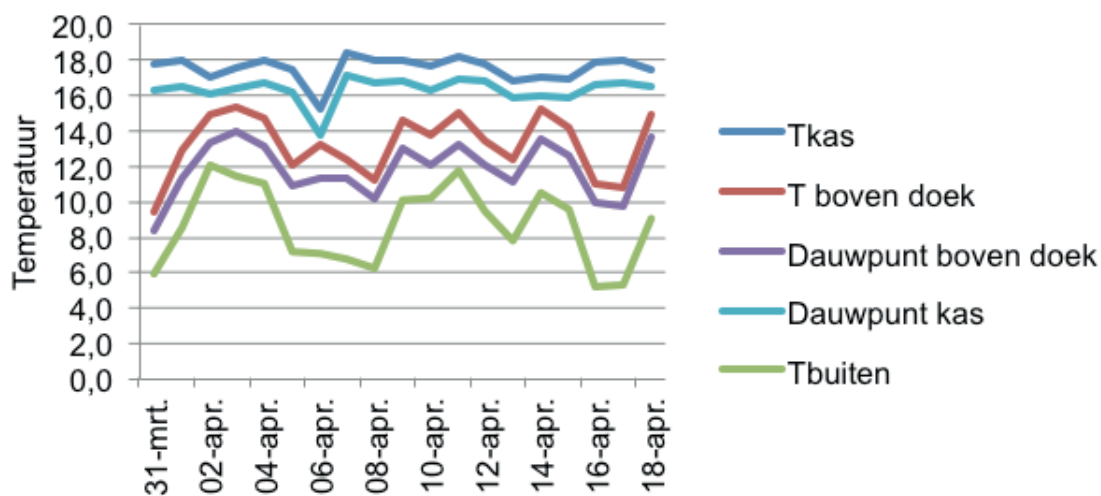
Gemiddeld 24 uren verloop van de temperatuur van 31-Mar-2016 tot 20-Apr-2016:



**Figuur 4** Het cyclisch gemiddelde van de kasluchttemperatuur, temperatuur in het nok compartiment, dauwpunt van de lucht in het nok compartiment, dauwpunt van de kaslucht, en de buitentemperatuur voor 31 maart tot 20 april.

Per dag zien voor deze periode deze temperaturen er als volgt uit:

## Daggemiddelden 31 maart tot 20 april



**Figuur 5** Daggemiddelden van de kasluchttemperatuur, temperatuur in het nok compartiment, dauwpunt van de lucht in het nok compartiment, dauwpunt van de kaslucht, en de buiten temperatuur voor 31 maart tot 20 april.

De temperatuur boven het scherm lag altijd lager dan de kastemperatuur en lager dan het dauwpunt van de kaslucht. Dat laatste betekent dat er altijd condensatie in het schermdoek(en) zal optreden. Met de hand is waargenomen dat de doeken inderdaad erg nat zijn. Maar zichtbare druipt vanuit het doek is nooit waargenomen. De buitentemperaturen waren niet erg laag, maar er is toch voldoende condensatie opgetreden op het kasdek om een beeld te krijgen van de oorzaken van de in deze periode opgetreden druipt.

In de volgende Tabel staan de waarnemingen van de druipt weergegeven. Omdat niet iedere dag is waargenomen zijn soms de gemiddelde waarnemingen over een periode weergegeven.

Tabel 1

*Opgevangen druipt (in ml/dag op 3.15 m<sup>2</sup>) door de folieschermen op verschillende plekken in de kas voor de periode 31 maart tot en met 18 april 2016.*

Druip in ml/dag op 3,15 m <sup>2</sup>				
	Onder kasgoot	Onder Ventilationjet	onder plaat VJ	Onder nok
31-mrt	5	280	75	0
1-apr	5	280	75	0
2-apr	0	83	8	0
3-apr	0	83	8	0
4-apr	0	83	8	0
5-apr	5	40	37	0
6-apr	5	40	37	0
7-apr	0	125	5	0
8-apr	0	125	5	0
9-apr	0	150	3	0
10-apr	0	150	3	0
11-apr	0	150	3	0
12-apr	0	108	4	0
13-apr	0	108	4	0
14-apr	0	108	4	0
15-mei	0	108	4	0
16-apr	0	383	20	0
17-apr	0	383	20	0
18-apr	0	383	20	0
som	20	3170	343	0

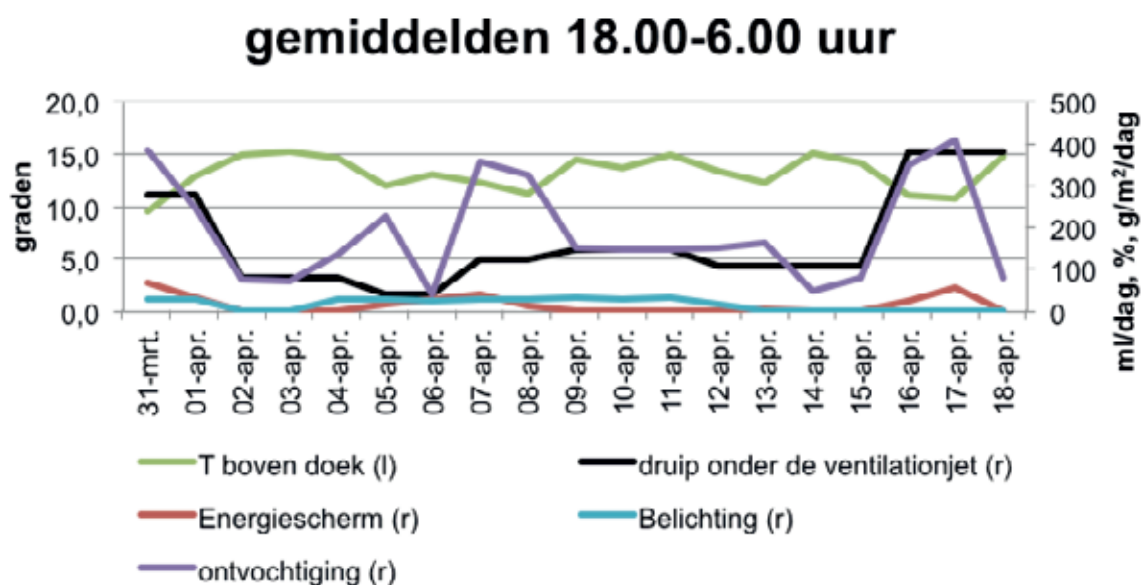
De volgende zaken vallen op:

1. De meeste druipt komt van de Ventilationjet.
2. Daarvan vormt de druipt vanaf de verdeelplaat soms een aanzienlijk deel, maar meestal een klein deel (<10%).
3. Er zitten grote verschillen tussen de dagen.
4. Vanaf de nok en de kasgoot komt geen tot weinig water.

De laatste waarneming komt niet overeen met de ervaringen van de teler gedurende de wintermaanden, toen het in de paden onder de nok en de kasgoot erg nat was. Waarschijnlijk zijn de geïsoleerde kasgoot en de nok bij deze buitenomstandigheden niet koud genoeg geworden om condens gevolgd door druipt te veroorzaken. Ondanks de resultaten van de metingen in april heeft de ondernemer toch besloten om 1 kasgoot bij wijze van proef te voorzien van een condensgootje van 100 meter lang. De effecten daarvan zijn vervolgens in de tweede serie metingen in de winter bepaald.

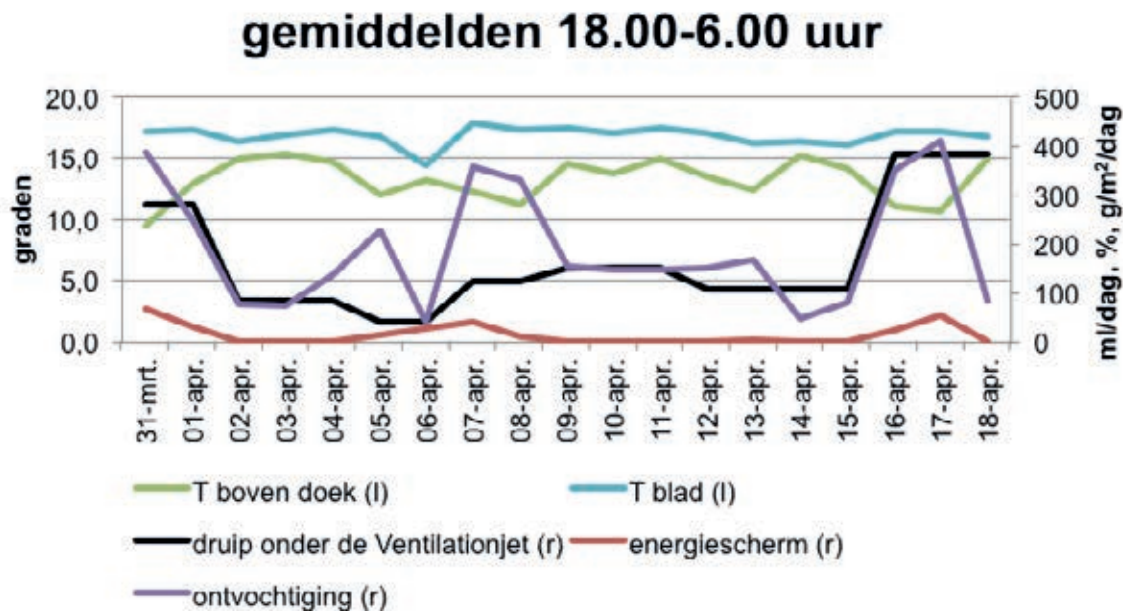
Om na te gaan waardoor de verschillen tussen de dagen optreden is voor de Ventilationjet de relatie onderzocht tussen de hoeveelheid druipt en de nachtelijke omstandigheden voor wat betreft de standen van het energiedoek, de hoeveelheid ontvochtiging, de belichting, de temperatuur en RV boven het doek en de bladtemperatuur.

De hoeveelheid ontvochtiging is berekend door het verschil in Absoluut Vocht onder en boven het scherm te vermenigvuldigen met het luchtdebiet van de ventilator en is uitgedrukt in g/m<sup>2</sup>/dag. In onderstaande grafieken staan de gemiddelden van de nacht periode (18.00 uur tot 6.00 uur weergegeven).



**Figuur 6** De gemiddelde waarde tussen 18:00 en 6:00 uur van de temperatuur boven de doeken (°C), de druipt onder de Ventilation jet (ml/dag), stand van het energiescherm (%), de belichting (%) en de ontvochtiging (g/m<sup>2</sup>/dag). De letters 'l' betekent dat de linkse y-as gebruikt moeten worden en 'r' betekent dat de rechtse y-as gebruikt moet worden.

Tijdens alle metingen was het lichtafschermingsdoek in de nacht steeds 100% gesloten. Duidelijk is dat de hoeveelheid druipt het grootst is op dagen dat het boven het scherm kouder is dan 12 °C. De belichting lijkt weinig invloed te hebben op de druipt onder de Ventilationjet.



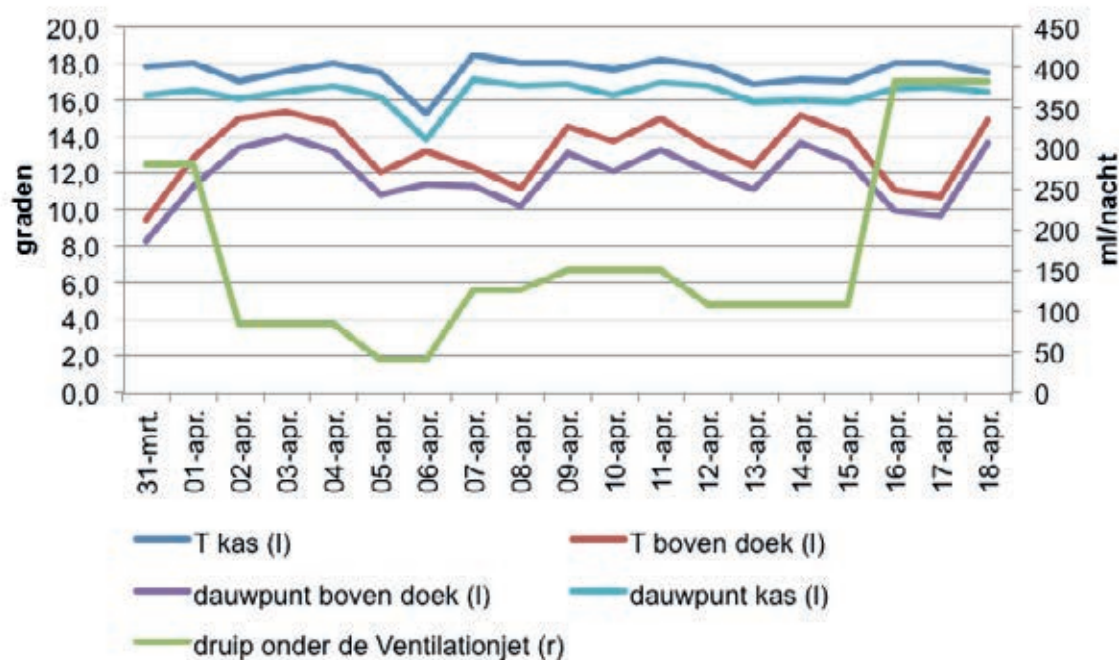
**Figuur 7** De gemiddelde waarde tussen 18:00 en 6:00 uur van de temperatuur boven de doeken ( $^{\circ}\text{C}$ ), de temperatuur van het blad ( $^{\circ}\text{C}$ ), de druij onder de Ventilationjet (ml/dag), stand van het energiescherm (%) en de ontvochtiging ( $\text{g}/\text{m}^2/\text{dag}$ ). De letters 'l' betekent dat de linkse y-as gebruikt moeten worden en 'r' betekent dat de rechtse y-as gebruikt moet worden.

In de volgende grafieken zijn de relaties weergegeven tussen de hoeveelheid condens onder de Ventilationjet, de dauwpunt temperaturen en het Absoluut Vocht.

Kijkend in onderstaande grafiek naar de dauwpunten onder en boven het scherm in verhouding tot de gemeten luchttemperatuur boven het scherm vallen twee dingen op:

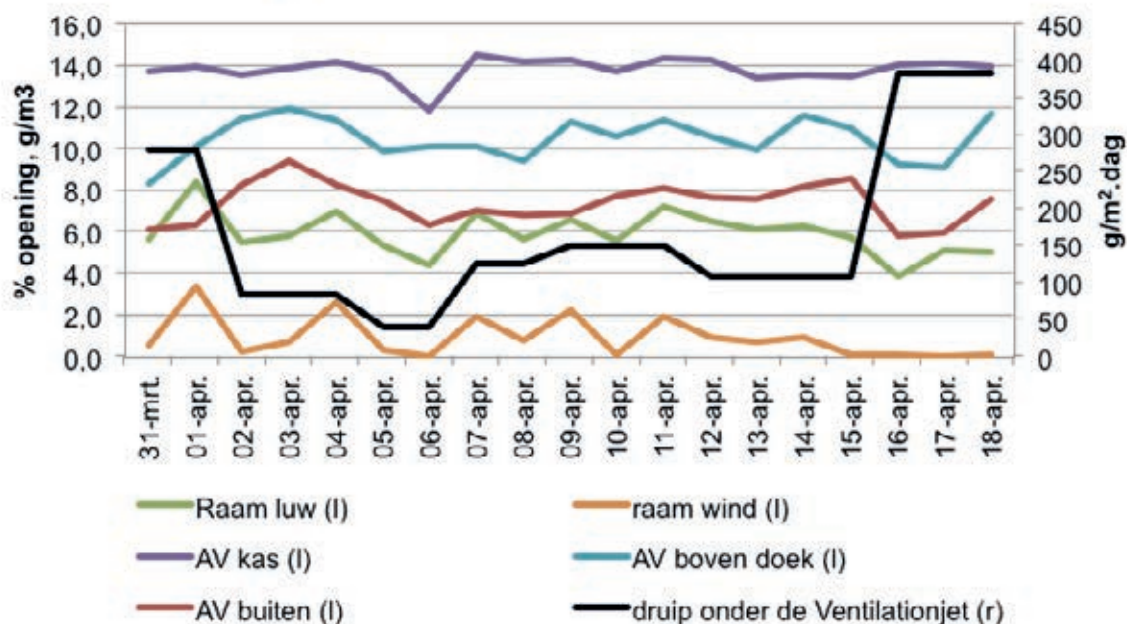
1. De temperatuur boven het doek is altijd lager dan de dauwpunt temperatuur onder het doek. Dat betekent dat er altijd condensatie ergens in het scherm pakket zal optreden.
2. De grootste hoeveelheden druij treden op als de temperaturen boven het doek het verst verwijderd zijn van de dauwpunt temperaturen van de lucht onder het doek.

## gemiddelden 18.00-6.00 uur



**Figuur 8** De gemiddelde waarde tussen 18:00 en 6:00 uur van de kasluchttemperatuur (°C), temperatuur boven de doeken (°C), dauwpunt van de lucht boven de doeken (°C), dauwpunt van de kaslucht (°C) en druip onder de ventilation jet (ml/nacht).

## gemiddelden 18.00-6.00 uur

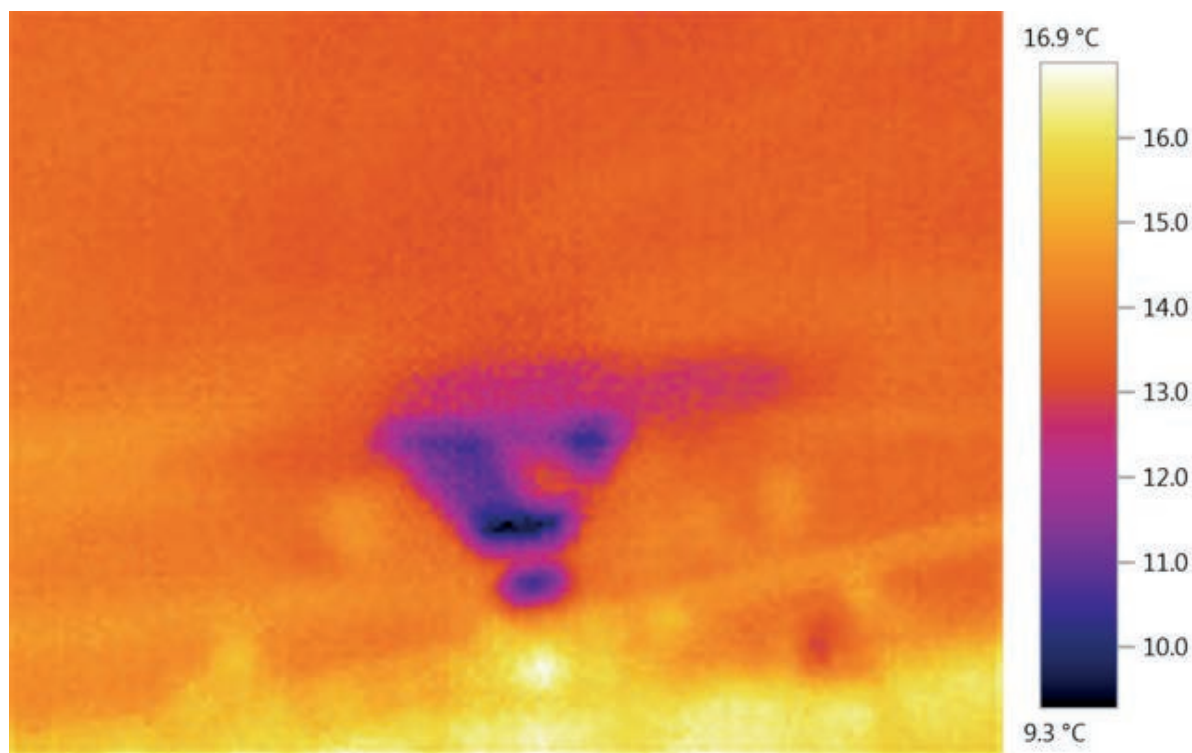


**Figuur 9** De gemiddelde waarde tussen 18:00 en 6:00 uur van de raamopening aan de luwzijde (%), de raamopening aan de windzijde (%), het AV van de kaslucht (g/m³), het AV boven de doeken (g/m³), het AV buiten (g/m³) en de druip onder de Ventilationjet (g/m²/dag).



Het Absoluut Vocht boven het doek daalt duidelijk wanneer er extra veel druipt optreedt. Ook zijn de ramen dan meer gesloten. Belangrijk is om te bedenken dat die kleinere raamstand veroorzaakt kan zijn omdat er door de condensatie voldoende vocht werd afgevoerd. Maar het is evenzeer mogelijk dat de raamstand beperkt is omdat de buitentemperatuur zakte. Op zich doet zich hier de vraag voor wat een optimale regeling van de raamstand geweest zou zijn. Als het zo zou zijn dat het afvoeren van een bepaalde verdamping door middel van condenseren tegen het kasdek minder energieverlies oplevert dan door middel van ventileren zou het zinnig zijn om de ramen bij voldoende lage buitentemperaturen zoveel mogelijk gesloten te houden en het kasdek zo koud mogelijk te laten worden. Omdat de kasdektemperatuur en het energieverbruik bij vochtafvoer door condensatie of door ventilatie hier niet bekend is kan deze vraag in dit verslag niet worden beantwoord.

Met behulp van een thermische camera zijn de temperaturen van het gesloten doek en de koker van de Ventilationjet gemeten. Dat beeld bevestigde dat zowel de koker als de verdeelplaat erg koud worden. Bij een kastemperatuur van 17 °C werden de koker en de verdeelplaat 9-12 °C wanneer er lucht van 8 °C door de koker werd aangevoerd bij twee gesloten schermen.



**Figuur 10** De gemeten temperatuur van de koker van de Ventilationjet (9 °C) en de verdeelplaat (12 °C) bij een kasluchttemperatuur van 17 °C en een aanvoertemperatuur van 8 °C.

## 3.2 Najaar

In de zomer zijn een aantal wijzigingen aangebracht aan de installatie in de kas. De Ventilationjets zijn voorzien van een lekbak waardoor al het water dat op de behuizing condenseert daarin terechtkomt. Met een slangetje wordt dit water afgevoerd naar de draingoot.



**Figuur 11** Het Ventilationjet systeem met condensgootje zoals nu geïnstalleerd bij de tuinder.

Onder één kasgoot is bij wijze van proef een condensgootje aangebracht.  
Ook nu is met plastic zeiltjes van 0,95\*3,3 m op verschillende plekken druipwater verzameld en in een emmer opgevangen.

Tabel 2

Opgevangen druijp (in ml/dag) op verschillende plekken in de kas voor de periode 14 november tot en met 10 december 2016. "VJ slang lekbak" geeft weer hoeveel condens er opgevangen is via het slangetjes dat aan de Ventilationjet is gemonteerd. De kolommen "onder VJ", "onder kasgoot" en "onder nok" geven weer hoeveel druijp er onder de ventilation jet, kas goot en de nok opgevangen was door de folieschermen.

Druip in ml/dag op 3,15 m <sup>2</sup>				
	VJ slang lekbak	onder VJ	onder kasgoot	onder nok
14-nov	1100	0	0	0
15-nov	500	0	0	0
16-nov	500	0	0	0
17-nov	800	0	0	0
18-nov	800	0	0	0
19-nov	800	0	0	0
20-nov	800	0	0	0
21-nov	500	50	90	60
22-nov	300	0	0	0
23-nov	300	0	0	0
24-nov	300	0	0	0
25-nov	500	0	0	0
26-nov	700	330	0	0
27-nov	500	200	5	0
28-nov	1600	1100	30	130
29-nov	1300	220	5	10
30-nov	1100	0	5	5
1-dec	800	0	0	0
2-dec	1200	350	0	0
3-dec	1300	500	5	5
4-dec	1300	300	20	10
5-dec	1200	500	10	20
6-dec	1100	120	0	0
7-dec	350	0	0	0
8-dec	0	0	0	2
9-dec	250	0	0	2
10-dec	350	0	0	2
som	20250	3670	170	246
gemiddeld	750	136	6	9

De opgevangen condens onder de kasgoot voorzien van een condensgootje is niet vermeld omdat deze continu 0 was. De in de bovenstaande lijst vermelde kasgoot was niet voorzien van een condensgoot.

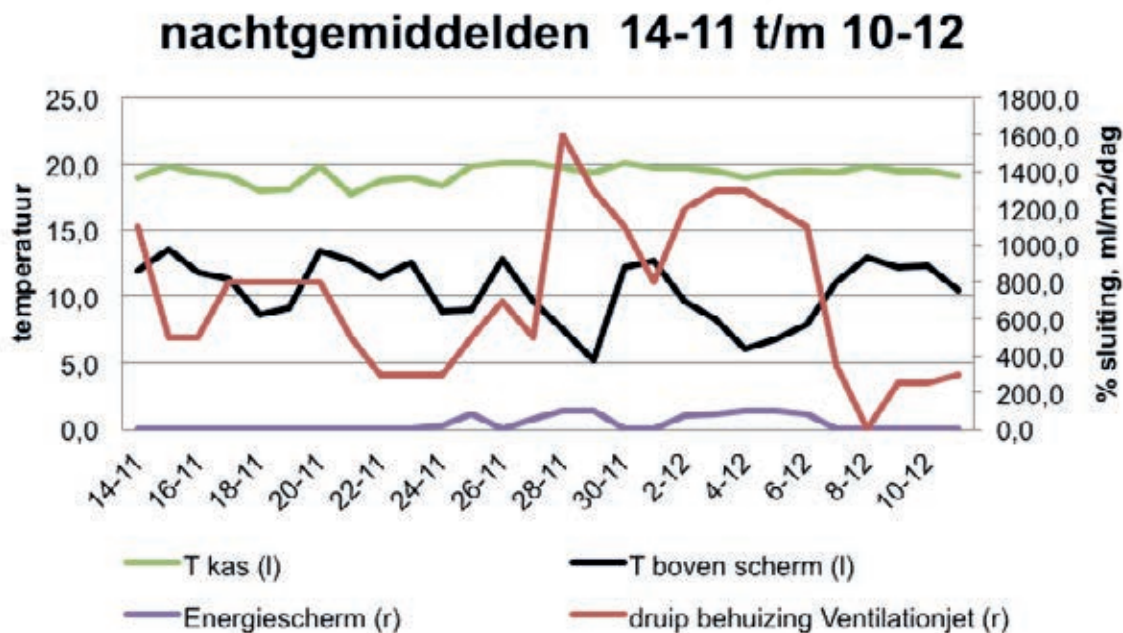
### 3.2.1 Druip vanaf de Ventilationjet

In bovenstaande tabel is te zien gemiddeld per dag 750 ml condens wordt opgevangen door het slangetje wat gemonteerd is aan de ventilation jet. Er ontstaat echter nog wel druip onder de ventilation, gemiddeld namelijk 136 ml/dag. Het geïnstalleerde slangetje zorgde er dus voor dat 85% van de condens tegen de Ventilationjet opgevangen wordt. De 15% condens die niet weggevangen wordt door het slangetje, trad op tegen de horizontale luchtverdeelplaat aan de onderzijde van de Ventilationjet.

Er komt nog steeds veel vocht van de Ventilationjets (886 ml/dag), maar het grootste deel (85%) van de druip wordt nu dus opgevangen via de lekbak onder de Ventilationjet (gemiddeld 750ml/dag). Omdat dit water direct wordt afgevoerd naar de draingoot onder de matten zal dit water niet opnieuw verdampt hoeven te worden. Op deze manier wordt in 28 dagen 20,250 l per Ventilationjet ontvochtigd. Omdat er één Ventilationjet per 450 m<sup>2</sup> hangt wordt er per nacht  $20,250/28/450 = 1.6 \text{ ml/m}^2$  op deze wijze ontvochtigd. Dat is dus nauwelijks van belang, maar het voorkomen van een nat gewas is wel heel essentieel. Een enkele nacht wordt er  $1600 \text{ ml}/450 = 3.6 \text{ ml/m}^2$  afgevoerd, dus nog steeds een minieme bijdrage aan de ontvochtiging.

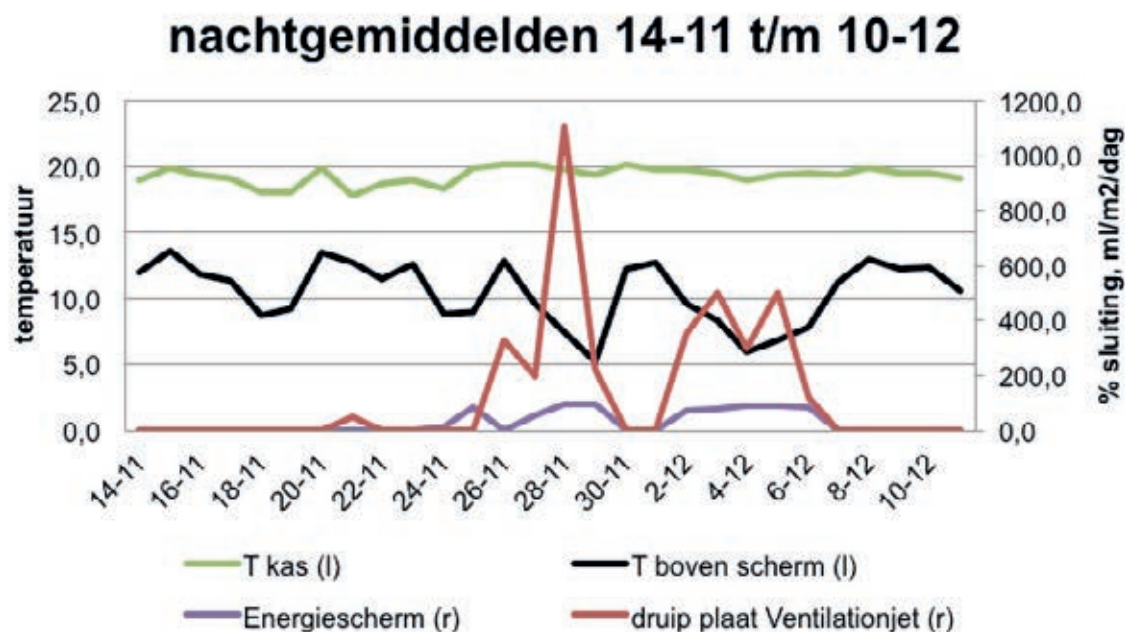
Onder de verdeelplaat van de Ventilationjet ontstaat veel vocht dat niet wordt afgevangen, maar door de onderste ventilator wordt verspreid. Dat komt omdat er bovenop de plaat veel koude lucht stroomt. Daardoor ontstaat er condens aan de onderkant van de plaat. Qua hoeveelheid lijkt dat niet een groot probleem, maar omdat dit vocht zeer lokaal op de planten wordt gespetterd, is het toch beter om ook hiervoor voorzieningen aan te brengen. Als de ventilator op de nacht met de meeste druip het water over ongeveer 10 m<sup>2</sup> verspreidt komt er per nacht toch  $1100/10 = 110 \text{ ml}$  water op 1 m<sup>2</sup> plant terecht en dat zal slechts moeizaam verdampen. De beste oplossing lijkt een rand aan de verdeelplaat met een afvoerslangetje.

Uitgezet tegen de temperatuur van de lucht boven het schermpakket lijkt er ook nu een duidelijk verband te zijn tussen een lage temperatuur en een toenemende hoeveelheid condens (zie de grafieken in de volgende paragraaf). Dat geldt zowel voor de condens die tegen de behuizing van de Ventilationjet ontstaat en via een slangetje wordt afgevoerd als voor de condens tegen de verdeelplaat van de Ventilationjet. Voor de periode tussen 14 november tot 10 december zagen de etmaal gemiddelden van het gerealiseerde nachtklimaat (18.00-6.00 uur) er als volgt uit:



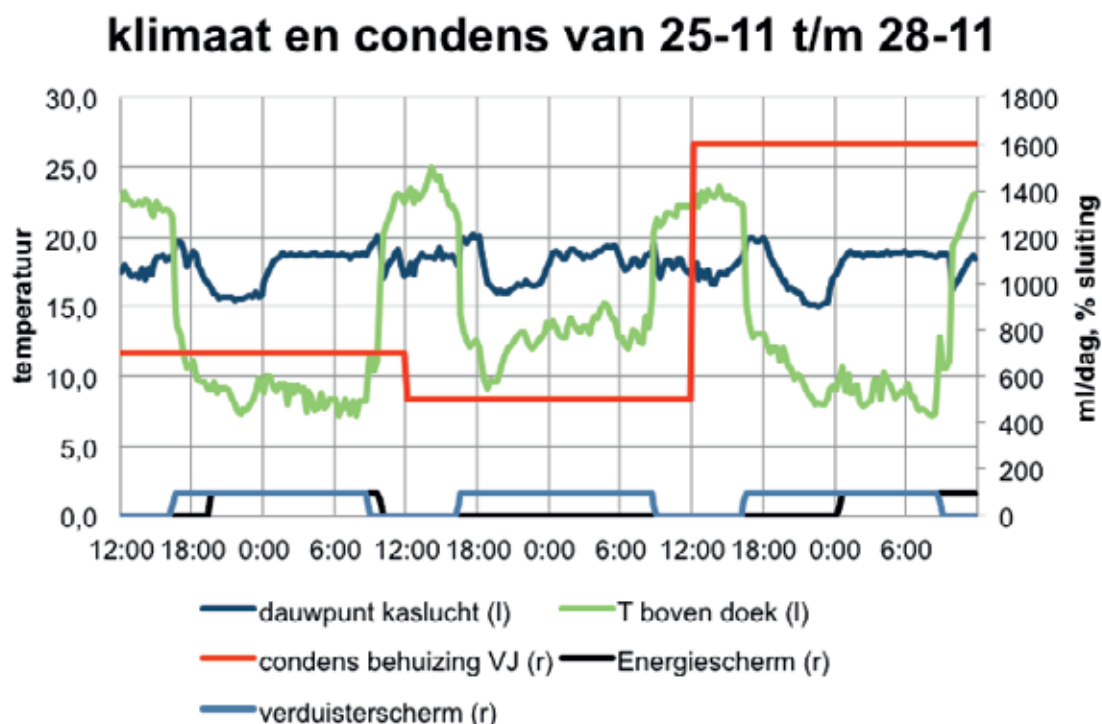
**Figuur 12** De nachtgemiddelde (18.00 - 6.00 uur) van de kasluchttemperatuur (°C), de temperatuur boven de schermen (°C), de stand van het energiescherm (%) en de opgevangen druip van de behuizing van de Ventilationjet (ml/m<sup>2</sup>/dag).





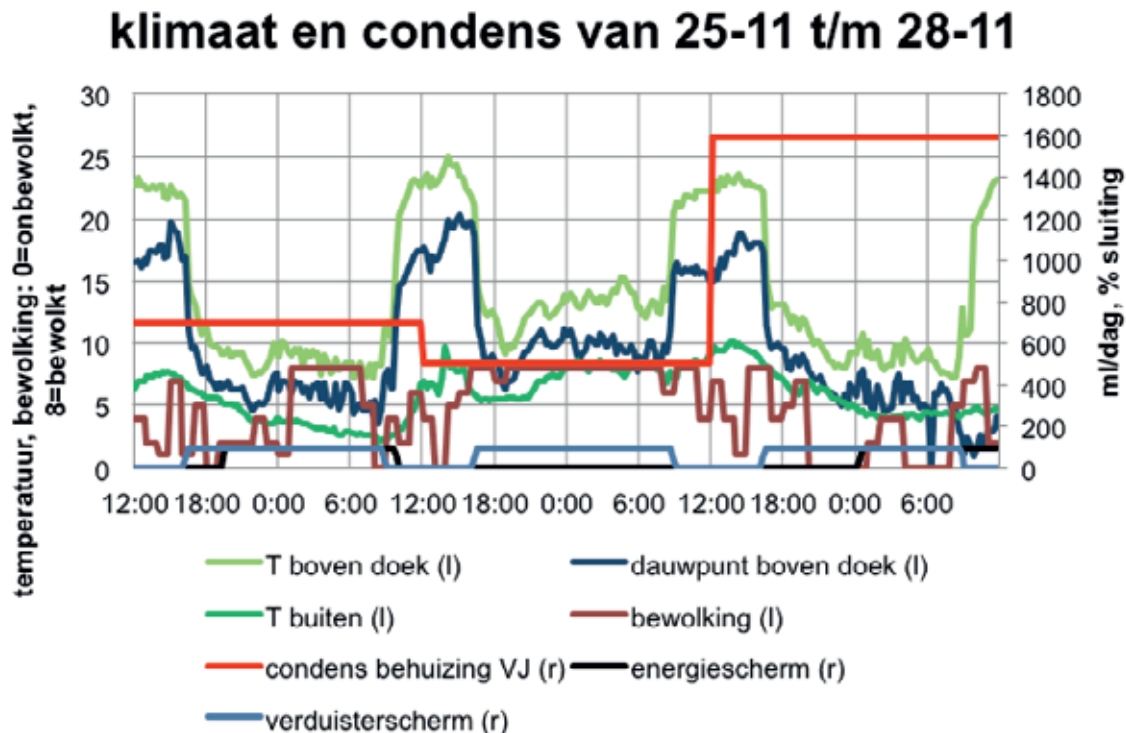
**Figuur 13** De nachtgemiddelde (18.00 - 6.00 uur) van de van de kasluchttemperatuur (°C), de temperatuur boven de schermen (°C), de stand van het energiescherm (%) en druip van de verdeelplaat van de Ventilationjet (ml/m²/dag).

Hoewel de buitentemperatuur een belangrijke factor lijkt, is het niet de enige factor die de hoeveelheid condens bepaalt. Om daar wat meer zicht op te krijgen is voor de periode van 25-28 november specifiek gekeken naar de condities in de kas:



**Figuur 14** Kasklimaat condities van 25 november tot en met 28 november 2016. De volgende variabelen zijn weergegeven: dauwpunt van de kaslucht (°C), temperatuur boven de doeken (°C), de opgevangen condens tegen de behuizing van de Ventilationjet (ml/dag), de stand van het energiescherm (%) en het verduisteringsscherm (%).

Het dauwpunt van de kaslucht ligt de gehele nacht ruim boven de temperatuur van de lucht boven het scherm. Dat betekent dat er condensatie in het schermpakket plaats vindt zodra ze gesloten zijn. Toch heeft dit niet tot zichtbare druipt vanuit het scherm geleid, waarschijnlijk omdat het vocht door het schermdoek omhoog wordt getransporteerd en daar weer herverdamppt. Dat kost overigens wel extra energie. Boven het schermpakket ziet de situatie er als volgt uit:



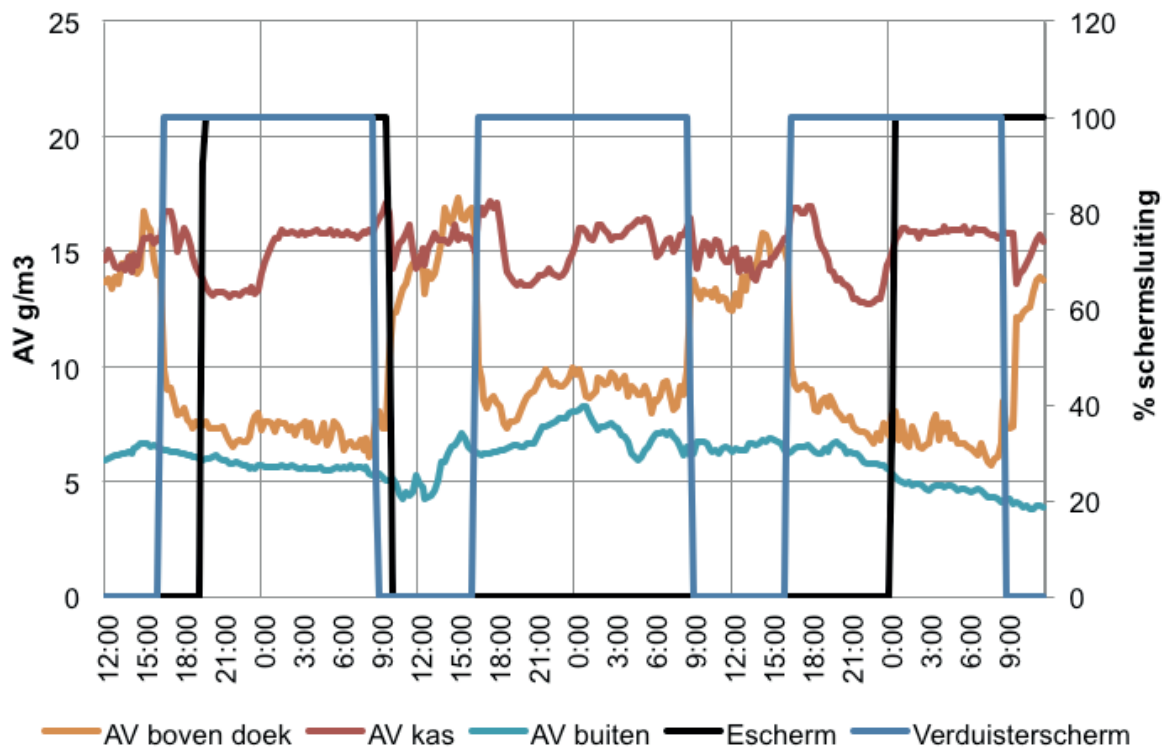
**Figuur 15** Kasklimaat condities en buitenomstandigheden van 25 november tot en met 28 november 2016. De volgende variabelen zijn weergegeven: temperatuur boven de doeken (°C), dauwpunt boven de doeken (°C), buitentemperatuur (°C), de bewolking (0 is onbewolkt, 8 = bewolkt), de opgevangen condens tegen de behuizing van de Ventilationjet (ml/dag), de stand van het energiescherm (%) en het verduisteringsscherm (%).

Opvallend is dat in de laatste nacht het dauwpunt van de lucht boven het schermpakket dichterbij de buitentemperatuur ligt dan de eerste nachten. Dat is eerder een reden om te veronderstellen dat de condensatie lager zal zijn dan in de eerste nachten. Echter, als de informatie over de bewolkingsgraad erbij wordt betrokken valt op dat de laatste nacht er nauwelijks bewolking is. Dat betekent dat er veel uitstralingsverlies is waardoor het glas van het kasdek kouder zal zijn dan de buitentemperatuur. Dat valt ook af te leiden uit het feit dat de temperatuur van de lucht boven het doek in de laatste nacht net zo laag is als op de eerste dag terwijl er op die eerste dag een lagere buitentemperatuur heerste. Door de lagere glastemperatuur zal er veel condensatie tegen het kasdek, de kasgoot en het nokprofiel optreden.

Het Absoluut Vocht geeft ook een indicatie van de hoeveelheid condensatie. Immers, de term AV geeft weer hoeveel grammen vocht zich in een m<sup>3</sup> lucht bevinden en als de ramen gesloten zijn blijft het luchtvolume tussen schermdoek en kasdek gelijk. Een teruglopend AV betekent dan dat er condensatie tegen het kasdek optreedt. En dat is wat in de volgende grafiek te zien is.



## klimaat van 27-11 t/m 29-11



**Figuur 16** Absoluut Vocht (AV) waarden en standen van de schermen van 27 november tot en met 29 november 2016. De volgende variabelen zijn weergegeven: AV boven de doeken, AV van de kaslucht, AV van de buitenlucht, de stand van het energiescherm (%) en het verduisteringsscherm (%).

### 3.2.2 Druip vanaf het nokprofiel

Als de hoeveelheden druip uitgedrukt worden per m<sup>2</sup> kas dan is de druip afkomstig van de kasgoot zonder condensgootje en vanaf het nokprofiel aanzienlijk op 21 november en 28 november. Gemiddeld was de totale druip 1.5 ml/m<sup>2</sup>/dag (exclusief de condens die opgevangen was door de lekbak).

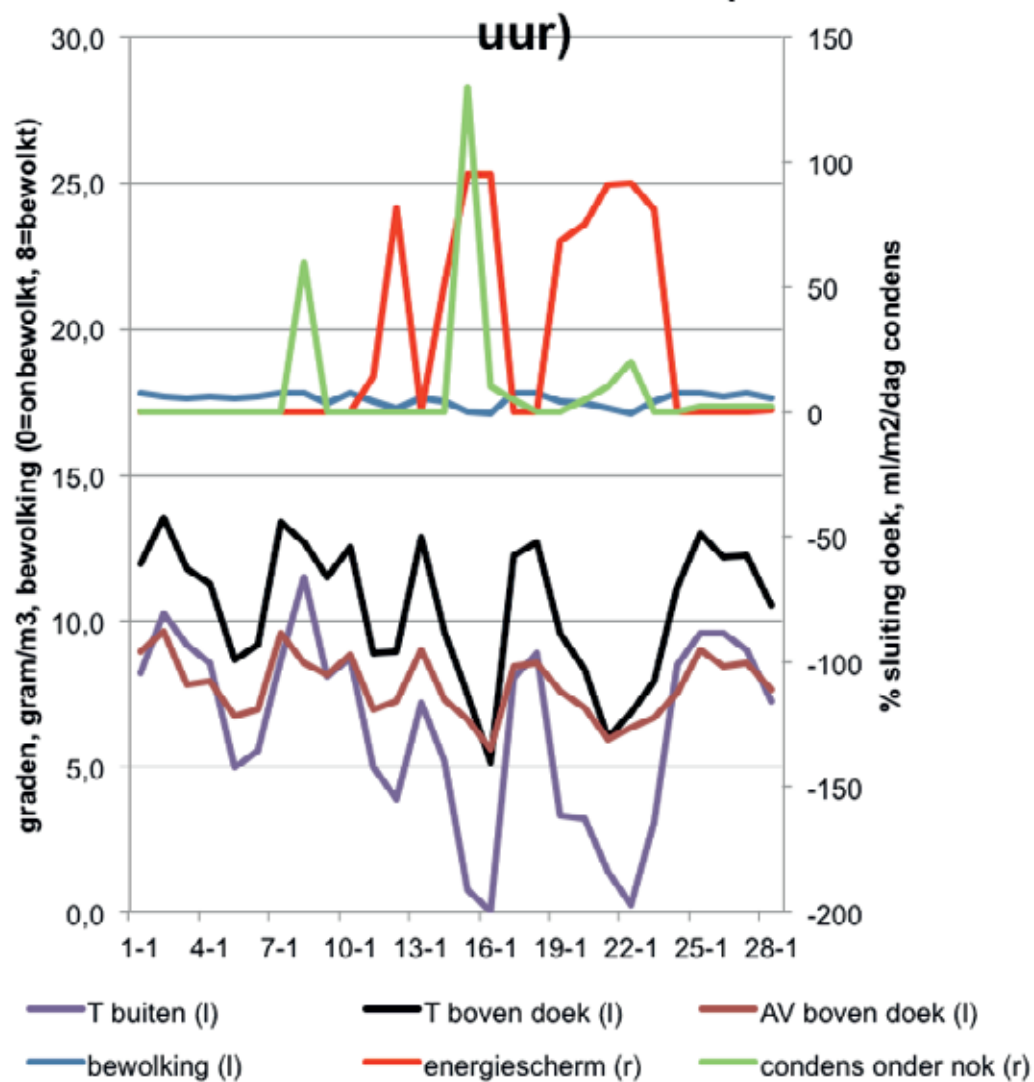
Tabel 3

Opgevangen druijp (in ml/m<sup>2</sup>/dag) op verschillende plekken in de kas voor de periode 14 november tot en met 10 december 2016. "VJ slang lekbak" geeft weer hoeveel condens er opgevangen is via het slangetjes dat aan de Ventilationjet is gemonteerd. De kolommen "onder VJ", "onder kasgoot" en "onder nok" geven weer hoeveel druijp er onder de ventilation jet, kas goot en de nok opgevangen was door de folieschermen.

Druip in ml/m <sup>2</sup> /dag				
	VJ slang lekbak	onder VJ	onder kasgoot	onder nok
14-nov	2.3	0	0	0
15-nov	1.0	0	0	0
16-nov	1.0	0	0	0
17-nov	1.7	0	0	0
18-nov	1.7	0	0	0
19-nov	1.7	0	0	0
20-nov	1.7	0	0	0
21-nov	1.0	0.1	6.8	4.5
22-nov	0.6	0	0	0
23-nov	0.6	0	0	0
24-nov	0.6	0	0	0
25-nov	1.0	0	0	0
26-nov	1.5	0.7	0	0
27-nov	1.0	0.4	0.4	0
28-nov	3.3	2.3	2.3	9.8
29-nov	2.7	0.5	0.4	0.8
30-nov	2.3	0	0.4	0.4
1-dec	1.7	0	0	0
2-dec	2.5	0.7	0	0
3-dec	2.7	1.0	0.4	0.4
4-dec	2.7	0.6	1.5	0.8
5-dec	2.5	1.0	0.8	1.5
6-dec	2.3	0.3	0	0
7-dec	0.7	0	0	0
8-dec	0	0	0	0.2
9-dec	0.5	0	0	0.2
10-dec	0.7	0	0	0.2
gemiddeld	1.6	0.3	0.5	0.7

Op 28 november druipt er ineens wel veel meer vocht van de nok af. Dat is de enige dag met lichte vorst. Voor de winter zouden dus toch nog extra maatregelen nodig kunnen zijn. Maar wat gebeurt er precies? In de volgende grafiek zijn de gemiddelde nachtwoarden per dag (18.00-6.00 uur) weergegeven over de periode 15 november tot 11 december. Die nachten is het verduisteringsscherm altijd 100% gesloten. De dagen dat het energiescherm ook is gesloten zijn er dus twee schermen dicht.

## Gemiddelde nachtwaarden (18.00-6.00

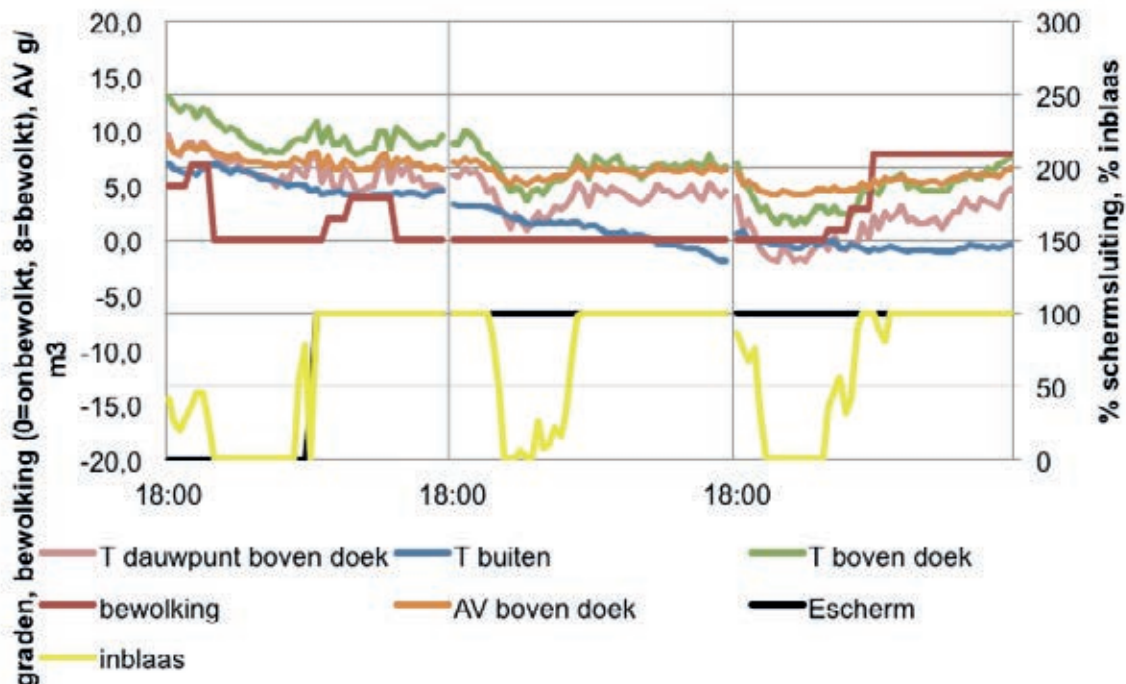


**Figuur 17** De gemiddelde nachtwaarden (18.00 - 6.00 uur) voor de periode 15 november tot 11 december. De volgende variabelen zijn weergegeven: de buitentemperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatuur boven de doeken ( $^{\circ}\text{C}$ ), AV boven de doeken ( $\text{gram}/\text{m}^3$ ), de bewolking (0 is onbewolkt, 8 = bewolkt), de stand van het energiescherm (%) en de druip vanaf de nok ( $\text{ml}/\text{m}^2/\text{dag}$ ).

Merk op dat afnemende bewolking samenvalt met perioden dat beide schermen sluiten en zowel de temperatuur als het AV in de ruimte onder de nok dalen. Dat komt omdat het sluiten van het energiescherm zowel gebaseerd is op de buitentemperatuur als op de stralingsverliezen naar de hemel.

Deze grafiek geeft de gemiddelde dagwaarden weer waardoor de invloed van de regeling moeilijk waarneembaar is. Daarom zijn in de volgende grafiek de momentane waarden weergegeven voor 27-29 november tussen 18.00 en 6.00 uur.

## Nachten van 27-11 t/m 29-11: 18.00-6.00 uur



**Figuur 18** De momentane waarden tussen 18.00 en 6.00 uur voor 27 tot en met 29 november. De volgende variabelen zijn weergegeven: dauwpunt boven de doeken (°C), de buitentemperatuur (°C), temperatuur boven de doeken (°C), de bewolking (0 is onbewolkt, 8 = bewolkt), AV boven de doeken (gram/m³), de stand van het energiescherm (%) en de sturing van de inblaasventilator van de Ventilationjet (%).

Zodra er door de bovenventilator lucht onder het scherm wordt geblazen ligt in de nacht van 28 november de dauwpunt temperatuur van de lucht boven het doek ver boven de buiten temperatuur. Opvallend is dat zowel de temperatuur als het AV boven het doek stijgt zodra die ventilator aan gaat. Blijkbaar drukt die ventilator warme kaslucht door het doek heen. Toch blijft het AV niet door stijgen. Dat wijst op condensatie tegen de onderdelen van het kasdek. Gecombineerd met de lage bewolkingsgraad van die nacht mag verondersteld worden dat het nokprofiel erg koud zal zijn. Blijkbaar zo koud dat er condensatie ontstaat. Zekerheid daarover is echter pas mogelijk als de temperatuur van het nokprofiel of van het glas gemeten zou worden. De volgende nacht is de buiten temperatuur ook laag, maar is er meer bewolking en zal het nokprofiel en het dek warmer zijn.

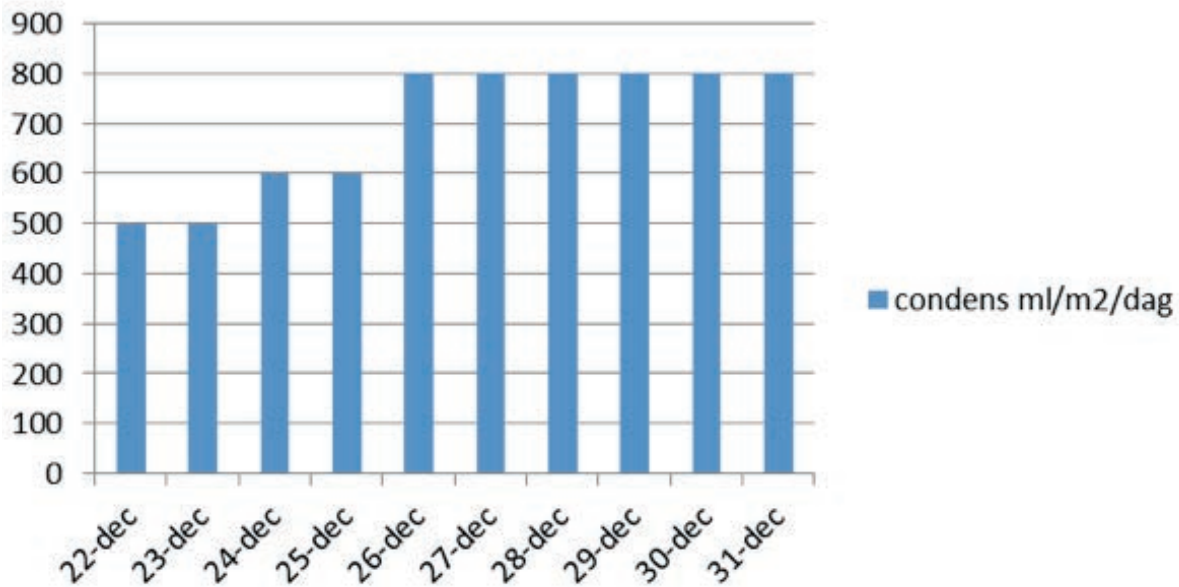
### 3.2.3 Benodigde energie voor het verdampen van de druip

Gemiddeld trad er in de periode 14 november tot en met 10 december 1.5 ml/m²/dag druip op. Als er wordt aangenomen dat al deze druip nog eens verdampt, dan kost dat 0.0008 m³ gas/m²/week. Uit energetisch oogpunt heeft het dus geen nut op te investeren in maatregelen om de druip tegen te gaan.

## 3.3 Condens tegen het kasdek

In de maand december is geregistreerd hoeveel condens er via de condensgoten uit de kas is afgevoerd. Op de dagen 21, 23 en 27 december was er neerslag wat een invloed gehad zou kunnen hebben op de condens meting. De overige dagen was er geen neerslag dus op die dagen zijn we er zeker van dat de neerslag geen invloed had op de condens meting.

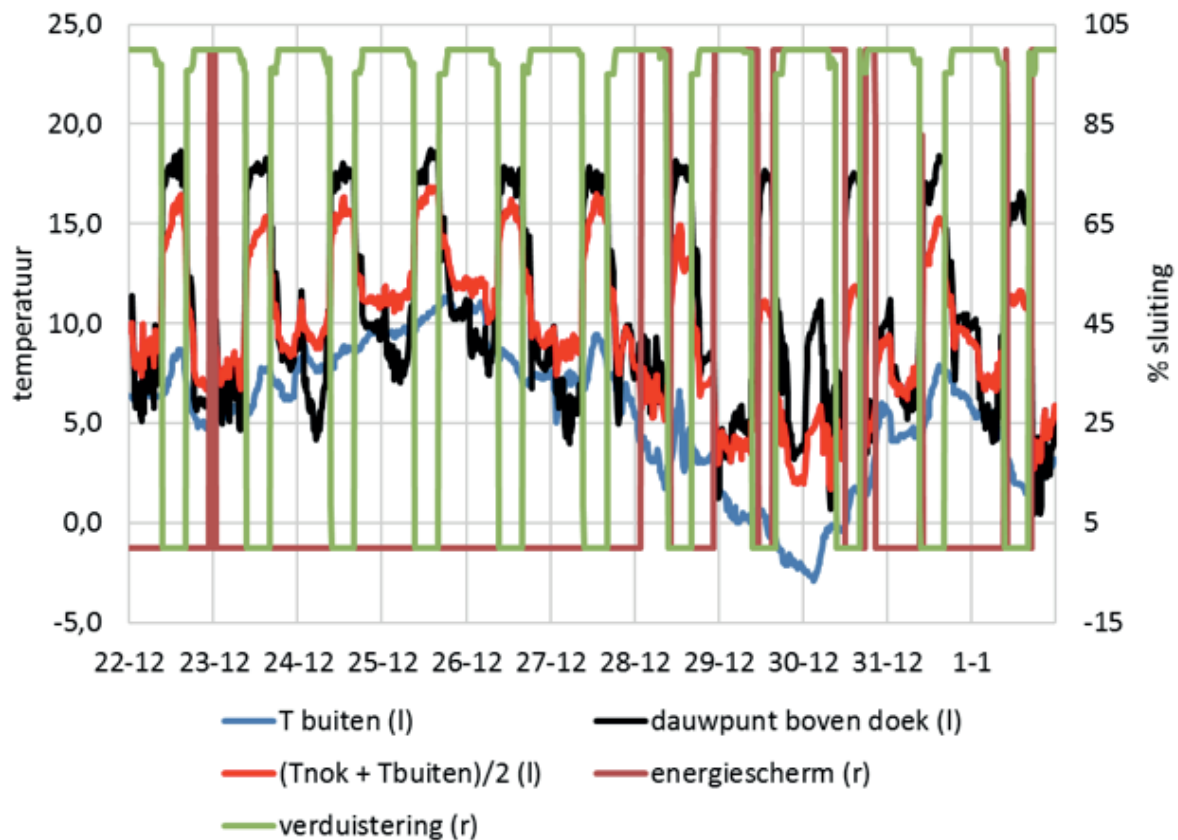
## condens tegen kasdek



**Figuur 19** De hoeveelheid condens tegen het kasdek ( $\text{ml/m}^2/\text{dag}$ ) dat afgevoerd werd via de condensgoten voor de periode 22 december tot en met 31 december.

Tijdens die periode was de via weeggoten geregistreerde wateropname  $1200 \text{ ml/m}^2/\text{dag}$ . Als de gewasopname buiten beschouwing wordt gelaten betekent dit dat er  $(1200-800)=400 \text{ ml/m}^2/\text{dag}$  via de ramen naar buiten wordt afgevoerd en het grootste deel,  $800 \text{ ml/m}^2/\text{dag}$ , dus via condensatie tegen het kasdek. Als we het gemiddeld aandeel druip ( $1.5 \text{ ml/m}^2/\text{dag}$ ) vergelijken met het aandeel van de condensatie tegen het kasdek ( $800 \text{ ml/m}^2/\text{dag}$ ) dat opgevangen wordt, dan kan men concluderen dat minder dan 0.2% is. Echter, mocht de druip lokaal optreden dan kan dit nog steeds grote gevolgen hebben voor het gewas.

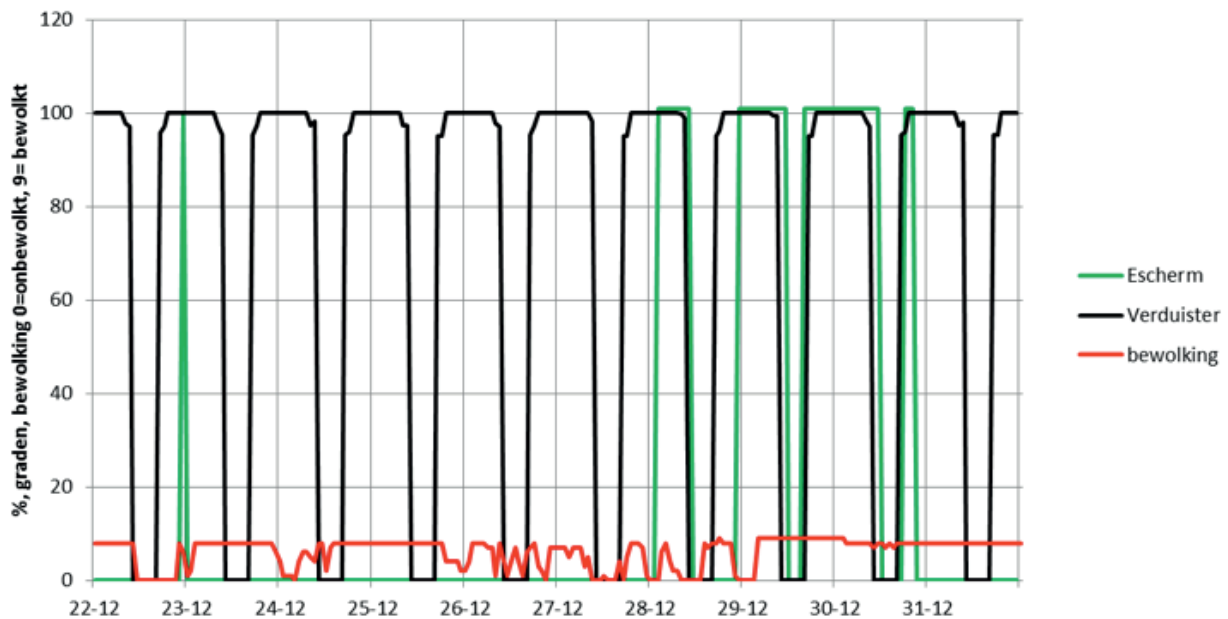
Gedurende deze periode was het klimaat in de kas als volgt:



**Figuur 20** Klimaat condities en standen van de schermen voor de periode 22 december tot en met 1 januari.

Tussen 26-12 en 31-12 is er extra veel condens tegen het kasdek ontstaan en opgevangen. Er lijken uiteenlopende oorzaken te zijn voor deze toename. Op 28-30 december waren twee schermen gesloten. De temperatuur van de binnenzijde van het glas ligt ergens tussen de buitentemperatuur en de temperatuur van de lucht boven de schermdoeken in. Ook die lijn staat in de grafiek (rode lijn) en toont daarmee de veronderstelde glastemperatuur. Dan blijkt dat tussen 28 en 31 december de glastemperatuur verder onder de dauwpunt temperatuur van de lucht in de nok lag dan ervoor, overdag zelfs meer dan in de nacht. Een belangrijk deel van de condens zal dus overdag zijn ontstaan, maar wanneer twee schermen gesloten zijn is er ook extra condensatie ten opzichte van de voorgaande dagen. Maar op 26 en 27 december is er maar één scherm gesloten en is er toch veel condensatie. Om daar meer van te begrijpen is de mate van bewolking uitgezet.

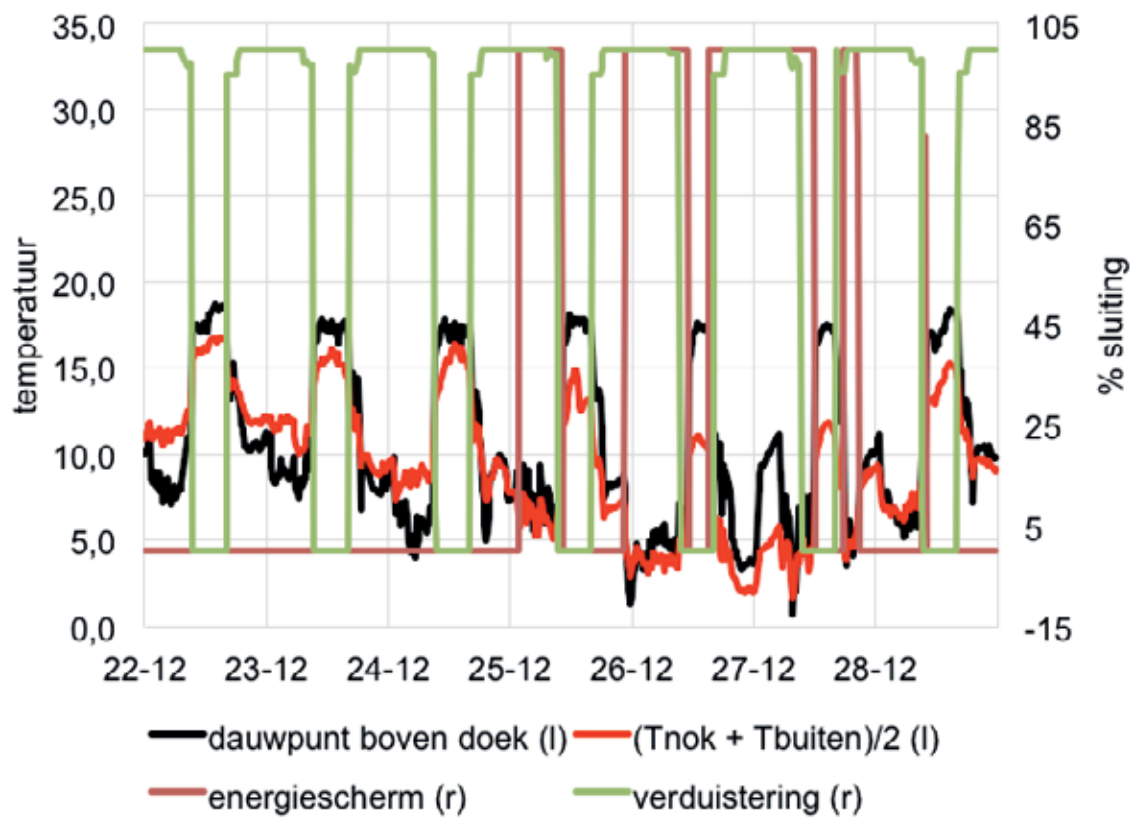




**Figuur 21** De standen van het energiescher ( $\%$ ), het verduisteringsscher ( $\%$ ) en de bewolking (0 is onbewolkt, 8 = bewolkt) voor 22 december tot en met 31 december.

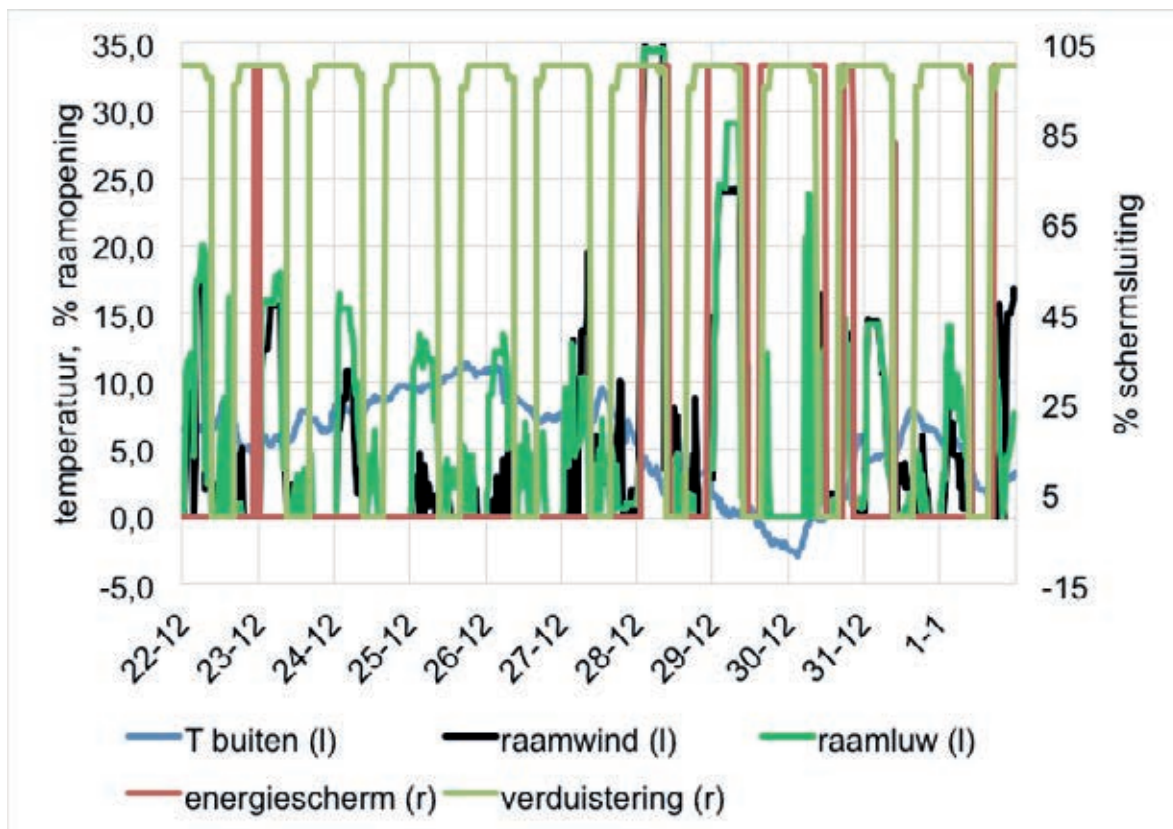
Bij weinig bewolking zal het glas extra afkoelen door stralingsverliezen naar de koude hemel. De glastemperatuur zal dus lager zijn dan in de voorgaande grafiek aangenomen was. Afgaande op de bewolking is duidelijk dat tussen 26-12 en 29-12 sprake was van minder bewolking dan de periode ervoor. Dat betekent dat de extra condensatie veroorzaakt moet zijn door de extra uitstraling.

Maar dat geldt niet voor de 30<sup>e</sup> en de 31<sup>e</sup>. Dan is er juist veel bewolking. En op de 31<sup>e</sup> is de buitentemperatuur ook weer gestegen. Toch valt op dat de dauwpunt temperatuur van de lucht in de nok dichterbij of hoger ligt dan de glastemperatuur ( $T_{\text{nok}} + T_{\text{buiten}}/2$ ) dan in de eerste dagen.



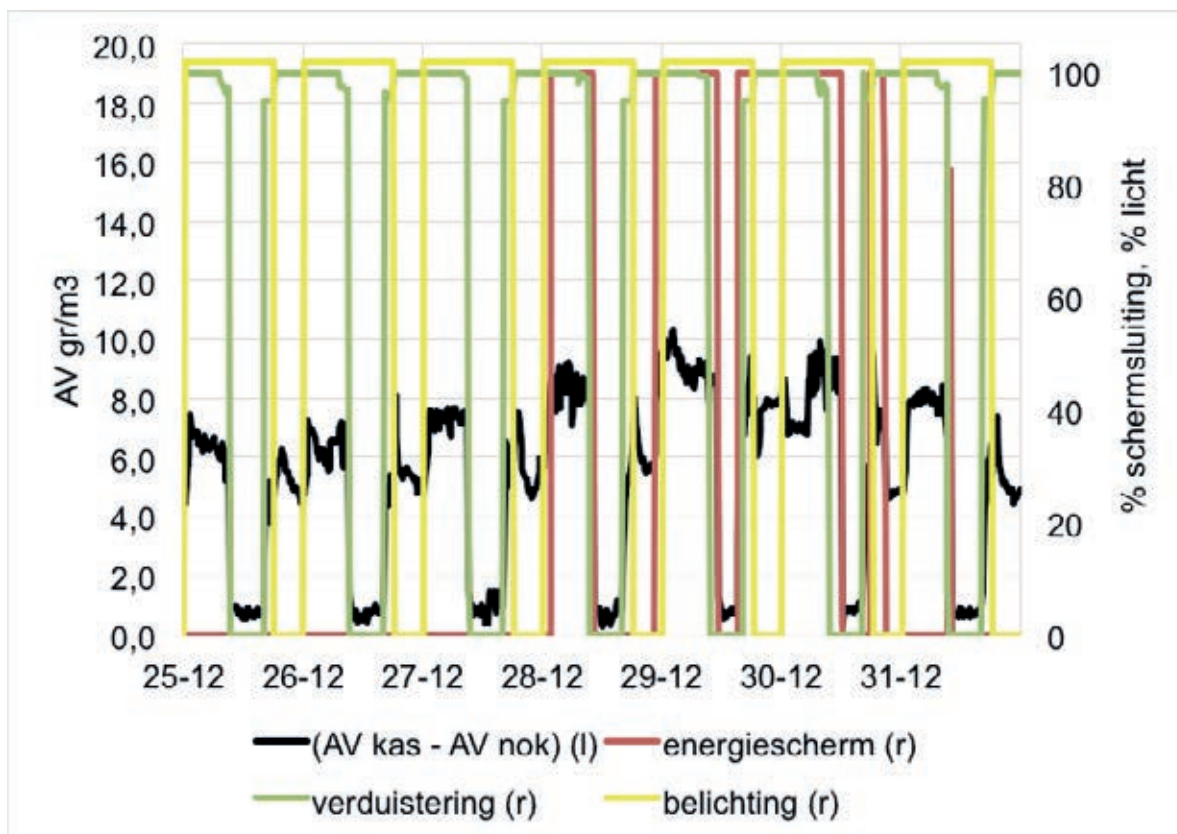
**Figuur 22** Klimaatcondities (°C) en schermstanden (%) voor 22 december tot en met 28 december.

Maar wat is de oorzaak daarvan? Aan de raamstanden valt voor die dagen weinig verschil op ten opzichte van de eerste dagen zoals te zien in onderstaande Figuur:



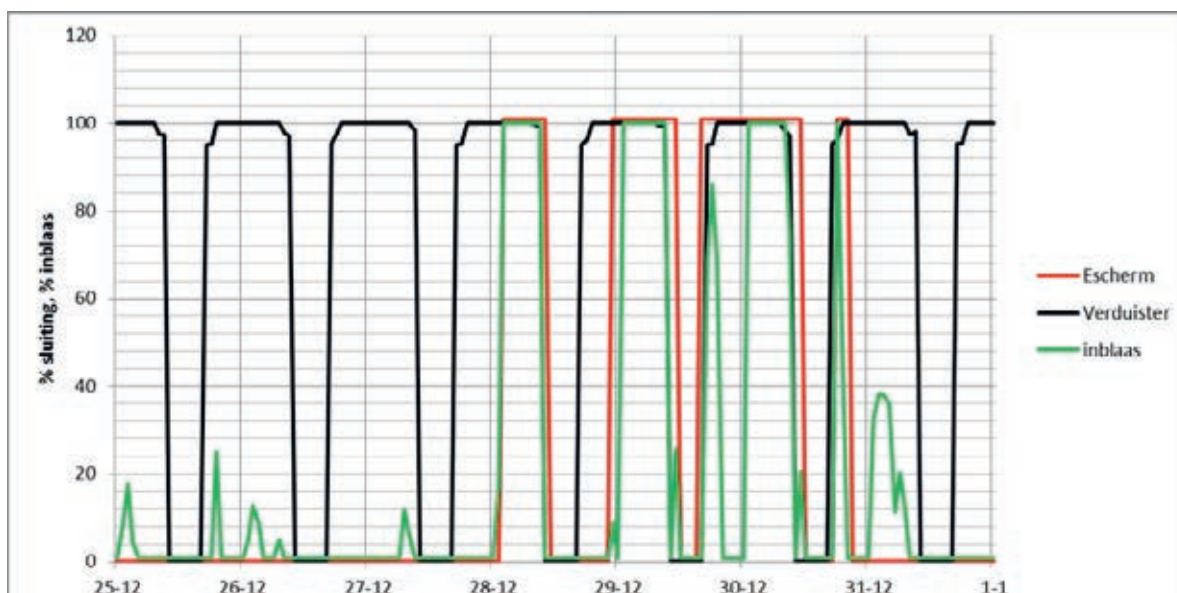
**Figuur 23** Buitentemperatuur (°C), raamstanden (%) en schermstanden (%) voor 22 december tot en met 1 januari.

Het grotere verschil in Absoluut Vocht tussen kaslucht en lucht in de nok toont aan dat er wel degelijk iets verandert op de laatste twee dagen.



**Figuur 24** Het verschil in AV tussen kaslucht en de nok (gram/m<sup>3</sup>), schermstanden (%) en belichting (%) voor 25 december tot en met 31 december.

Op 30-31 december blijkt de inblaas ventilator vaker te hebben gewerkt.



**Figuur 25** De standen van het energiescherm (%), het verduisteringsscherm (%) en de inblaasventilator van de Ventilationjet (%) voor 25 december tot en met 31 december.

Daardoor wordt er niet alleen meer lucht onder het schermdoek aangevoerd, maar zal er ook meer warme vochtige lucht door het 100% gesloten schermdoek omhoog geperst worden.

Met andere woorden, de luchtuitwisseling door het doek heen, of dit nu door ventilatoren of door schermkieren is, stimuleert de condensatie tegen het kasdek.

## 4 Conclusies en aanbevelingen

### 4.1 Conclusies

1. In tegenstelling tot de algemene verwachting komt de druijp niet van het schermdoek. Druip komt alleen van het kasdek en de kokers van de Ventilationjets die op dit bedrijf gebruikt worden.
2. Er treedt wel condensatie op in het schermdoek. Dat valt af te leiden uit het feit dat in de maanden november en december de temperatuur boven het scherpakket vrijwel continu onder de dauwpunt temperatuur van de kaslucht lag. Deze condensatie heeft echter niet geleid tot druijp vanuit het enkele of dubbele schermdoek.
3. Vergelijken met het aandeel van de condensatie tegen het kasdek dat opgevangen wordt door condensgoten ( $800 \text{ ml/m}^2/\text{dag}$ ) dan is het gemiddeld aandeel druijp ( $1.5 \text{ ml/m}^2/\text{dag}$ ) klein, namelijk 0,2%. Echter, mocht de druijp lokaal optreden dan kan dit nog steeds grote gevolgen hebben voor het gewas.
4. De impact van het herverdampen van de druijp op het energieverbruik is te verwaarlozen. Als er aangenomen wordt dat alle druijp (gemiddeld  $1.5 \text{ ml/m}^2/\text{dag}$ ) weer wordt herverdampd dan zal dit een energiebesparing van  $0.0008 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2/\text{week}$  representeren.
5. In het voorjaar komt vrijwel alle druijp voor rekening van de metalen kokers van de Ventilationjets. Vanaf het kasdek komt er nauwelijks vocht omlaag. De koude lucht die door de metalen behuizing van de Ventilationjet stroomt, veroorzaakt grote hoeveelheden condens aan de buitenkant van de koker die zich onder het schermdoek bevindt. Dat heeft geleid tot onaanvaardbaar grote hoeveelheden druijp. Dit probleem kon worden opgelost door aan de onderkant van de koker een opvangbak met afvoerslang aan te brengen (toegepast in de tweede meet periode). Hierdoor werd de druijp met 85% verminderd. De resterende druijp bij de Ventilationjet ontstaat aan de onderzijde van de horizontale verdeelplaat waarover koude lucht stroomt.
6. De horizontale luchtverdeelplaat aan de onderzijde van de Ventilationjet zorgt eveneens voor grote hoeveelheden druijp omdat aan de bovenzijde van die plaat koude lucht stroomt waardoor aan de onderzijde condensatie optreedt. Dit probleem is extra urgent omdat de luchtstroom het druijpwater over de planten verspreid en dus potentieel tot gewasschade kan leiden. Dit probleem kan worden opgelost door met een geultje rondom de plaat het water op te vangen en via een slangetje af te voeren.
7. Het vocht uit de kas komt boven het scherpakket door middel van herverdamping vanuit het bovenste scherm of door luchttransport en condenseert tegen het kasdek. Dit water wordt grotendeels door de condensgoten afgevoerd en blijkt in december gelijk te zijn aan 2/3 van de watergift. De resterende 1/3 wordt via de luchtramen naar buiten afgevoerd.
8. Het grote voordeel van schermen is dat de RV in de kas hoger gehouden kan worden. Dit zal in een energiebesparing resulteren omdat hierdoor minder geventileerd hoeft te worden op vocht en omdat de verdamping lager wordt.
9. Bij lage kasdektemperaturen, bijvoorbeeld tijdens een onbewolkte nacht met vorst blijken de kasgoten en het nokprofiel zo koud te worden dat ze ook druijp gaan veroorzaken. Dat wordt niet door de condensgootjes afgevoerd, maar valt door het schermdoek omlaag. Dat is ook waar te nemen aan vervuilde stroken in het schermdoek. De hoeveelheid druijp vanaf de kasgoot was dermate groot. Er is een condensgootje onder de kasgoot aangebracht waarna het probleem was verdwenen. Voor het nokprofiel moet nog een oplossing worden gezocht.
10. Luchtuitwisseling door het doek heen, of dit nu door ventilatoren of door schermkieren is, stimuleert de condensatie tegen het koude kasdek.

## 4.2 Aanbevelingen

### Aanbevelingen voor tuinders

Meer isoleren door middel van schermen levert een kouder kasdek op waardoor de hoeveelheid condensatie tegen het kasdek toeneemt en daarmee dus ventileren kan worden uitgesteld. Helaas neemt daarmee ook de kans op druipproblemen toe. Maar in dit onderzoek is aangetoond dat de grootste bronnen van druip oplosbaar zijn. Het aanbrengen van een condensgootje onder de kasgoot (geen druip meer) en onder de behuizing van de Ventilationjet (opvang van druip was gemiddeld 750 ml/Ventilation jet/dag) leveren een goed resultaat. De tuinder in dit onderzoek heeft echter besloten om (nog) niet overal condensgootjes te plaatsen in de kas omdat hij geen nadelige effecten ondervond op de teelt. De aanpassingen aan de Ventilationjet worden nu standaard aangebracht door de leverancier. Daarnaast is het goed denkbaar dat er maatregelen gevonden kunnen worden voor de resterende druipproblemen zoals druip van de nok. Ook moet er aandacht zijn voor het goed schoonhouden van condensgootjes en ervoor zorgen dat het condenswater op het glas goed afvloeit. Mogelijk is het nuttig om afvloeier op het glas en de constructiedelen aan te brengen.

De druip die gemeten was in dit onderzoek heeft geen grote impact op de energiehuishouding. De gemiddelde druip die optrad bij de nok, kasgoot en verdeelplaat van de Ventilationjet was 1.5 ml/m<sup>2</sup> per dag. Aannemende dat deze druip weer verdampt wordt, dan zou dat 0.0008 m<sup>3</sup> gas/m<sup>2</sup>/week kosten. Investerings om druip tegen te gaan, worden dus alleen terugverdiend door een betere gewaskwaliteit en niet door een energiebesparing.

### Aanbevelingen voor de leveranciers

Na het oplossen van het druip probleem tegen de koker van de Ventilationjet is het aan te bevelen dat de leverancier van de Ventilationjet de grote hoeveelheden druip die optreden aan de horizontale luchtverdeelplaat aan de onderzijde van de Ventilationjet oplost. Dit druip probleem kan worden opgelost door met een geultje rondom de plaat het water op te vangen en dit via een slangetje af te voeren. Als alternatief kan ook naar isolatie van die plaat worden gekeken.

Kassenbouwers zouden een condensgootje kunnen aanbrengen onder de nok zodat de druip voorkomen wordt. In dit onderzoek was de druip van de nok per strekkende meter 2.9 ml/dag. Het nut van een condensgootje is al aangetoond in dit onderzoek waar de druip verdween toen een condensgootje onder de kasgoot werd geplaatst.

Steeds vaker worden schermen gebruikt in combinatie met luchtinblaas systemen die voor een overdruk in de kas zorgen. Hierdoor wordt het drukverschil over de doeken groter dan in een kas waarin geen overdruk wordt gecreëerd. Voor het ontwerpen van de kas is het belangrijk dat de selectie van de doeken en het Ventilationjet systeem goed gekozen wordt. Hiervoor is het nodig dat het lucht en vocht transport door de doeken als functie van het druk verschil wordt weergegeven. Tevens veranderen de eigenschappen van deze schermen door veroudering (tuinders hebben de ervaring dat schermen meer open worden). Ook dit zou meegenomen moeten worden in de evaluatie van verschillende schermssystemen. Zoals geschetst in het volgend hoofdstuk zou het een optie zijn om met dampdichte folies te werken zodat de condensatie tegen dit scherm regelbaar wordt. Dat vraagt om twee aanpassingen. Het schermdoek moet geen vocht meer doorlaten en het condens dat ontstaat, moet worden afgevoerd door het schermdoek onder een helling te leggen. Dat betekent dat het zinvol wordt om geen vochtdoorlatende doeken meer te gebruiken, maar juist dichte folies.



## 5 De gevolgen voor Het Nieuwe Telen en toekomstig onderzoek

Veel telers proberen om door aanpassingen in de regeling van schermen of ramen het druipen te voorkomen. Gebleken is dat dit nauwelijks zin heeft. Vanuit die optiek blijft het devies om geen kieren te trekken, waar aanwezig zoveel mogelijk twee schermen te sluiten of de ramen alleen te openen als er onvoldoende condensatie tegen het kasdek is om de gewasverdamming op peil te houden.

Het druipprobleem kan in een nieuwe kas afdoende worden opgelost door een aantal eenvoudige maatregelen zoals het aanbrengen van condensgootjes. Voor bestaande kassen is het aanbrengen van condensgootjes onder de kasgoot en het nokprofiel een grotere opgave waarvoor nog oplossingen gezocht moeten worden. Ervan uitgaande dat dit oplosbaar is, wordt het interessant en mogelijk om de isolatiewaarde van schermdoeken nog verder op te voeren. Recente ontwikkelingen zoals meerdere gealuminiseerde schermlagen, verduisteringsdoeken met een luchtsponw tussen de twee lagen en luchtdichtere schermmaterialen hebben die trend al in gang gezet, maar er is op dat punt nog veel verbetering mogelijk.

De volgorde van de schermdoeken heeft grote invloed op de hoeveelheid condens die tegen het scherm ontstaat. Op het bedrijf waar de metingen hebben plaatsgevonden bevindt het meest dichte doek zich aan de onderkant. Dat betekent dat er relatief minder vocht door dit scherm komt en het bovenste (koudere) doek bereikt en daar condenseert. Omdat het bovenste doek poreuzer is, zal bovendien sneller herverdamping plaatsvinden. Als de volgorde van de doeken omgekeerd zou zijn leidt dit tot meer condensatie op het koude bovenste doek. Omdat de herverdamping aan de bovenkant deze grotere aanvoer niet bij kan houden, ontstaat druipt die weer in de kas terecht komt. Dit vocht zal weer herverdamppt moeten worden en kost dus extra energie. Bovendien is er meer kans op druipschade en te hoge RV in de kas.

Het feit dat de meeste druipt vanaf het kasdek komt, betekent dat het werken met schermkieren zoveel mogelijk moet worden afgeraden. Dat zal de hoeveelheid condens alleen maar verder laten toenemen. Tenzij de hoeveelheid warmte die ontsnapt zover toeneemt dat het kasdek boven het dauwpunt blijft. Dat zal in de winter niet lukken, maar op andere momenten vooral tot zoveel warmteverlies leiden dat het energieverbruik sterk oploopt. Bovendien veroorzaken kieren grote horizontale temperatuurverschillen onder het scherm.

Omdat in een goed geïsoleerde kas de vochttafvoer een steeds groter aandeel heeft in de warmtevraag, wordt het hoog tijd om een beter beeld te krijgen van het warmteverlies door condensatie in een praktijkkas of door model simulaties. Welke energie omzetting door condensatie vindt plaats in de gevels, de schermdoeken en het kasdek? En welk deel van die condensatiewarmte verdwijnt naar buiten of wordt weer terug geleverd in de kas? Als daaruit blijkt dat condensatie tegen het kasdek minder energieverlies oplevert dan ventileren via de ramen, dan moet er kritisch gekeken worden naar de klimaatregeling. Een regeling die leidt tot zo laag mogelijk kasdek temperaturen is dan noodzakelijk. Het gebruik van goed isolerende schermen die goed dicht worden gehouden is daarbij een eerste vereiste. Vervolgens moet door transport via poreuze schermmaterialen of door ventilatoren vocht naar de nok worden getransporteerd, gecondenseerd en via condensgoten worden afgevoerd. Om goed te kunnen regelen is het noodzakelijk om de kasdek temperatuur te meten.

Nog beter zou zijn om met een dampdicht scherm te gebruiken. Doordat de temperatuur van dit dampdicht scherm hoger is dan de kasdek temperatuur, kan ongewenste condensatie tegen het kasdek worden voorkomen. Hierdoor kan de tuinder in koude omstandigheden toch zijn gewenste (hogere) RV setpoint aan houden wat betekent dat de plant minder verdampt (dus minder energie behoefte) en dat de kas een hogere isolatiewaarde krijgt. Doordat de temperatuur van dit scherm regelbaar is (door de temperatuur in de nok te veranderen) kan ook de hoeveelheid condensatie tegen dit scherm bepaald worden. Dat vraagt om twee aanpassingen. Het schermdoek moet geen vocht meer doorlaten en het condens dat ontstaat moet worden afgevoerd door het schermdoek onder een helling te leggen. Dat betekent dat het zinvol wordt om geen vochtdoorlatende doeken meer te gebruiken, maar juist dichte folies. Helaas is er nog geen gealuminiseerde folie beschikbaar, want als deze in meerdere lagen zou worden toegepast dan ontstaat een hogere isolatiewaarde van het scherm pakket dan nu gebruikelijk is. Het opgetelde effect van een hogere isolatiewaarde en het niet doorlaten van vocht kan in potentie tot  $8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jaar}$  gasbesparing opleveren. Overige technieken en toepassingen van het terugwinnen van latente warmte worden beschreven in het rapport "Vochtbeheersing in kassen en terugwinning van latente energie".





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



Wageningen University & Research,  
BU 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](http://www.wageningenur.nl/glastuinbouw)

Glastuinbouw Rapport GTB-1436

Wageningen University & Research, BU 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 University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen WUR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en WUR 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 WUR 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.