

Het Nieuwe Telen: Energiezuinig Komkommers Telen



Lisanne Schuddebeurs¹, Marc Grootsholten¹, Rick van der Burg¹, Ewoud van der Ven¹, Arie de Gelder², Paul Arkestijn³ & Remy Maat⁴

1. DLV GreenQ, 2. Wageningen UR Glastuinbouw, 3. Svensson, 4. Cultilene

Projectnummer Kas als Energiebron: 20005

Onderstaande partijen zijn bij dit betrokken geweest als financier of uitvoerder:



Ministerie van Economische Zaken



Disclaimer

© 2015 DLV GreenQ, Violierenweg 3, 2665 MV Bleiswijk, Tel. 010-522 1771

De resultaten van dit project mogen vrij vermeld worden, mits de bronnen worden vermeld.

DLV GreenQ is niet aansprakelijk voor eventuele schade als gevolg van gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoudsopgave

VOORWOORD	4
SAMENVATTING	6
1. INLEIDING.....	8
1.2 Doelstelling.....	8
2. OPZET EN KASINRICHTING.....	10
2.1 Kasinrichting.....	10
2.2 Registraties.....	10
2.3 Demonstratieteelt	11
3. RESULTATEN EN DISCUSSIE	12
3.1 Teelt	12
3.2 Klimaat	12
3.3 Productie	14
3.4 Schermgebruik.....	17
3.5 Nivolatoren.....	21
3.6 Vocht en Watergift	21
3.6.1 Absoluut vocht.....	21
3.6.2 Verdampingsdruk (VPD)	22
3.6.3 Watergift en Verdamping	23
3.7 Gewasgezondheid	24
3.8 Energieverbruik en CO2	27
3.8.1 Energieverbruik	27
3.8.2 CO ₂	28
4. KENNISOVERDRACHT EN COMMUNICATIE.....	30
5. CONCLUSIES EN LEERPUNTEN.....	32
5.1 Schermgebruik.....	32
5.2 Energieverbruik	32

5.3	Mycosphaerella	32
6.	LITERATUUR	33
	Bijlage I Teeltverloop	34
	Bijlage II Meting lichttransmissie kasdek en schermen	37
	Bijlage III Scherm volledig gesloten	38
	Bijlage IV Nivolatoren.....	40
1.	Luchtsnelheidsmetingen	40
2.	Temperatuurverdeling in de afdeling	42
3.	Rookproef	43
	Bijlage V Gebruik gewasbeschermingsmiddelen	44

Voorwoord

Het project 'Energiezuinig Komkommers Telen' is een project in het kader van 'Het Nieuwe Telen'. Hierbij worden nieuwe inzichten over de natuurkundige principes van het kasklimaat gecombineerd met de plant processen om uiteindelijk het energieverbruik in de glastuinbouw te verminderen. De praktijk ziet hier ook zeker de noodzaak van in. Het project werd uitgevoerd op het DLV GreenQ Improvement Centre in samenwerking met Kas als energiebron, Wageningen UR glastuinbouw, Svensson en Cultilene. In het project zijn de grenzen opgezocht en het opzoeken van deze grenzen was niet gelukt zonder het teeltadvies van Ewoud van der Ven, de kennis input van Arie de Gelder en een goede samenwerking vanuit de telers, toeleveranciers en uitvoerders.

De wekelijkse bijeenkomsten tussen telers, toeleveranciers en uitvoerders hebben tot veel interessante discussies geleidt, en hebben veel input gegeven voor de uitvoering en resultaten van het project. Dank aan iedereen voor de betrokkenheid en bijdrage aan dit project.

Het project werd gefinancierd en ondersteund door het ministerie van Economische zaken en LTO glaskracht via het programma Kas als Energiebron, Cultilene en Svensson.

Bleiswijk, december 2015

Lisanne Schuddebeurs

Samenvatting

De afgelopen jaren is er veel aandacht besteed aan het nieuwe telen zonder grote investeringen. Het energieverbruik voor komkommertelers in de praktijk ligt momenteel rond de 34 tot 42 m³/m². In 2009 is er in het kader van het nieuwe telen een komkommerproef uitgevoerd waarbij door het gebruik van een dubbel energiescherm en de inzet van gewasventilatie een energieverbruik van 24 m³/m² werd gerealiseerd. De praktijk ziet zeker de noodzaak voor energiebesparingen, maar is nog wat voorzichtig doordat dit sommige situaties leidde tot meer aantasting van *Mycosphaerella*.

In het project 'Energiezuinig komkommers telen' wordt er voorgezet op de kennis die opgedaan in voorgaande projecten in het kader van 'Het Nieuwe Telen'. Eén van de speerpunten binnen het nieuwe telen is het gebruik van een (dubbel) energiescherm. In dit project is de optimale inzet van een dubbel energiescherm het uitgangspunt om de input van energie te reduceren. Er wordt ingegaan op de interactie tussen de natuurkundige aspecten van het kasklimaat en de processen die binnen en buiten de plant plaatsvinden.

De doelstelling van dit project was het demonstreren van een energiezuinige komkommerteelt met een maximale energie input van 25 m³/m² voor warmte met een productie die vergelijkbaar is aan de praktijk: 185 stuks en 80 kg/m² klasse I product. Om dit te realiseren waren de belangrijkste uitgangspunten van dit project het ontwikkelen van een eenvoudiger en betere schermregeling en het sturen op basis van de verdamping van de plant en kasklimaat op basis AV en VPD om zo de risico's op *Mycosphaerella* te beperken.

De proef bestond uit drie teelten volgens een traditioneel paraplu systeem. De eerste teelt is geplant op 18 december 2014 met het ras 'Galibier'. In het begin van de eerste teelt was het nog zoeken naar de juiste regeling van het scherm en opende het scherm vaak te vroeg en ging te laat weer dicht. Het aanpassen van de regeling zodat het scherm opende op basis van verschil in stooktemperatuur en temperatuur boven het scherm, resulteerde erin dat scherm na zonsopgang nog enkele uren dicht bleef liggen. Hierdoor werd de inzet van de buis minimaal. De eerste teelt eindigde op 28 april 2015 en had een energieverbruik van 14.7 m³/m² en een productie die gelijk was aan de prognose (55.4 stuks en 22.8 kg/m²). De eerste teelt kende geen problemen *Mycosphaerella*.

De tweede teelt werd geplant op 30 april 2015 met het ras 'Roxanne'. De schermregeling ontwikkeld in de eerste teelt werd hier goed ingezet wat uiteindelijk resulteerde in een energieverbruik van slechts 1.6 m³/m² en de productie eindigde met 77.7 stuks en 33.7 kg/m² iets boven de prognose. Infectie met *Mycosphaerella* werd geconstateerd op de stengel, maar dit had geen effect op de productie en kwaliteit van de vruchten.

De derde teelt werd geplant op 30 juli 2015 met het ras 'Roxanne'. De ontwikkelde schermregeling werd voorgezet maar resulteerde in de week dat het weer omsloeg van warm weer met veel instraling naar kouder weer met minder instraling (week 38) in een chaotische regeling van het scherm. Dit resulteerde in veel fluctuaties in het klimaat (met name het AV). Dit heeft waarschijnlijk een grote bijdrage geleverd aan de infectie van *Mycosphaerella* in de derde teelt. De derde teelt had als resultaat een energieverbruik van 3.8 m³/m² en een productie die lager was dan geprognostiseerd (50.8 stuks en 21.6 kg/m²) doordat een aanzienlijk deel van de vruchten was aangetast door *Mycosphaerella*.

De energiedoelstelling is met een energieverbruik van 20 m³/m² en een praktijkconforme productie (184 stuks en 78.1 kg/m²) uiteindelijk ruimschoots gerealiseerd. Wel moet hierbij worden opgemerkt dat bij dit energieverbruik de beschikbaarheid van CO₂ van een externe bron afkomstig een voorwaarde is.

Het realiseren van een eenvoudiger en betere schermregeling is met het sturen op verschil in stooktemperatuur en het verschil boven het scherm goed gerealiseerd. Wel is het hierbij belangrijk om de situatie in het voorjaar en het najaar waarbij de beperkte instraling optimaal benut moet worden goed in de gaten te houden.

Mycosphaerella blijft een aandachtspunt. De eerste teelt was *Mycosphaerella* niet aanwezig, de tweede teelt was er wat aantasting op de stengel en de derde teelt was er een behoorlijk productieverlies door de aantasting van *Mycosphaerella*. Om *Mycosphaerella* een indicator te laten zijn voor de wijze van telen is er niet ingegrepen op *Mycosphaerella*. De chaotische schermregeling in week 38 heeft waarschijnlijk een grote bijdrage geleverd aan de infectie, maar of dit de echte oorzaak is en of de energiezuinige teeltwijze hieraan bijdraagt is echter niet aan te tonen.

1. Inleiding

In het kader van het nieuwe telen is er in het jaar 2009 een komkommerproef uitgevoerd op Improvement Centre, Bleiswijk. Door het gebruik van een dubbel energiescherm en de inzet van gewasventilatie voor beheersen van de luchtvochtigheid is in deze proef een energieverbruik gerealiseerd van $24 \text{ m}^3/\text{m}^2$ (de Gelder, et al. 2010).

Het energieverbruik in de praktijk ligt op dit moment rond de 34 tot $42 \text{ m}^3/\text{m}^2$ afhankelijk van de teeltperiode, regio en bedrijfsuitrusting. De praktijk ziet zeker de noodzaak voor energiebesparingen, maar is ook nog wat voorzichtig. De laatste jaren is er veel aandacht besteed aan het nieuwe telen zonder grote investeringen (buitenlucht aanzuiging of tweede scherm). Hiermee is veel kennis opgedaan echter in enkele gevallen leidde dit tot duidelijk meer aantasting door *Mycosphaerella*. Voor infectie met *Mycosphaerella* is vocht een belangrijke factor. Vrijkomen van de sporen gebeurt bij een $RV > 85\%$. Uit alle onderzoeken is echter geen duidelijke grenswaarde naar voren gekomen. Vrij water en wonden bevorderen blad en stengelaantasting. Voor vruchtinfectie is het minder duidelijk wat de directe invloed van het klimaat op de infectie is. Vocht moet hierin een rol spelen. Aantasting met *Mycosphaerella* vroeg in het seizoen zorgt voor de gehele teelt voor een verhoogde infectiedruk. De energie die dan vroeg in het seizoen wordt bespaard kan dan weer verloren gaan.

Binnen het nieuwe telen wordt gezocht naar de interactie tussen de natuurkundige aspecten van het kasklimaat en de processen die binnen en buiten de plant plaatsvinden. Daarbij is het belangrijk dat een strategie die resulteert in energiebesparing op een eenvoudige manier in de praktijk toepasbaar is.

Binnen het Nieuwe telen is het gebruik van een (dubbel) energiescherm één van de speerpunten. Door het gebruik van energieschermen wordt de isolatiewaarde van de kas verhoogt en de energie input voor warmte beperkt. Daarbij wordt middels schermen uitstraling voorkomen, afkoeling van het gewas door uitstraling kan de gewasgezondheid negatief beïnvloeden. Een belangrijk aandachtspunt bij veelvuldig schermen is vochthuishouding van de kas. Wanneer we dit vertalen naar de wensen van de plant moet er ten allen tijden een actief groeiklimaat zijn waarin er altijd een minimale verdamping van het gewas is.

1.2 Doelstelling

De doelstelling van dit project is het demonstreren van energiezuinige komkommerteelt. De doelstelling hierbij is een maximale input van $25 \text{ m}^3/\text{m}^2$ voor warmte met een productie die vergelijkbaar is aan een praktijksituatie (185 stuks en $80 \text{ kg}/\text{m}^2$ klasse I product). Om dit te realiseren zijn de volgende uitgangspunten voorafgaand aan de proef vastgesteld:

1. Het ontwikkelen van een eenvoudiger en betere schermregeling.
2. Het beter sturen van verdamping van de plant en kasklimaat op basis van VPD.
3. Risico's op het optreden van *Mycosphaerella* beperken.
4. Meerdaagse temperatuurintegratie toepassen.

Door de vele regelingen die invloed kunnen hebben op het sluiten van het scherm wordt de regeling van het scherm vanuit de praktijk vaak als lastig ervaren. Door het meer sturen op energievraag (buisvraag) moet deze proef leiden tot een eenvoudiger schermregeling. Door vervolgens het klimaat goed te monitoren met het scherm gesloten en hierbij met name te focussen op de ontwikkeling van het vocht in de kas door te kijken naar het absolute vocht (AV) en de verdampingsdruk (VPD). Binnen dit project mogen hierin de grenzen worden opgezocht en zal het gewas uiteindelijk zelf de grens moeten aangeven. Op momenten dat het klimaat onvoldoende groeizaam is onder een gesloten scherm zal er als volgt worden gehandeld:

1. Inzetten van de nivolatoren
2. Luchten boven het scherm
3. Schermkier trekken
4. Inzetten van een minimumbuis.

De proef moet uiteindelijk resultaten opleveren die te vertalen zijn naar de praktijk. Gedurende de proef is er daarom naar gestreefd om het verloop van de proef en de behaalde resultaten zo goed mogelijk naar de praktijk te communiceren middels o.a. : weekrapporten, iets grow, een wekelijkse BCO en 2 open dagen werd de praktijk geïnformeerd.

2. Opzet en kasinrichting

2.1 Kasinrichting



Figuur 2.1 Overzicht van het teeltsysteem ongeveer 2 weken na planten van de eerste teelt.

Proefplaats:	Improvement Centre in Bleiswijk
Kasafdeling:	Afdeling 6: 1008 m ² , teeltopp.
Kasdektype:	Venlo dek – tralie ligger met 2 kappen per tralie.
Traliebreedte:	9.60 meter
Poothoogte:	6.68 meter
Verwarming:	Groeibuis Buisrailnet
CO ₂ -dosering:	OCAP zuivere CO ₂ -dosering
Klimaatcomputer:	Priva
Bovenste Scherm:	LUXOUS 1547 D FR (voorheen XLS 10 ULTRA REVOLUX)
Onderste Scherm:	LUXOUS 1347 H2NO FR (voorheen XLS10 REVOLUX H2no)
Gevelisolatie:	Vanaf week 4 folie langs de buitengevel opgehangen, om geveleffect te verminderen.
Teeltsysteem:	Papraplusysteem op goten 65 cm boven de grond en de gewasdraad op 1.55 meter boven de teeltgoot
Substraat:	Cultilene Exact Air mat (100x20x7.5)
Plantdichtheid:	1.5 plant/m ²
Watergift:	1 Druppelaar per plant met een capaciteit van 2.2 liter/uur
Luchtbeweging	Nivolatoren: 5 stuks met een opgenomen vermogen van 180 Watt.

2.2 Registraties

Het gerealiseerde klimaat werd per 5 minuten geregistreerd met de Priva-klimaatcomputer. Voor het meten van de klimaatcondities waren 3 meetboxen op 3 hoogtes in de middelste tralie van de afdeling geplaatst:

- Meetbox 1: Boven het gewas ter hoogte van de gewasdraad.
- Meetbox 2: Halverwege het gewas tussen goot en gewasdraad.
- Meetbox 3: Boven het scherm.

De gegevens die door de meetboxen werden vastgelegd waren kasttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, CO₂ concentratie en met een infrarood camera is de planttemperatuur gevolgd. Uit deze gegevens kunnen verder worden berekend: Absoluut vocht (AV), Vochtdeficit (VD) en de Vapour Pressure Deficit (VPD). De positionering van deze meetboxen en de gegevens die door de meetboxen werden vastgelegd waren van groot belang voor het aansturen van de schermen. De complete lijst met factoren die door de klimaatcomputer werden gelogd is te lang om volledig te vermelden.

De productie van iedere oogst werd geregistreerd in aantal stuks en kg per goot. Hierbij werd onderscheidt gemaakt tussen klasse I en klasse II: kromme en stek. Het aantal keren dat er werd geoogst was afhankelijk van het moment in de teelt. De twee middelste goten (goot 9 en 10) diende als referentie goten en de resultaten vermeldt in het rapport zijn dus afkomstig van deze twee goten.

Alle gewasbescherming die tijdens de teelt is toegepast werd vastgelegd in een logboek. Doordat we in de derde teelt de druk van *Mycosphaerella* te hoog werd is er besloten om het aantal aangetaste vruchten met *Mycosphaerella* te registreren.

Het energieverbruik van de afdeling is gemeten door het wekelijks aflezen van de energiemeters. Afhankelijk van de periode van het jaar ging hier nog een correctiefactor overheen om te corrigeren voor de koude buitengevel.

Alle registratie werden vastgelegd in een weekrapport en wekelijks verstuurd naar alle betrokkenen bij de proef.

2.3 Demonstratieteelt

De proef is uitgevoerd als een demonstratieteelt. Dit betekent dat de proef slechts in 1 herhaling ligt en de resultaten hierdoor dus niet op een statistische wijze geanalyseerd kunnen worden. Om de behaalde resultaten toch een waarde te kunnen geven is een prognose gemaakt op basis van meerjarige cijfers vanuit de praktijk om daarmee te vergelijken. De resultaten in dit rapport zijn daarom ook een beschrijving van de resultaten in combinatie met de discussies en bevindingen gedurende de teelt. Om de uitwerking van de klimaatstrategie op het gewas goed te beschrijven en mogelijk te verklaren vond er een wekelijkse BCO plaats die werd bijgewoond door de eerder vermelde participanten en een groep telers op basis van roulatie.

3. Resultaten en Discussie

3.1 Teelt

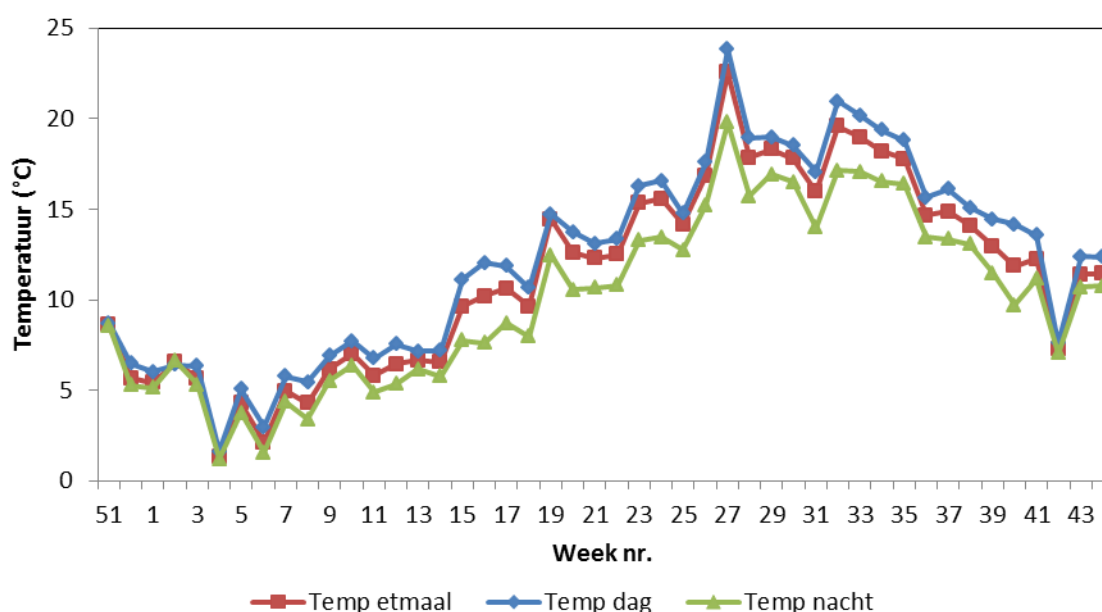
Uitgangspunt van de proef waren drie teelten volgens een paraplu systeem. In de eerste teelt is er gekozen voor het ras 'Galibier', dit ras is voor deze periode het meest gangbare ras in de praktijk. In de tweede en derde teelt is er gekozen voor het ras 'Roxanne', een ras dat gevoelig is voor *Mycosphaerella*. Het niet juist toepassen van energiebesparende maatregelen kan effect hebben op het optreden van *Mycosphaerella*. Er is bewust gekozen voor het ras 'Roxanne', om aan te kunnen tonen hoe ver we kunnen gaan m.b.t. energiezuinig telen. In tabel 3.1 is een overzicht weergegeven van de drie teelten en in Bijlage I 'Verloop van de teelt' is het verloop van de teelt op weekniveau uitgebreid beschreven.

Tabel 3.1 Teeltgegevens van de drie teelten.

Teelt	Eerste teelt	Tweede teelt	Derde teelt
Cultivar	Galibier	Roxanne	Roxanne
Zaaidatum	17-nov-2014	10-apr-2015	30-juni-2015
Plantdatum	18-dec-2014	30-apr-2015	30-juli-2015
Eerste oogst	30-jan-2015	25-mei-2015	17-aug-2015
Laatste oogst	28-apr-2015	28-juli-2015	29-okt-2015

3.2 Klimaat

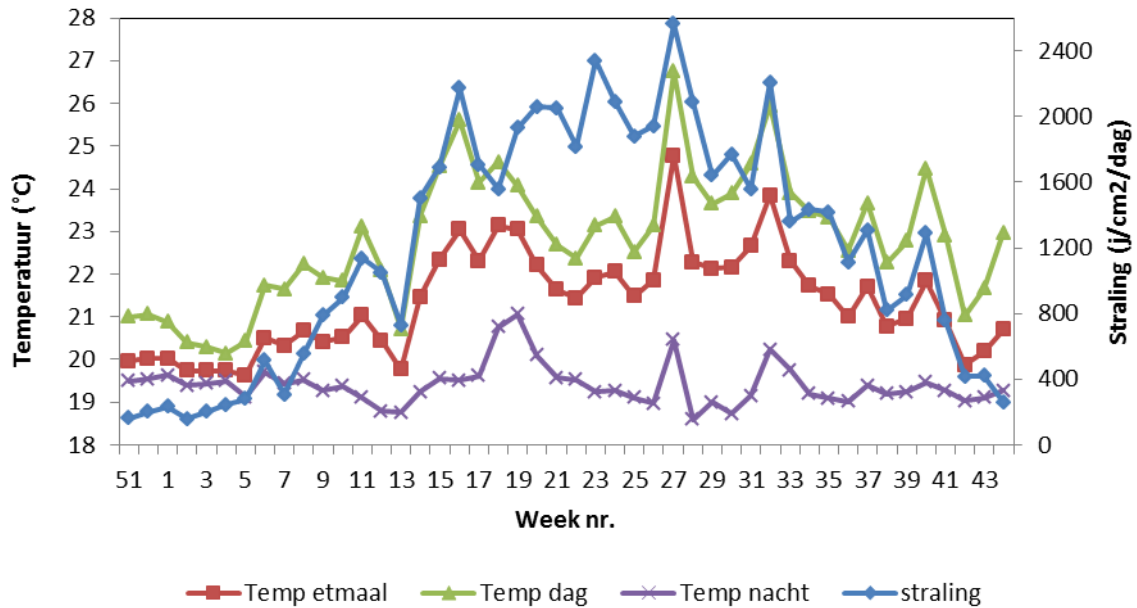
Een bepalende factor voor het energieverbruik is de buitentemperatuur. Het is vanzelfsprekend dat een lagere buitentemperatuur resulteert in een hogere energievraag om de kas op de gewenste temperatuur te krijgen. Figuur 3.1 toont de gemiddelde buitentemperatuur per week gedurende de teeltperiode.



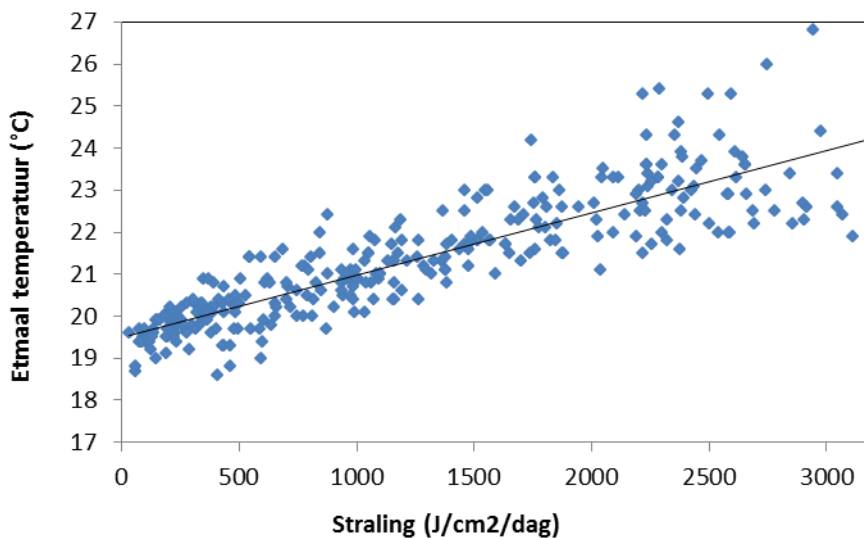
Figuur 3.1 Buitentemperatuur per week, weergegeven als gemiddelde temperatuur per etmaal, dag en nacht.

Om een goede plantbalans te creëren werd er met een stralingsinvloed op de temperatuur gewerkt, om zo de temperatuur aan te passen aan het beschikbare licht. Hierbij is er gewerkt met de stralingssom buiten, en is er geen rekening gehouden met het doek open of gesloten. In figuur 3.2 zien we duidelijk dat de kleine hoeveelheid instraling in de eerste periode samen ging met een lagere etmaal temperatuur. Met name in het voorjaar is het sturen van de kastemperatuur op basis van instraling erg goed mogelijk. Figuur 3.3 laat goed zien dat er een goed lineair verband is tussen de straling en de etmaal temperatuur bij een instraling van 1000 tot 2000 Joules per dag. In de zomer wordt de instraling op bepaalde dagen zo hoog dat dit de

kastemperatuur dusdanig beïnvloedt dat sturen in deze periode erg lastig is.

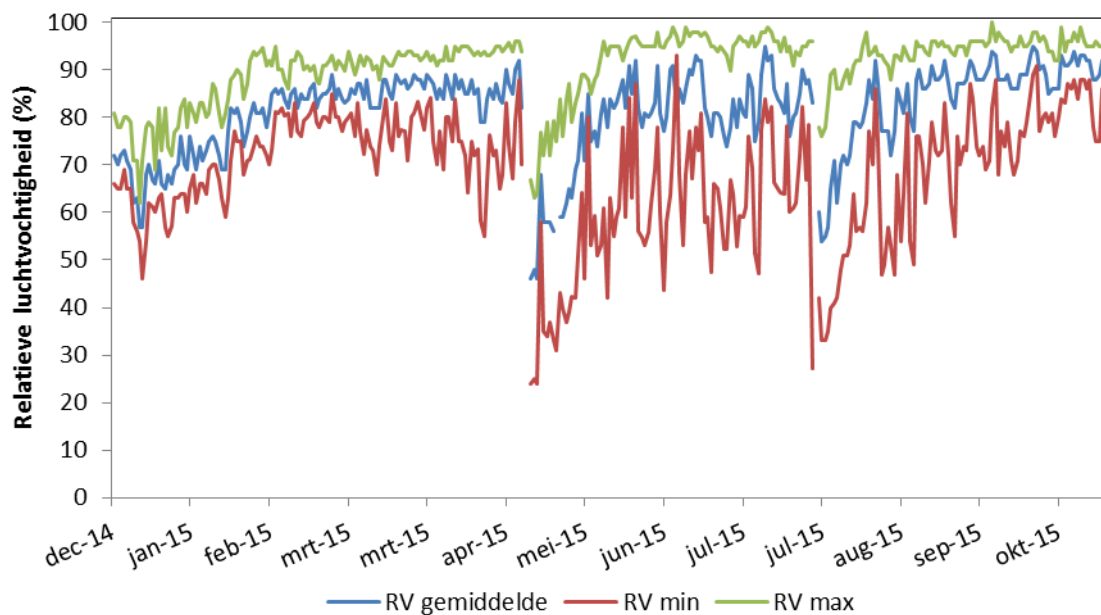


Figuur 3.2 Gemiddelde etmaal, dag en nacht temperatuur in de kas per week en gemiddelde straling buiten de kas per week.

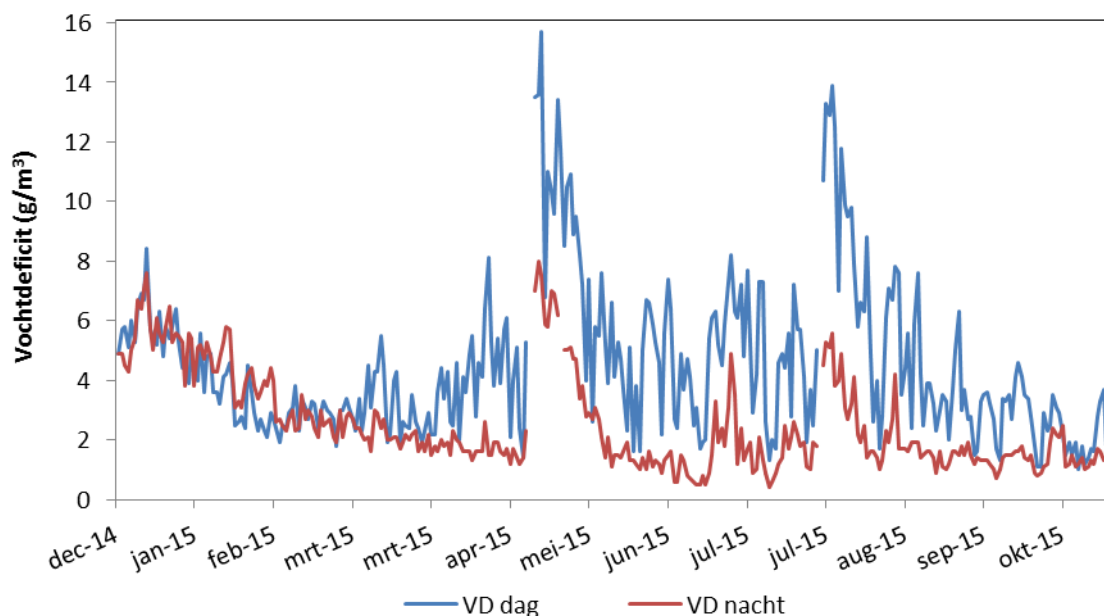


Figuur 3.3 Relatie tussen de totale instraling per dag en de gemiddelde etmaal temperatuur in de kas.

Telen met als doel zo min mogelijk energie input door het gebruik van dubbele schermen geeft een grote uitdaging voor de luchtvochtigheid in de kas. Vochtige klimaatcondities geven een verhoogt risico op de aantasting van schimmelinfecties, met name infectie met *Mycosphaerella* van zowel de vruchten als de stengel wordt gerelateerd aan een hoge RV (Hofland-Zijlstra et al. 2011). Met uitzondering van de periode kort na planten wanneer het gewas nog weinig bladoppervlakte heeft om te verdampen is de luchtvochtigheid in alle teelten continue hoog geweest (figuur 3.4). De eerste teelt laat een heel constant beeld zien en het verschil in minimum en maximum is relatief klein in vergelijking met de tweede en derde teelt. Ook liggen de maxima in de tweede en derde teelt hoger in vergelijking met de eerste teelt. De aantasting door *Mycosphaerella* en *Botrytis* was in de eerste teelt niet aanwezig, maar was in de tweede en derde teelt wel een probleem (Zie paragraaf 3.7 Gewasgezondheid). Als we kijken naar het Vochtdeficit zien we dat deze in de nacht erg lage waarden aanneemt en met name in de tweede en derde teelt schommelt rond de 1 gram/m^3 (figuur 3.5) in de nacht.



Figuur 3.4 Gemiddelde, minimale en maximale relatieve luchtvochtigheid in de kas per etmaal.



Figuur 3.5 Het vochtdeficit gemiddeld per etmaal gedurende de dag en de nacht.

3.3 Productie

In tabel 3.2 is een overzicht weergegeven van de behaalde productieresultaten per teelt voor klasse 1 en klasse 2 (stek en krom). Onder klasse 2 vallen niet de vruchten met *Mycosphaerella* deze zijn apart geregistreerd en weergegeven in figuur 3.17 (paragraaf 3.7 Gewasgezondheid). Het aandeel klasse 2 was in de laatste teelt het hoogst, met name in de laatste weken van deze teelt nam het aandeel toe. Het gemiddeld vruchtgewicht laat geen bijzonderheden zien en was met een gemiddelde van 423 gram over alle teelten conform praktijk.

Tabel 3.2 Productie resultaten per teelt.

Teelt	Klasse 1			Klasse 2		
	Kg/m ²	Stuks/m ²	Gemiddeld vrucht gewicht	Kg/m ²	Stuks/m ²	% Klasse 2 (stuks)
1^{ste} Teelt	22.8	55.4	410	1.5	4.0	6.7
2^{de} Teelt	33.7	77.7	434	2.1	4.5	5.5
3^{de} Teelt	21.6	50.8	425	1.4	4.0	7.3
Totaal	78.1	183.9	423	5.0	12.5	6.4

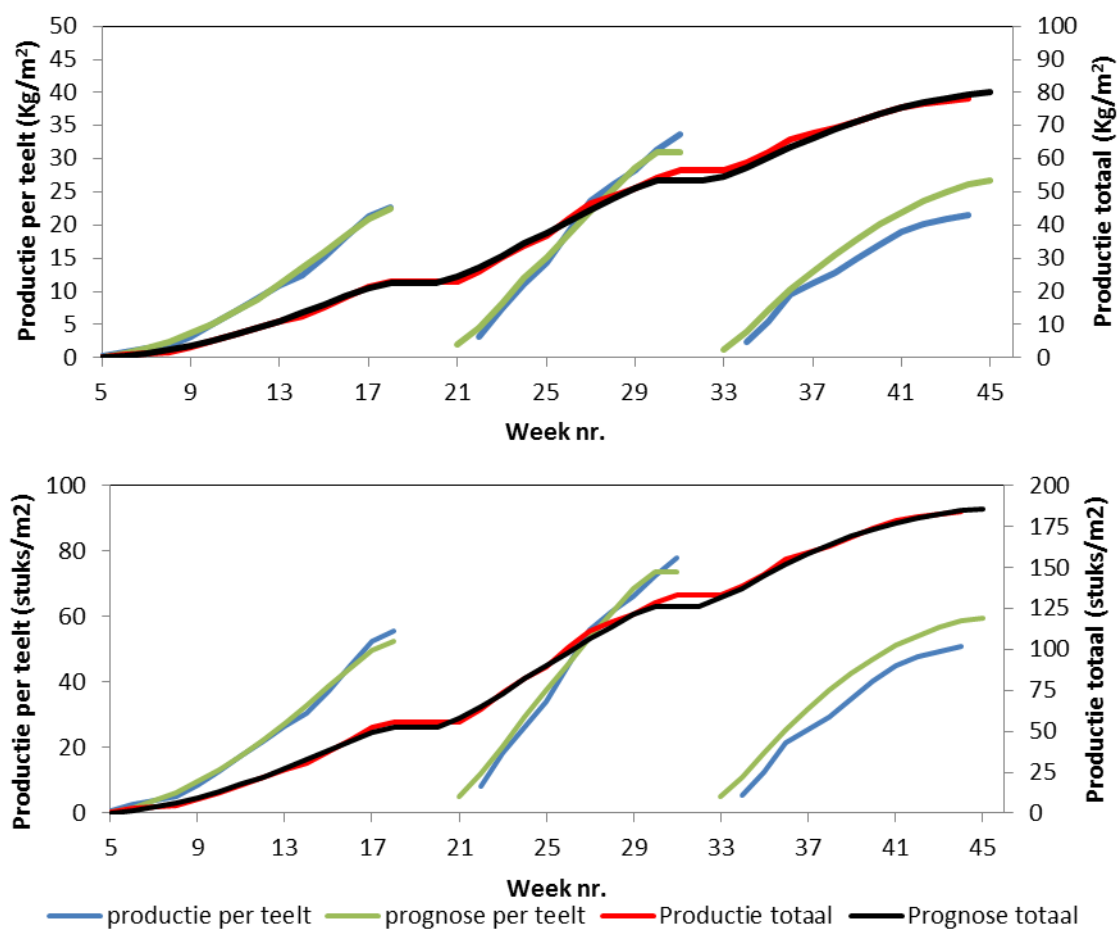
In figuur 3.7 is het verloop van de productie weergegeven voor klasse 1 vruchten in aantal stuks en gewicht (kg/m²). De eerste teelt kende weinig bijzonderheden, de gerealiseerde productie loopt gedurende de gehele teelt zo goed als gelijk aan de prognose. Aan het einde van de teelt is er slechts een meer productie van 0.3 kg/m² ten opzichte van de prognose. In het begin heeft de productie wel een klein dipje gehad als gevolg van vruchtabortie van de derde en vierde stamvrucht. De oorzaak hiervan is niet geheel duidelijk, maar waarschijnlijk is dit veroorzaakt door de combinatie van te hoge etmaaltemperaturen en een te kort aan beschikbaar licht voor het gewas, wat mede veroorzaakt is door het dichthouden van het scherm in week 6 (zie paragraaf 3.4: schermgebruik). Door de combinatie van een te hoge temperatuur ten opzichte van het beschikbare licht groeien de grootste vruchten snel uit, maar blijven er te weinig assimilaten over voor de jonge vruchten, waardoor deze zich niet goed kunnen ontwikkelen.

De productie van de tweede teelt kwam later opgang dan vooraf geprognostiseerd. Dit was het gevolg van een te kleine plant in de kas planten (figuur 3.6). Hierdoor had de plant ongeveer één week extra nodig voordat de eerste vruchten geoogst konden worden. Uiteindelijk werd deze achterstand ingelopen binnen 5 weken en werd er uiteindelijk een iets hogere productie gerealiseerd dan vooraf geprognostiseerd.



Figuur 3.6 Bovenstaande foto toont het kleine uitgangsmateriaal van de tweede teelt, de foto is genomen 1 dag na planten.

De derde teelt kwam uiteindelijk uit op een lagere productie van het aantal klasse 1 vruchten. De vertraging die was opgelopen in de tweede teelt leidde tot het iets later beëindigen van deze teelt, en dit leidde tot een latere start van de derde teelt. Dit resulteerde in een week vertraging van de eerste oogst van de derde teelt. Vanaf week 36 is een afbuiging te zien in de productie. Naar het einde van de teelt wordt het verschil ten opzichte van de prognose steeds groter, dit werd veroorzaakt door de aantasting van *Mycosphaerella* en relatief donker weer aan het einde van de teelt.



Figuur 3.7 Ontwikkeling van de gerealiseerde en geprognostiseerde productie in Kg/m² (bovenste grafiek) en in stuks (onderste grafiek).

3.4 Schermgebruik

Een belangrijk factor voor het realiseren van de energiedoelstelling was de kasuitrusting met twee beweegbare energieschermen LUXOUS 1547 D FR (XLS10 ULTRA REVOLUX) boven en LUXOUS 1347 H2NO FR (XLS10 REVOLUX H2no) onder. Gangbaar in de praktijk is een enkel beweegbaar energiescherm met een vast foliescherm eronder. Aan het begin van de proef (op 13 januari) is een meting uitgevoerd om de lichttransmissie van de schermen te meten. De resultaten van deze meting zijn bijgevoegd in bijlage II.

Eén van de doelstellingen van het project was om te komen tot een eenvoudigere schermregeling. Doordat vele regelingen invloed hebben op het schermgebruik wordt deze door de praktijk vaak als lastig ervaren. Aan het begin van de eerste teelt is er gestart met een praktijkconforme schermregeling, waarbij het openen en sluiten van het scherm wordt geregeld werd op basis van straling, buitentemperatuur en buistemperatuur. Dit resulteerde in het feit dat de instellingen dagelijks moesten worden aangepast om het scherm op het juiste moment te openen en te sluiten. De (koude) buitentemperatuur in de eerste periode van de teelt in combinatie met de straling resulteerde in het geregeld te vroeg openen en te laat sluiten van het scherm ondanks dat beide schermen in deze periode veel uren dicht lagen (figuur 3.8). Omdat het energiegebruik in de eerste weken tegenviel is het tweede scherm in week 6 volledig gesloten gebleven. De grenzen van het mogelijke werden hierbij opgezocht. In de week dat het scherm dicht bleef was er ineens een behoorlijke toename van de instraling t.o.v. de weken ervoor waardoor dit achteraf geen goede keuze was (Bijlage III).

Vanaf week 7 is de schermregeling zo aangepast dat het tweede scherm alleen nog maar opende op basis van een verschil tussen stooktemperatuur en de temperatuur boven het scherm, het tweede scherm sluit op basis van buisvraag. De uitwerking van deze maatregel resulteerde erin dat het scherm pas enkele uren na zonsopkomst openende (figuur 3.9 rechts). De buistemperatuur hoefde hierdoor nog nauwelijks te worden verhoogd nadat het scherm was geopend. De hoeveelheid licht die in deze periode van de dag werd weggeschermd is beperkt. Vanaf week 11 is het sluiten van het tweede scherm niet meer op basis van buisvraag maar op basis van instraling ($<225\text{ W}$), om te voorkomen dat de kastemperatuur te snel daalt. Het effect hiervan is goed te zien in week 13, een week waarin de straling lager was en het scherm dus ruim voor zonsondergang dichtging (figuur 3.9 links).

De maatregel om te schermen om energie te besparen gaat ook afkoeling van het gewas tegen. Om het effect van uitstraling op de planttemperatuur inzichtelijk te maken zijn op 15 april 2015 beide schermen open gebleven. Het effect hiervan was duidelijk zichtbaar, de planttemperatuur kwam $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ onder de kastemperatuur, terwijl de dag ervoor met beide schermen gesloten de planttemperatuur $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ onder de kastemperatuur uitkwam. Uitstraling van het gewas kan een negatief effect hebben op het gewas en de vruchten. Figuur 3.10 toont de nachten van 14 en 15 april waarbij respectievelijk beide schermen gesloten en beide schermen geopend zijn.

Richting het einde van de eerste teelt werd het vochtiger in de kas, en werd het lastiger om vocht af te voeren onder andere door de hogere buitentemperatuur. In week 18 is er daarom een aantal dagen gekeken naar het effect van luchten boven het scherm op het AV in de kas. Figuur 3.11 illustreert de nacht van 26 april 2015 op 27 april 2015. Er wordt een kier van 2% in het bovenste scherm getrokken en de luchtramen aan de luwe zijde en de windzijde openen voor 20%. Vanaf dit moment zakt het AV boven het scherm aanzienlijk, en daalt het AV in de kas nog iets verder. Er wordt dus vocht afgevoerd door het schermdoek heen. Op basis van temperatuurvraag komt vervolgens de buis erbij. Vanaf dit moment is er een lichte stijging van het AV, doordat de hogere temperatuur zorgt voor stijging van het VD en de planten dus meer vocht in de kas brengen. Op het moment dat vervolgens de ramen sluiten en de buis er nog in blijft neemt het AV in de kas en boven het scherm toe. Dit laat zien dat luchten boven het scherm waarbij er zowel gelucht wordt aan de luwe zijde als de windzijde zorgt voor met name vochtafvoer boven het scherm, maar ook invloed heeft op het AV in de kas.

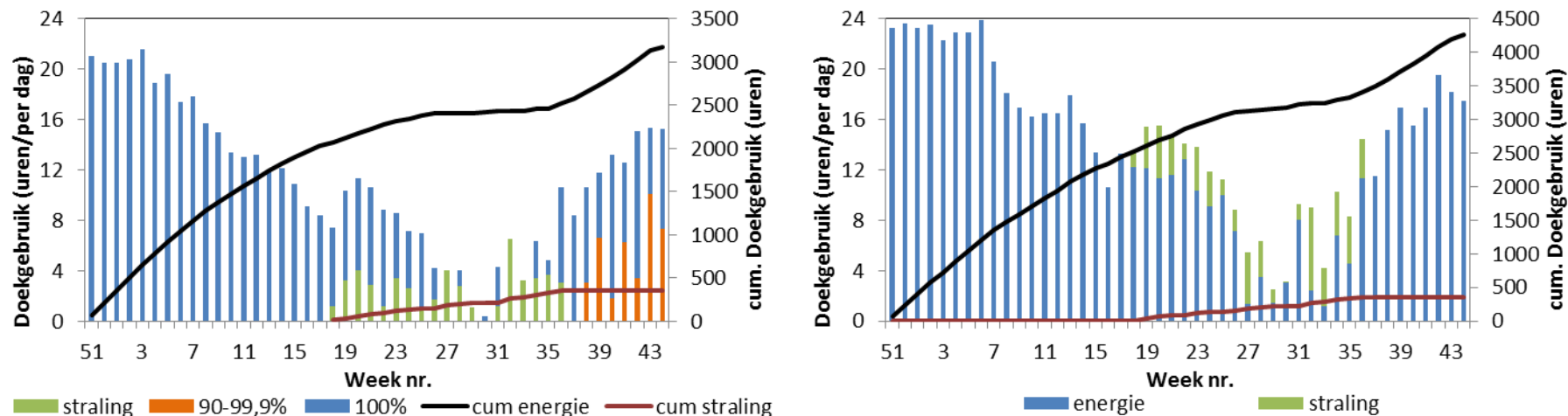
Gedurende de tweede teelt is er naast het sluiten van het scherm om energiebesparing te realiseren ook geschermd om instraling voor het gewas te beperken. Het moment van sluiten van de schermen is op basis van een minimale instraling ingesteld. Om gedurende deze periodes het CO_2 en vocht in de kas zo goed mogelijk op peil te houden werden beide doeken met een overlap gesloten. In het begin hield dit in 80% sluiting van het eerste scherm en 30% sluiting van het tweede scherm. Vanaf week 24 sloot het tweede scherm voor 45% om meer overlap tussen de schermen te creëren, dit resulteerde erin dat de RV op een hoger niveau bleef en de temperatuur in de kas niet te veel steeg. In figuur 3.12 zijn twee dagen weergegeven met een vergelijkbare instraling. De linker grafiek toont de gegevens van 20 april 2015. Op

deze dag worden de doeken niet gesloten en stijgt de kasttemperatuur naar 30°C en blijft de RV dalen. De rechter grafiek toont de gegevens van 15 juni 2015. Op deze dag worden beide schermen met overlap gesloten, vanaf het moment van sluiten daalt de RV niet meer verder maar blijft fluctueren rond de 70% en ook stijgt de temperatuur niet verder.

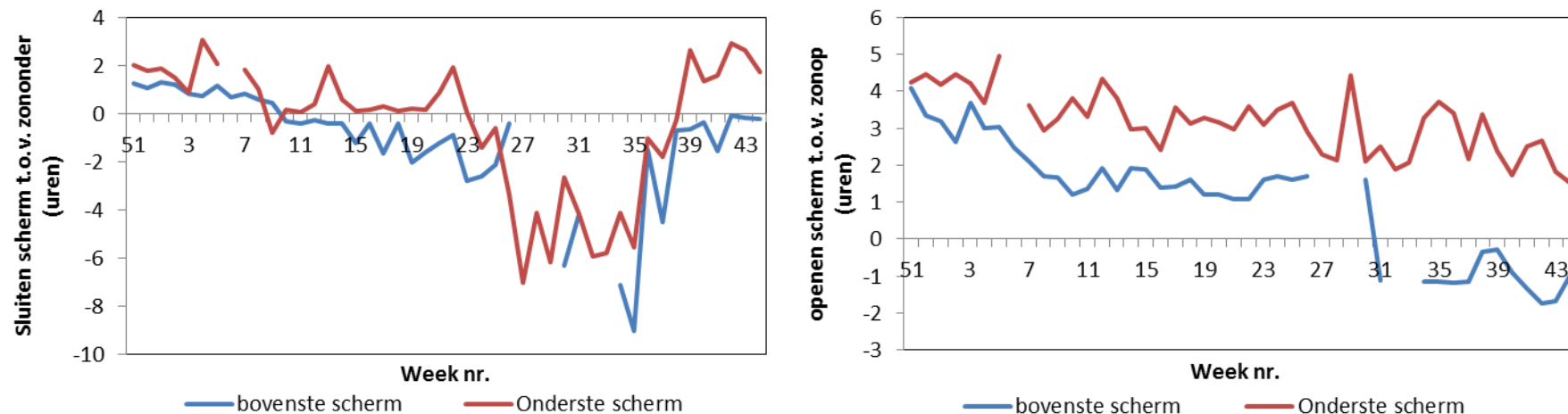
De derde teelt was met betrekking tot het realiseren van een eenvoudige schermregeling de lastigste teelt. De eerste weken van de teelt gaf nog weinig bijzonderheden, de buitentemperatuur was in deze periode erg hoog waardoor er in deze periode nauwelijks werd geschermd met twee schermen. Vanaf week 34 sloot gedurende de dag het tweede scherm voor 50% om meer vocht en CO₂ in de afdeling te houden. Vanaf week 36 ging de buitentemperatuur naar beneden en nam de inzet van de schermen voor energiebesparing weer sterk toe. Het schermen op basis van verschil boven en onder het doek kwam in deze periode niet goed tot zijn recht. De buitentemperatuur ging naar beneden, en de dagen waren erg bewolkt wat zorgde voor veel fluctuaties van de instraling. Door de lage instraling opende het doek hierdoor in de ochtend te laat. Ook zorgde dit wisselvallige weer dat door de combinatie van het verschil in stooktemperatuur en de temperatuur boven het scherm en een lage instraling het tweede scherm in de middag geregeld weer dicht liep (zie ook paragraaf 3.7 'Gewasgezondheid en figuur 3.19). Vervolgens nam de instraling weer toe terwijl het doek gesloten bleef, dit zorgde voor een stijging van het AV, maar tevens ook voor veel fluctuaties in het AV.

Het afvoeren van het vocht was in deze periode erg lastig. Er is geëxperimenteerd met luchten boven het scherm, luchten aan de windzijde bleek effectiever dan luchten aan de luwe zijde. Het is echter wel van belang dat op het moment dat het scherm vervolgens weer wordt geopend de ramen sluiten om kouval te voorkomen. De vochtafvoer is ook met luchten aan de windzijde afhankelijk van buitencondities, met name de windsnelheid. De raamstand zou dus bepaald moeten worden aan de hand van de hoeveelheid vocht die daadwerkelijk kan worden afgevoerd. Dit is het resultaat van de luchtvochtigheid in de kas, de luchtvochtigheid buiten de kas en de hoeveelheid lucht die wordt uitgewisseld. In de derde teelt is hier wat mee geëxperimenteerd, door in het geval van een lage luchtuitwisseling de raamstand met 5 of 10% te verhogen. Het effect hiervan kwam echter nog niet duidelijk naar voren, wellicht hadden we hier extremer mee om moeten gaan. Luchten boven het scherm was ook niet altijd voldoende daarom is er vanaf week 38 een kier in het scherm getrokken bij een VD < 1.5. Vanaf week 39 werden de schermen standaard geopend om het vocht niet te hoog te laten oplopen en om het kleine beetje licht dat er is toch beschikbaar te hebben.

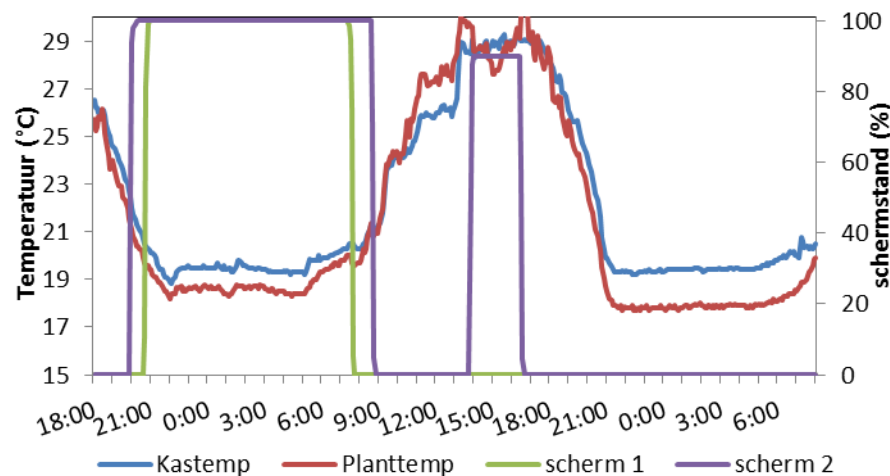
Het resultaat aan het einde van de teelt is dat er uiteindelijk 3173 uur en 4255 uur geschermd is met respectievelijk het bovenste scherm en het onderste scherm voor energiebesparing. Aanvullend zijn beide schermen 350 uur met overlap ingezet om te schermen tegen instraling.



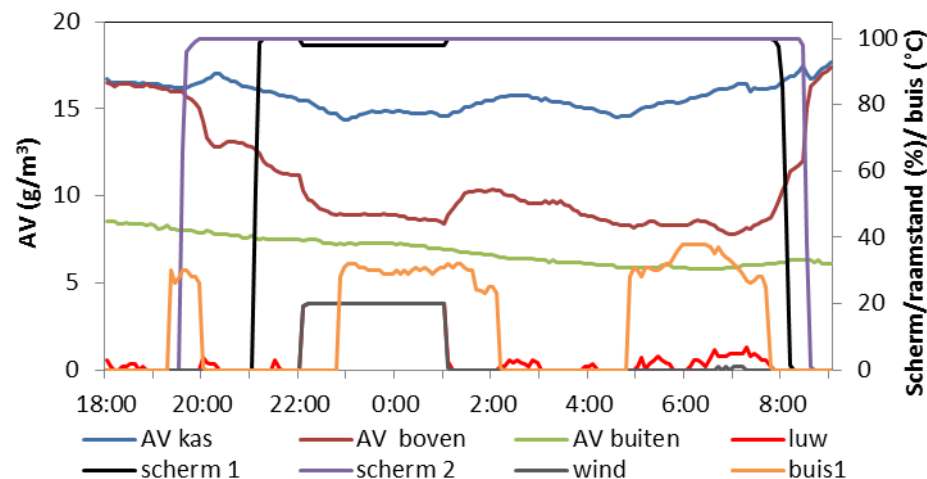
Figuur 3.8 Het aantal uren dat er geschermd is met het bovenste scherm (links) en het onderste scherm (rechts) voor energiebesparing en voor het wegschermen van instraling weergegeven als gemiddeld aantal uren per dag en cumulatief.



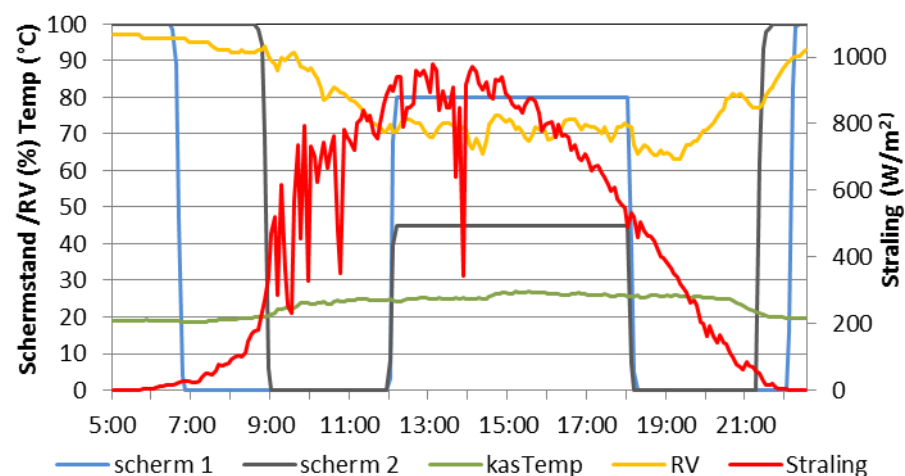
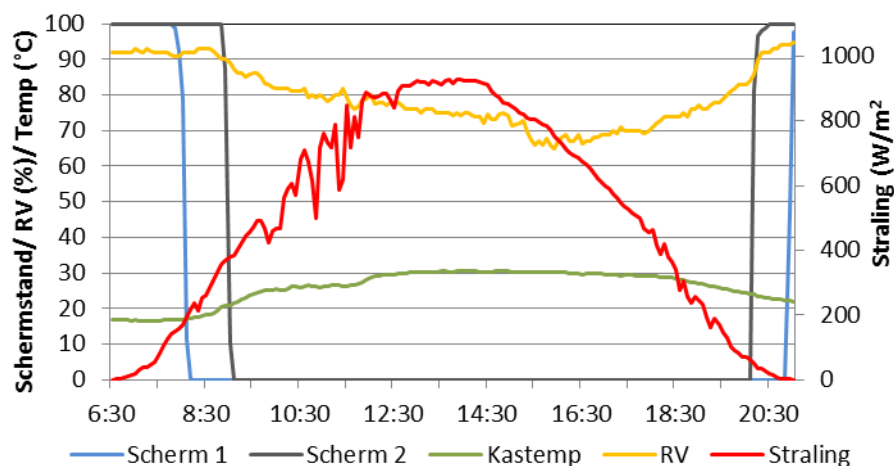
Figuur 3.9 Het tijdstip dat het bovenste en het onderste scherm sloten t.o.v. van zonsondergang, een negatief getal betekent in dit geval dat het scherm sloot na zonsondergang (links) en het tijdstip dat het scherm opende tenopzichte van zonsopkomst, een negatief getal betekent in dit geval dat het scherm opende voor zonsopkomst (rechts). De waardes zijn weergegeven als gemiddelden per week en geven het sluiten van het scherm op basis van energievraag weer. Ontbrekende waarde betekent dat het scherm in die week geen bewegingen heeft gemaakt.



Figuur 3.10 Effect van sluiten van beide schermen en het niet sluiten op de planttemperatuur.



Figuur 3.11 Effect van luchten boven het scherm met windzijde en luwe zijde op het AV in de kas en boven het scherm.



Figuur 3.12 Het effect van het sluiten van beide schermen met overlap tegen instraling gedurende de dag. De linker grafiek toont de gegevens van 20 april 2015, waarop de schermen niet sluiten waardoor de RV afneemt en de temperatuur stijgt. De rechter grafiek toont de gegevens van 15 juni 2015, de schermen sluiten bij een instraling $>800 \text{ W/m}^2$ waardoor de RV niet meer verder daalt en de temperatuur niet meer verder stijgt.

3.5 Nivolatoren

De nivolatoren waren bedoeld om (onder een gesloten scherm) luchtcirculatie in de kas te creëren zodat een 'dood klimaat' wordt voorkomen en er een evenredige temperatuurverdeling in de kas wordt gerealiseerd. Gedurende de gehele teelt is de inzet van de nivolatoren een discussiepunt geweest en zijn er verschillende testen en metingen uitgevoerd om het functioneren van de nivolatoren binnen de huidige proef te onderbouwen. De nivolatoren werden in eerste instantie ingezet wanneer het tweede scherm voor meer dan 85% was gesloten, de stand van de luchtramen aan de luwe zijde kleiner was dan 2% of de buisvraag < 30°C. Om de invloed van de nivolatoren inzichtelijk te maken is er in de tweede teelt gestart met een proef waarbij de nivolatoren voor enkele weken niet werden ingezet, en vervolgens is er gekeken naar de klimaatgegevens. Het niet inzetten van de nivolatoren gaf geen afwijkingen op het klimaat waardoor er is besloten om dieper in te gaan om het functioneren van de nivolatoren.

Van 16 juni tot 26 juli 2015 zijn er 32 draadloze temperatuursensoren in de kas opgehangen om de temperatuurverdeling in de afdeling te meten. Uit deze proef kwam naar voren dat door de inzet van de nivolatoren de temperatuurverschillen in de nacht juist groter werden. Van 14 juli tot en met 27 juli 2015 is er een luchtsnelheidsmeting uitgevoerd om te kijken naar de luchtbeweging in de afdeling. Hiervoor zijn er 3 anemometers in de middelste kap in één gewasrij geplaatst op ongeveer 60 cm boven de teeltgoot. Er bleek in dit geval geen duidelijk effect te zijn van de nivolatoren op de luchtbeweging tussen het gewas. Om bovengenoemde bevinden beter te kunnen onderbouwen is er op 3 september 2015 een rookproef uitgevoerd met de nivolatoren aan en alle schermen gesloten (inclusief de gevel schermen). Het doel van de rookproef was om inzicht te krijgen in de luchtstromingen van de lucht in de kas. De rookproef bevestigd daarbij de bovengenoemde bevinden, en die kunnen als volgt verklaard worden:

In proefafdeling hebben we te maken met relatief veel geveloppervlakte ten opzichte van het afdelingsoppervlak. In deze specifieke afdeling is er een groot temperatuurverschil tussen de buitengevel en een warme binnengevel veroorzaakt door de hoge etmalen van de aangrenzende proef. De rookproef laat zien dat de nivolatoren een stimulerend effect hebben op de luchtbeweging, waarbij in dit geval de temperatuurverschillen worden vergroot doordat de warmte zich ophoopt aan de warme binnengevel en het bij de buitengevel dus kouder blijft. De rookproef laat ook zien dat het doordringen van de lucht tussen het gewas wordt beperkt door het hoog opgaande gewas, waardoor dus de luchtbeweging in het gewas beperkt is zoals gemeten met de anemometers. Door de grote gevelinvloeden zijn bovengenoemde resultaten alleen van toepassing op de proefafdeling en kunnen niet vertaald worden naar het functioneren van nivolatoren op praktijkschaal. Wel kunnen we vanuit deze resultaten aanbevelen dat na het uitrusten van een kas met nivolatoren de temperatuurverdeling in de kas en de luchtstromen met hierbij aandacht voor de gevels goed in kaart gebracht moeten worden. De verschillende proeven zijn uitgebreid beschreven in bijlage IV.

3.6 Vocht en Watergift

3.6.1 Absoluut vocht

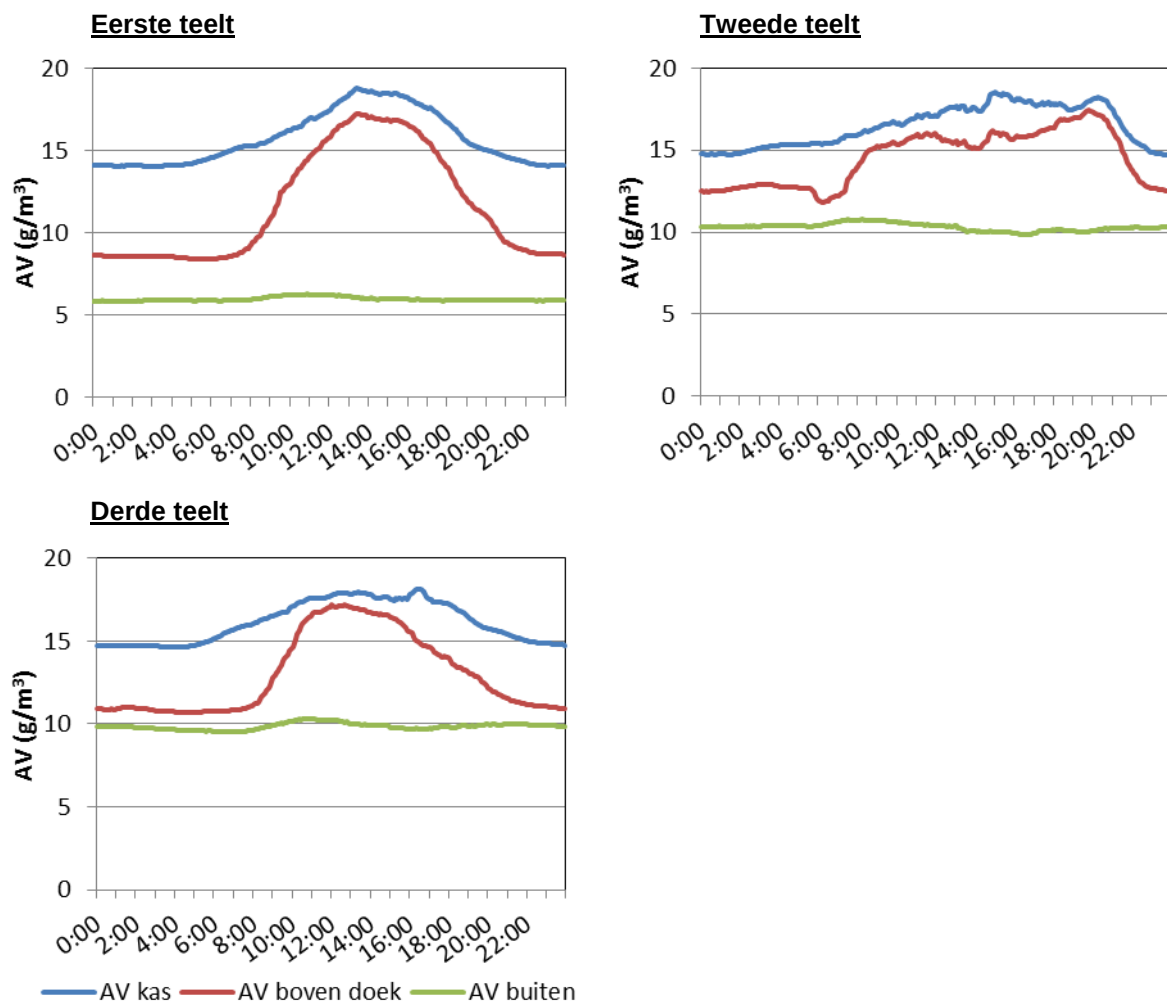
Het gebruiken van een (dubbel) energiescherm kan problemen geven voor de vochtafvoer. Ontvochtigen kost energie, en dat willen we in deze proef juist zo min mogelijk gebruiken. Een verandering van het AV in de kas betekent dat er een disbalans is tussen de verdamping en de vochtafvoer. Te veel fluctuaties in het AV kan leiden tot problemen met onder andere *Mycosphaerella*. Figuur 3.13 geeft het cyclische verloop van het AV per teelt weer voor de periode van begin oogst tot einde teelt.

Als we kijken naar het cyclische verloop van de eerste teelt zien we een toename van het AV in de kas gedurende de dag, wat het resultaat is van verdamping van het gewas. Doordat in het begin van deze teelt het tweede scherm ook geregeld gedurende de dag gesloten was, ligt het AV op de dag boven het scherm iets onder het AV in de kas. In de nacht neemt het AV boven het scherm af wat grotendeels wordt veroorzaakt door condensatie tegen het kasdek. Door de isolerende werking van het kasdek neemt het AV in kas in de nacht maar nauwelijks af. Het verschil in AV buiten met het AV in de kas laat zien dat het in deze periode van het jaar goed mogelijk is om meer vocht af te voeren. Dit zal echter resulteren in meer warmtevraag en meer energieverbruik.

De tweede teelt geeft een heel ander beeld, het AV stijgt minder gedurende de dag, als gevolg van minder schermen en meer luchten gedurende de dag. De aanvoer en afvoer van vocht is in deze teelt dus meer in

balans. In de nacht zien we dat er minder vocht wordt afgevoerd en met name boven het scherm daalt het vocht minder in vergelijking met de eerste periode, wat onder andere wordt veroorzaakt door minder schermuren. Wel is in deze periode het verschil in AV tussen de kas en buiten nog dusdanig dat meer vochtafvoer in deze periode mogelijk is.

De derde teelt geeft qua beeld een middenweg weer tussen de eerste en de tweede. Dit wordt veroorzaakt doordat de derde teelt ook twee verschillende periodes kent. Het eerste gedeelte van de teelt is er veel instraling, hoge temperaturen en weinig schermuren. Later in de teelt neemt de instraling af en gaan het aantal schermuren omhoog. In de nacht zien we dat het AV boven het scherm zo goed als gelijk is aan het AV buiten. Door het hoge AV buiten was dit een lastige periode om vocht af te voeren waarop er is besloten om te luchten boven het scherm waardoor het AV boven het scherm dus gelijk wordt aan het AV buiten. Wanneer luchten boven het scherm niet voldoende was in deze periode werd er een kier in het bovenste scherm getrokken. Het AV in de kas laat tussen de teelten echter weinig verschillen zien, de mogelijkheid om meer vocht kwijt te raken verschilt echter wel aanzienlijk tussen de drie teelten.



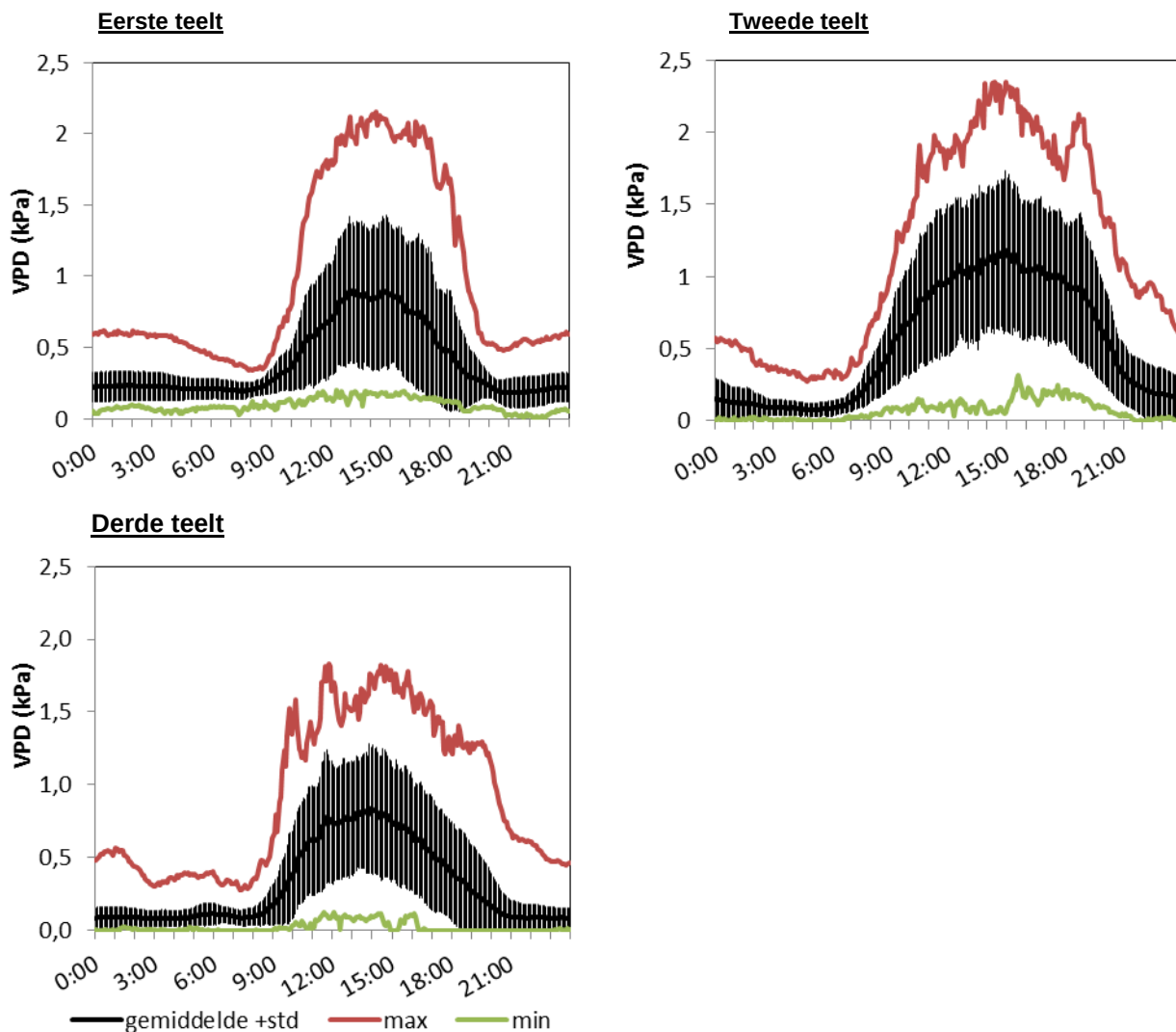
Figuur 3.13 Cyclisch verloop van de absolute luchtvochtigheid in de kas, boven het doek en buiten voor de eerste teelt, de tweede teelt en de derde teelt. De data zijn weergegeven vanaf de eerste oogst tot einde van de teelt.

3.6.2 Verdampingsdruk (VPD)

Gedurende de nacht heeft het gewas een minimale verdamping nodig om voldoende calciumtransport in stand te houden, te veel verdamping in de nacht kost echter alleen maar energie en levert geen bijdrage aan de groei. Bij een VPD < 0.25 kPa is de verdampingsdruk zo laag, dat dit de groei van het gewas kan belemmeren. Figuur 3.14 geeft een cyclische weergave voor de periode van begin oogst tot einde teelt van de drie teelten. Er is te zien dat gedurende de nacht de gemiddelde VPD ver onder het minimum van 0.25

kPa uitkomt bij alle drie de teelten, en geregeld is de VPD zelfs 0 met name in de tweede en derde teelt. In de eerste teelt blijft de VPD in de nacht hoger ten opzichte van de tweede en derde teelt. Wanneer het gewas niet in staat is om voldoende te verdampen spreken we van een 'dood klimaat', wat wordt veroorzaakt door een te hoge luchtvochtigheid en stilstaande lucht.

Het sluiten van twee schermen kan een lage VPD veroorzaken doordat de vochtafvoer een probleem wordt. Een VPD van nul treedt echter zowel op wanneer het doekgesloten is als wanneer het doek geopend is. De lage VPD heeft in de eerste en tweede teelt niet geleid tot een belemmering van de groei en productie. Voor de derde teelt is het de vraag in hoeverre de lage VPD in de nacht heeft bijgedragen aan de aantasting van *Mycosphaerella*. Een te lage VPD zorgt voor een te hoge worteldruk en kan hiermee bijdragen aan de infectie met *Mycosphaerella*.



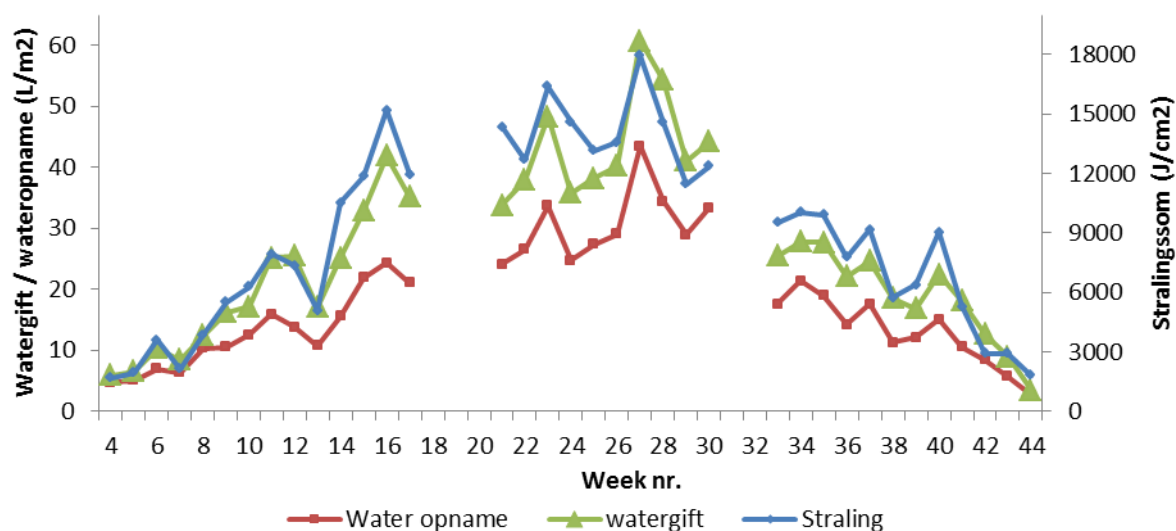
Figuur 3.14 Cyclische gemiddelde weergave van het verloop van de VPD gedurende 24 uur van de eerste, tweede, en derde teelt gedurende 24 uur voor de periode van begin oogst tot einde teelt.

3.6.3 Watergift en Verdamping

Het uitgangspunt van de watergift was regelmaat en uniformiteit om het ontstaan *Mycosphaerella* tegen te gaan. Schommelingen in het wortelmilieu kan resulteren in een ongewenste worteldruk voor de plant, met als gevolg *Mycosphaerella*. Er is gewerkt vanuit een optimale beurtgrootte van 100 CC om te zorgen voor een optimale verdeling en verversing van water en EC. Een te grote of te kleine beurt zorgt voor een minder goede verversing. De hoeveelheid instraling speelde in deze strategie ook een cruciale rol. Om de regelmaat en uniformiteit in het wortelmilieu te houden was de verdamping bepalend voor de watergift. In de afdeling was

een weeggoet geplaatst om de verdamping van het gewas in kaart te brengen. Door technische problemen met het systeem is dit helaas niet gelukt. Figuur 3.15 toont de duidelijke relatie tussen de watergift, wateropname en de stralingssom. Bij meer instraling is er meer wateropname en deze extra wateropname wordt grotendeels via het gewas verdampt.

Het watergehalte in de eerste teelt was gemiddeld 68% en in de tweede en derde teelt rond 60%. Door de hoge wateropname in de tweede teelt moest de frequentie van de watergift omhoog om het watergehalte in de mat op peil te houden. Binnen de teelten is het goed gelukt om de EC gelijk te houden. Gedurende de eerste teelt schommelde de EC tussen de 3 en 3.5, de tweede teelt tussen de 2.8 en 3.0 en de derde weer tussen de 3.0 en 3.5.



Figuur 3.15 De som van de watergift, water opname en straling per week.

3.7 Gewasgezondheid

Door de doelstelling van de proef was de focus van de gewasgezondheid hoofdzakelijk op het ontstaan van *Mycosphaerella* en *Botrytis*. Naast deze twee genoemde ziekten die hieronder uitgebreid worden beschreven waren er in de tweede en derde teelt wat problemen met meeldauw, dit heeft echter geen effect gehad op de productie en eventuele uitval van planten. Wel is er meerdere malen gespoten om de meeldauw in bedwang te houden. In bijlage V is een overzicht weergegeven van de gebruikte gewasbeschermingsmiddelen gedurende de gehele teelt. Begin van de derde teelt waren er wat problemen met *Pythium*, dit is mogelijk te wijden aan het hergebruik van de matten. Hierdoor zijn aan het begin van de derde teelt enkele planten uitgevallen. Dit waren hoofdzakelijk planten in de derde tralie dicht bij de buitengevel waardoor het effect op de proefresultaten minimaal is. Om een goede kasvulling te houden, en hiermee een goed klimaat te houden zijn voor de uitgevallen planten nieuwe planten geplant.

De energiebesparende maatregelen die werden toegepast gedurende de teelt resulteerden in een veel vochtiger klimaat dan gangbaar in de praktijk. Het telen onder deze hoge vochtigheden brengt risico's met zich mee voor onder andere *Mycosphaerella* en *Botrytis*. Een van de doelstellingen van dit project was het in beeld brengen en het beperken van het optreden van *Mycosphaerella*. Het ontstaan van *Mycosphaerella* wordt onder andere toegewezen aan het optreden van een te hoge worteldruk en klimaatschokken. Om klimaatschokken inzichtelijk te maken werd er gemonitord op het AV.

De eerste teelt kende geen problemen wat betreft gewasgezondheid. In de tweede teelt is er zowel *Mycosphaerella* als *Botrytis* geconstateerd. In week 26 en 27 werden enkele vruchten met *Mycosphaerella* gevonden, de week daaropvolgend leek de aantasting mee te vallen. In week 28 werden er wat plekjes *Botrytis* geconstateerd en eind week 29 waren er stengels met veel plekken *Mycosphaerella*. Week 29 was een kritische week met een hoge buitentemperatuur en hoge luchtvochtigheid, waarbij enkele dagen de luchtvochtigheid in de kas gedurende de dag gemiddeld boven de 90% lag. Dit resulteerde in vrijvocht op het gewas (figuur 3.16). Als reactie op deze constatering is er een minimum buis ingezet. Aan het eind van de tweede teelt is er een inventarisatie gemaakt van het aantal planten dat infectieplekken had op de stengel, de aantasting met *Botrytis* was zeer beperkt, maar bijna alle planten hadden 1 of meerdere infecties met

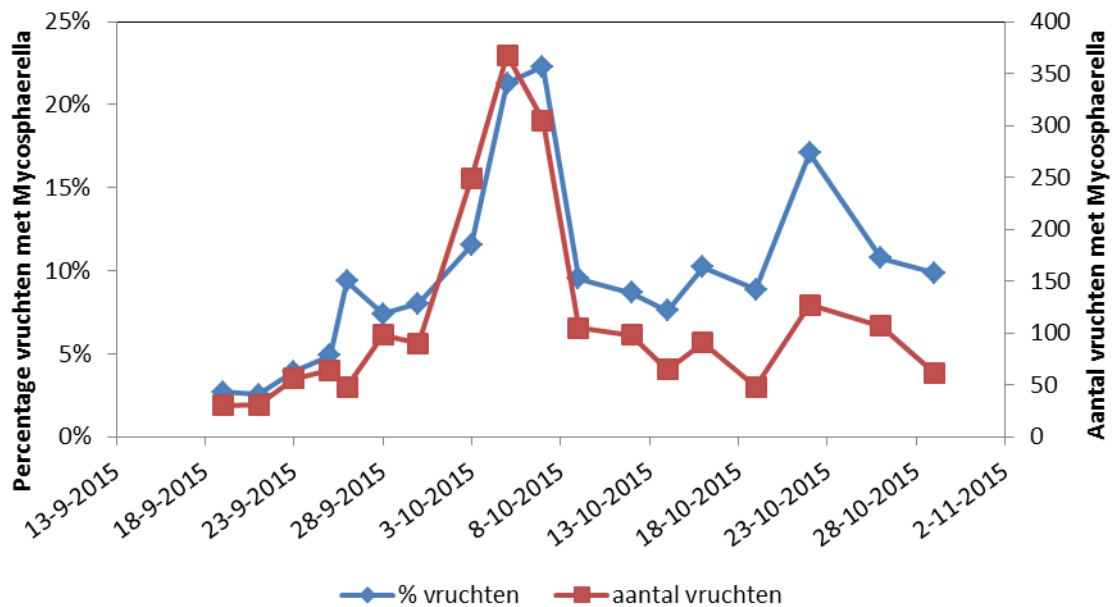
Mycosphaerella op de stengel. In de tweede teelt heeft de aantasting van Mycosphaerella geen noemenswaardig effect gehad op de productie en de kwaliteit van de vruchten.



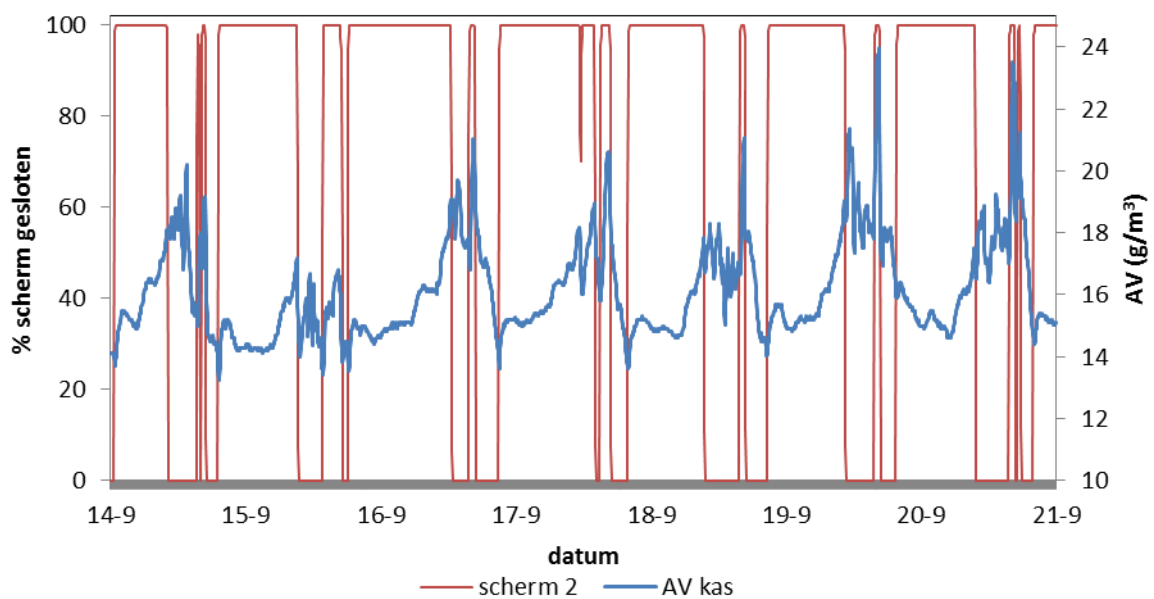
Figuur 3.16 Schimmel en vrijvocht op het gewas (vochtdruppel zichtbaar in beide afbeeldingen bij de pijltjes), beide foto's zijn genomen op woensdag 15 juli 2015.

De derde teelt kende daarentegen wel veel problemen met Mycosphaerella. In week 33 zagen we de ochtend druppels op het gewas (gutteren), waardoor er een minimumbuis op vocht is ingezet. Dit heeft in eerste instantie niet geleid tot infecties. In week 38 werden de eerste infecties op de stengel en de eerste aangetaste vruchten geconstateerd. Tot week 40 was de aantasting te overzien, maar vanaf dat moment was er een sterke piek in aantasting van de vruchten te zien tot boven de 20% (figuur 3.17). Om de hoge piek te verklaren hebben we gekeken naar bijzonderheden in het klimaat tijdens de aanleg van de bloemen (+/- 3 weken voor het oogsten). Figuur 3.18 toont het klimaat van week 38, een week waarin we overgingen van een zonnige periode naar een periode met weinig instraling. Dit zorgde voor een chaotische schermregeling op basis van de huidige instellingen: Op het moment dat het doek sloot op basis van de energiebesparende maatregelen nam de instraling toe en dit resulteerde in veel fluctuaties in het AV. Figuur 3.19 laat de dag van 17 september 2015 zien waarop de chaotische schermregeling duidelijk is weergegeven.

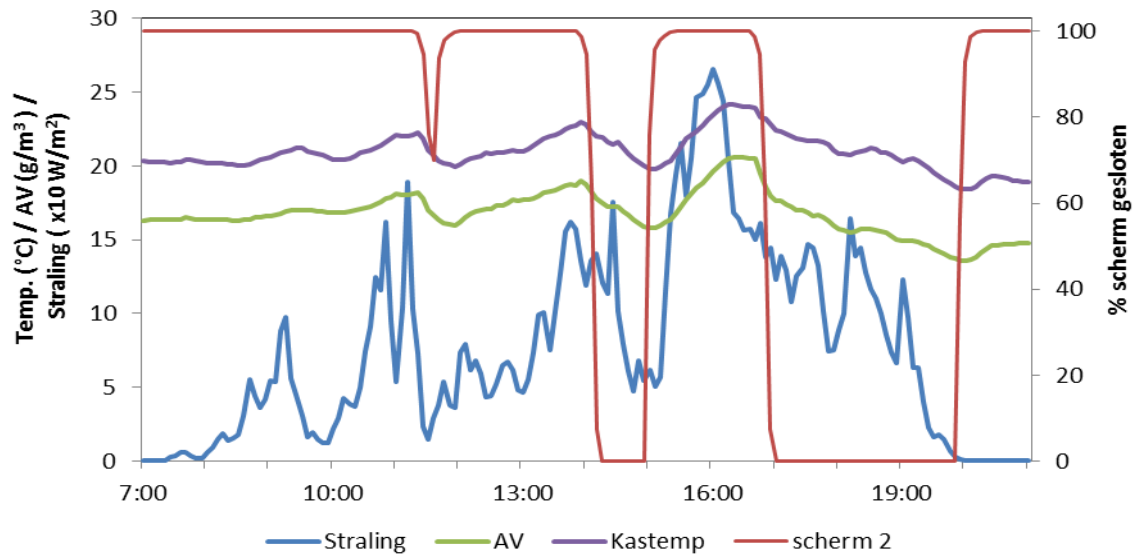
In het boek 'Het nieuwe telen' (Geelen et al. 2015) wordt Mycosphaerella toegeschreven aan onbalans in de plant in combinatie met verkeerde teeltmaatregelen. In de derde teelt hadden we in het begin een hoge plantbelasting en veel instraling, wat na week 36 zorgde voor een snelle afname van de plantenbelasting (van 3.9 kg/m² oogsten in week 36 naar nog slechts 1.8 kg/m² in de twee daarop volgende weken). Naar het einde van de teelt was er weer een kleine afname van de aantasting van Mycosphaerella maar toch bleef het aantal aangetaste vruchten rond de 10%. Vanaf week 40 verouderde het gewas snel. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat er in deze proef niet (preventief) is ingegrepen op Mycosphaerella. In een praktijksituatie waren in dit geval meer maatregelen tegen Mycosphaerella genomen. In deze proef hebben de grens opgezocht om te kijken op welk moment deze teeltstrategie niet toepasbaar is.



Figuur 3.17 Vruchtaantasting door *Mycosphaerella* in de derde teelt.



Figuur 3.18 Het klimaat van 14-9 tot 21-9 deze periode was een overgangperiode van een periode met veel instraling naar een periode met minder instraling en lagere temperaturen. Dit resulteerde in een wat chaotisch schermgebruik op basis van de gehanteerde scherminstellingen. De fluctuaties in het AV in deze periode hebben mogelijk bijgedragen aan de piek in *Mycosphaerella* aantastingen verderop in de teelt.

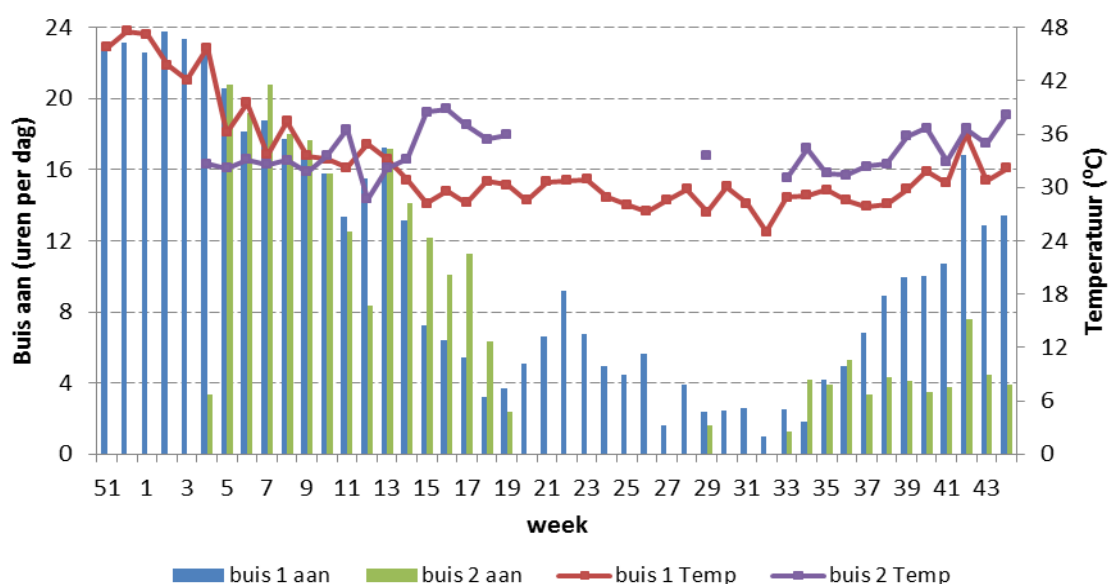


Figuur 3.19 Een uitgelichte dag (17 september 2015) van de chaotische schermregeling in week 38. Ten eerste blijft het scherm al lang dicht liggen, op het moment dat het scherm opent neemt de instraling toe en de temperatuur af waardoor het scherm weer sluit, de instraling neemt op dat moment weer toe en er is ook een duidelijke stijging van het AV, waarna het scherm weer open loopt en uiteindelijk weer sluit bij zon onder.

3.8 Energieverbruik en CO₂

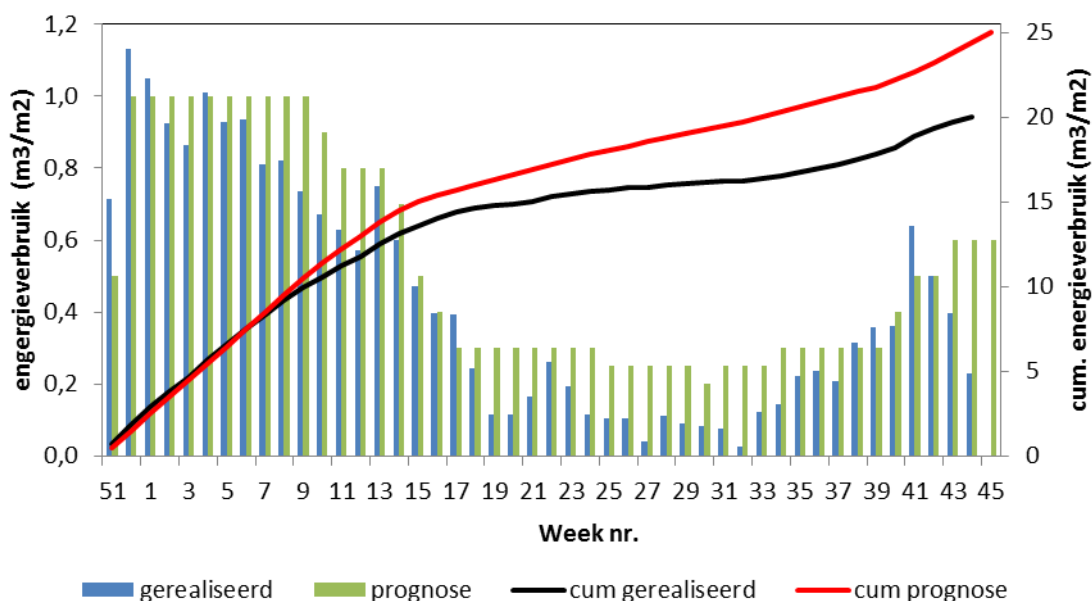
3.8.1 Energieverbruik

De doelstelling van het onderzoek is om een energiezuinige komkommerteelt te demonstreren. Voorafgaand aan de teelt is er een prognose gemaakt voor het energieverbruik per week op basis van meerjarige cijfers van het energieverbruik in praktijkteelten. De enige energie-input in de kommerteelt is de input van warmte. Om het gebruik hiervan te beperken is geen gebruik gemaakt van een vaste minimumbuis. In het begin van de proef is er alleen gewerkt met het ondernet. Omdat de nachten in deze periode erg koud waren werden de buizen erg heet en de RV in de kas erg laag, daarom is er vanaf week 4 besloten om de maximum buis te verlagen en het groeinete mee te laten lopen (figuur 3.20). De buis is gedurende de gehele teelt hoofdzakelijk ingezet om te verwarmen, en slechts op enkele kritische momenten om te ontvochtigen.



Figuur 3.20 Het aantal uren dat buis 1 (ondernet) en buis 2 (groeinet) aan zijn geweest en de gemiddelde temperatuur tijdens deze uren.

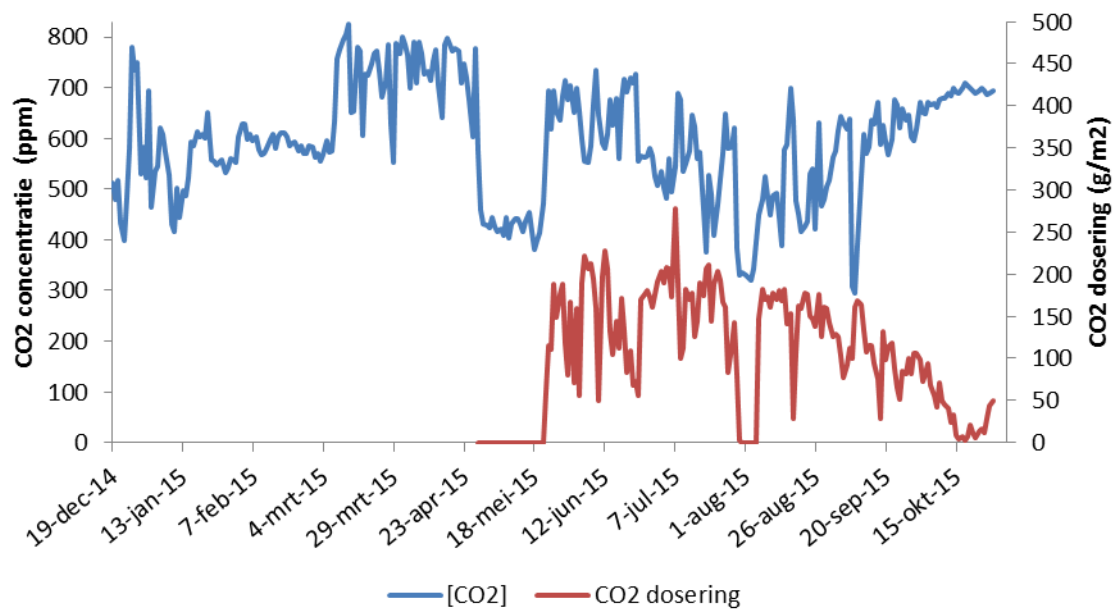
Uiteindelijk is de doelstelling van een energiezuinige komkommerteelt $25 \text{ m}^3/\text{m}^2$ energieverbruik ruimschoots gehaald met energieverbruik van $20 \text{ m}^3/\text{m}^2$ van begin eerste teelt tot eind derde teelt (figuur 3.21). Dit energieverbruik is op basis van het energieverbruik in de afdeling vermenigvuldigd met een correctiefactor om te corrigeren voor het grote gevel effect in de afdeling. De correctiefactor is vastgesteld gedurende de proef uitgevoerd in 2009 (De gelder et al. 2010), de hoogte van de factor hangt af van de temperatuur en varieert gedurende de teelt tussen de 0.8 en 1. Zonder correctie factor was het energie verbruik $23.4 \text{ m}^3/\text{m}^2$, nog ruimschoots onder de doelstelling. De eerste teelt nam met $14.7 \text{ m}^3/\text{m}^2$ verre weg het meeste energieverbruik voor zijn rekening. Dit hoge energieverbruik in de eerste teelt is te verklaren aan de hand van de koude nachten in combinatie met een schermregeling die nog niet optimaal functioneerde zoals eerder beschreven. Het energieverbruik in de tweede teelt was met $1.6 \text{ m}^3/\text{m}^2$ extreem laag door ik in deze periode lang door te schermen in de ochtend. De derde teelt is gerealiseerd met een energie input van $3.8 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Doordat later in de derde teelt de buitentemperaturen weer lager werden was er meer energie nodig om de kas op temperatuur te houden ten opzichte van de tweede teelt.



Figuur 3.21 Gerealiseerde en geprognoteerd energieverbruik per week en cumulatief.

3.8.2 CO₂

Wanneer de energie input beperkt is moet de CO₂ van een externe bron afkomstig zijn. De kosten voor het extra doseren van CO₂ zouden moeten worden omgerekend naar extra energieverbruik om een goede vergelijking met de praktijk te kunnen maken. Gedurende de eerste teelt is de hoeveelheid gedoseerd CO₂ niet vastgelegd, voor de tweede teelt en derde teelt is dit wel gebeurt. Gezien het relatief hoge energieverbruik in de eerste teelt is de externe input van CO₂ hier ook geen discussiepunt. De warmtevraag was zodanig dat dit resulteerde in voldoende beschikbare CO₂ voor dosering. CO₂ mocht gedoseerd worden vanaf zonsopgang bij een instraling $> 100 \text{ W}/\text{m}^2$, waarbij $150 \text{ kg}/\text{ha}/\text{uur}$ de maximale dosering is. Wanneer de CO₂ concentratie in de kas hoger is dan 700 ppm wordt er niet meer gedoseerd. In de tweede en derde teelt zijn respectievelijk 10.6 en $8.3 \text{ kg}/\text{m}^2$ CO₂ gedoseerd (figuur 3.22). Als we dit omrekenen naar gasverbruik ($1.0 \text{ m}^3/\text{m}^2 = 1.8 \text{ Kg}/\text{m}^2 \text{ CO}_2$) komt dit neer op $5.9 \text{ m}^3/\text{m}^2$ en $4.7 \text{ m}^3/\text{m}^2$ gasverbruik voor respectievelijk de tweede en de derde teelt. Wanneer we dit verminderen met de hoeveelheid gas die in de deze teelten is gebruikt zal dit resulteren in een extra gasverbruik van $5.1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ voor de totale teelt.



Figuur 3.22 Gemiddelde CO₂ concentratie (ppm) gedurende de dag periode en hoeveelheid gedoseerde CO₂ g/m² per dag.

4. Kennisoverdracht en communicatie

Een belangrijk onderdeel van het project was de kennisoverdracht van de waarnemingen, leerpunten en resultaten van de proef naar de praktijk. Op verschillende manieren werd hier gedurende het project aandacht aan besteedt.

Begeleidingscommissie

De intensieve begeleiding van de proef door teeltadviseur, een groep telers en participanten was een belangrijk onderdeel voor het uitvoeren van de proef. Tweewekelijks was er een bijeenkomst waarbij de proef werd bezocht en er vervolgens intensief werd gediscussieerd over de stand van het gewas en het klimaat. In de tussenliggende week was er over het algemeen ook een groot deel van de begeleidingscommissie aanwezig. De aanwezige telers rouleerden tijdens de proef en iedere bijeenkomst was er minimaal één teler aanwezig. Van alle bijeenkomsten werd er een rapport gemaakt en deze werd verspreid onder alle betrokkenen bij het project. Daarnaast was er de mogelijkheid om de teelt te volgen via Letsgrow.com en werd er een weekrapport verstuurd met daarin het gerealiseerde klimaat werd vermeld en de status van de doelstellingen werd weergegeven.

Nieuws items en artikelen

Gedurende de proef zijn er meerdere artikelen geplaatst om het verloop van de proef naar een breder publiek te communiceren, hieronder vindt je een overzicht van de geplaatste nieuws items en artikelen;

Onder Glas

- Velden, P. van, 2015. HNT komkommer in de praktijk: 'Balans vinden tussen vocht afvoeren en energie besparen. Onder Glas 12 (1): 25
- Velden, P. van, 2015. HNT Komkommer in de praktijk: 'Nauwelijks ziektedruk onder dubbele energieschermen'. Onder Glas 12 (8): 29.

Website kas als energiebron

- Han v.d. Helm: Weinig schimmels in komkommerproef (Aat Dijkshoorn, 29-4-2015)
- Maximaal uren schermen voor maximale energiebesparing (Piet Hein van Baar, 4-6-2015)
- Op de goede weg in onderzoek Het Nieuwe Telen Komkommer (Rick van der Burg, 23-9-2015)
- Veel belangstelling voor energiebesparing komkommer tijdens Open Dag (Aat Dijkshoorn, 2-10-2015)

Open dagen

Tijdens de proef zijn er twee openmiddagen georganiseerd. Op deze twee middagen werd middels meerdere presentaties ingegaan op de doelstellingen van de proef en de gerealiseerde resultaten en werd er een bezoek gebracht aan de proefkas.

De eerste open dag vond plaats op woensdag 8 april, op het moment dat de eerste teelt al ver gevorderd was en de tweede open dag vond plaats op donderdag 1 oktober, op het moment dat het einde van de proef in zicht was. De eerste openmiddag was al goed bezocht, maar de open dag op 1 oktober was met ruim 125 bezoekers waarvan hoofdzakelijk teler een groot succes.

Tijdens het Energiek Event op 26 maart 2015 is de proef open geweest voor bezichtiging. Ook werd de proef geregeld bezichtigd tijdens rondleidingen op het Improvement Centre.



Figuur 4.1 Ewoud van der Ven geeft een toelichting bij de proef tijdens de open dag van 1 oktober.

5. Conclusies en Leerpunten

5.1 Schermgebruik

Gedurende de gehele teelt was het schermgebruik een discussiepunt: dit heeft uiteindelijk de schermstrategie vereenvoudigd en inzichten gegeven in de inzet van de schermen per teelt.

De eerste teelt kenmerkte zich door veel schermuren, waarbij het moment van openen een discussie punt was. In de eerste teelt opende het scherm uiteindelijk op basis van verschil in temperatuur boven het scherm en stooktemperatuur. Belangrijk hierbij is dat het beschikbare licht in het voorjaar benut wordt door het scherm op lichte dagen op het juiste moment te openen.

In de ochtend bleef het tweede scherm na zonsopkomst nog enkele uren dicht liggen op basis van verschil in stooktemperatuur en temperatuur boven het scherm. Hierdoor was er weinig warmte nodig om de kas vervolgens op te stoken. In de praktijk openen de schermen eerder om zoveel mogelijk licht in de kas te krijgen: meer licht = meer productie. Het langer doorschermen in de ochtend heeft niet geleid tot een productie die lager was dan de prognose.

In de zomer werden de schermen hoofdzakelijk ingezet om een teveel aan instraling op de dag weg te schermen. Door de schermen met overlap te sluiten bleef de RV op een beter niveau en bleef het CO₂ beter in de kas, waardoor op deze manier een groeizamer klimaat werd gecreëerd.

Op het moment in het najaar dat de instraling afneemt en de temperaturen omlaag gaan creëren we dezelfde situatie als in het voorjaar: het scherm blijft op de dag lang dicht liggen, maar nu kan dit te lang zijn. De hoeveelheid instraling is in deze periode te beperkt en moet maximaal worden benut waardoor het scherm in deze periode ten minsten een aantal uren geopend moet zijn op de dag.

Om vocht af te voeren is luchten boven het scherm aan de windzijde effectiever dan luchten aan de luwe zijde. Het is wel belangrijk dat wanneer het doek vervolgens weer opent de ramen sluiten om kouval te voorkomen. Dit is momenteel nog niet standaard in de software van veel klimaatcomputers. De hoeveelheid vocht dat daadwerkelijk wordt afgevoerd wordt bepaald door de luchtvochtigheid in de kas, de luchtvochtigheid buiten en de hoeveelheid lucht dat wordt uitgewisseld. Vanuit deze gegevens kan de vochtafvoer worden berekend en hiermee kan de wijze van ventileren nog verder geoptimaliseerd worden.

Over de gehele teelt genomen kunnen we concluderen dat het open sturen van het scherm op verschil in stooktemperatuur en temperatuur boven het scherm een goede regeling is. In de periodes met weinig instraling in het najaar moet deze regeling wel kritisch worden bekeken om de instraling in deze periode wel optimaal te gebruiken. Het resultaat aan het einde van de teelt is dat er 3173 uur en 4255 uur geschermd is met respectievelijk het bovenste scherm en het onderste scherm voor energiebesparing. Aanvullend zijn beide schermen 350 uur met overlap ingezet om te schermen tegen instraling.

5.2 Energieverbruik

De energiedoelstelling is met een energie input van 20 m³/m² en een behaalde productie van 184 stuks ruimschoots gerealiseerd. Het feit dat er veel bespaard is door de juiste schermstrategie en deze aan het begin van de eerste teelt nog niet optimaal was betekent dat het resultaat nog positiever kan. Bij dit energieverbruik moet worden opgemerkt dat de beschikbaarheid van CO₂ van een externe bron een voorwaarde is.

5.3 Mycosphaerella

Gedurende de eerste en tweede teelt is Mycosphaerella nauwelijks een probleem. De derde teelt was er echter een behoorlijke druk van Mycosphaerella wat ook resulteerde in veel aangetaste vruchten. Wanneer we kijken naar het klimaat is zowel in de tweede als derde teelt er vochtig geteeld, waardoor de aantasting van Mycosphaerella in de derde teelt niet alleen verklaard kan worden door het vochtige kasklimaat. Het schokkerige klimaat in week 38 en de onbalans die wordt gecreëerd door de afnemende instraling hebben hier waarschijnlijk aan bijgedragen. Waar de echte oorzaak ligt van het ontstaan van Mycosphaerella in deze teelt en of de energiezuinige teeltwijze hieraan heeft bijgedragen is echter niet aan te tonen. Hiervoor zullen de infectie omstandigheden beter doorgrond moeten worden.

6. Literatuur

- De Gelder, A. ; Sterk, F. ; Grootsholten, M. ; Kieviet, J. 2010
Het Nieuwe Telen: Energie onder de knie : Komkommer. Wageningen UR Glastuinbouw rapport GTB-1013.
- Hofland-Zijlstra, J. ; van Genuchten, M.A. ; Dik, A. 2011
Grip op Mycosphaerella in Komkommer. Wageningen UR Glastuinbouw rapport GTB-1070.
- Geelen, P.A.M. ; Voogt, J.O. ; Van Weel, P.A. 2015
De Basisprincipes van 'Het Nieuwe Telen'.

Bijlage I Teeltverloop

Het onderstaande overzicht is gemaakt op basis van de wekelijkse BCO verslagen van Ewoud van der Ven en de teeltverslagen van Rick van der Burg,

Eerste teelt

Week 51: Op 18 december zijn de planten op de mat gegaan.

Week 52: De inworteling van de planten verloopt niet erg vlot, sommige matten lijken ook wat droog aan de bovenkant, dit bleek achteraf veroorzaakt door dat deze verkeerd waren ingehoesd. Om te zorgen dat de matten wat gemakkelijker inwortelen krijgen de planten vanaf nu 2 beurten/dag. De kop is redelijk, en de kleur vrij goed.

Week 2: Nog steeds niet alle planten staan even vast op de mat. De stand van het gewas wordt over het algemeen als goed beoordeeld. Bij veel planten bloeit de eerste vrucht op het achtste blad, met uitzondering van de laatste rijen tegen de buitengevel deze blijven iets achter t.o.v. de rest van de kas.

Week 3: De eerste vrucht is uitgegroeid en ontwikkeld vrij goed, de tweede bloeit. De planten zijn zo goed als allemaal aan de draad en worden gekopt. De ranken groeien wat traag, dit is waarschijnlijk het gevolg van nog steeds 1 beurt per dag, wat resulteert in een vrij hoge mat EC. De watergift wordt verhoogt om per dag 15-25 % drain te realiseren.

Week 4: De eerste twee vruchten ontwikkelen voldoende. Ook de uitgroei van de ranken is verbeterd.

Week 5: De eerste komkommers zijn deze week geoogst. De opvolging van de vruchten en de groei van de ranken is goed.

Week 6: De tweede vrucht is bijna klaar om te worden geoogst, maar derde vrucht blijft bij de meeste planten achter. Het ontwikkelen van de vierde vrucht verschilt per plant, bij de meeste planten ontwikkeld die wel, maar er zijn ook planten waar de vierde vrucht niet ontwikkeld. De koppen van de ranken zijn zwaar, de vrucht op de ranken is nog niet ver doorontwikkeld en de vruchtbeginsels ogen zwak. Het gewas toont erg vegetatief. Bij elke plant wordt de grootste rank deze week gekopt.

Week 7: Het gewas is weer wat meer in balans, maar nog steeds erg vegetatief.

Week 8: Er is wat verschil in gewasontwikkeling tussen de voorste en de achterste helft van de rijen. Achterin zijn de rankvruchten wat verder ontwikkeld. De plantbelasting is momenteel behoorlijk, waardoor er niet veel groei in het gewas zit, hierdoor kan ook de vruchtgroei geremd worden.

Week 9: Het gewas staat redelijk in balans. De productie is redelijk en er hangen voldoende vruchten aan het gewas. De groei is nu wat minder, maar er zijn voldoende scheuten aanwezig, waardoor de plant weer door zal gaan groeien.

Week 10: Het gewas staat redelijk in balans. De productie is goed. Er hangen voldoende vruchten van alle stadia in het gewas.

Week 12: We hebben op dit moment te maken met een gewas dat in 1 keer veel vruchten aanmaakt, doordat er geen goede opvolging was van de stamvruchten naar de rankvruchten.

Week 14: Er hangen voldoende vruchten, maar ook veel oude vruchten. De oude vruchten zo snel mogelijk wegoogsten. Er moet gezorgd worden voor meer licht in het gewas. Om de vruchten tijdig te oogsten zal er iedere dag geoogst moeten gaan worden.

Week 15: De gewasstand is goed. Het even tussen groei en bloei is goed en er zijn voldoende vruchten van alle stadia aanwezig.

Week 16: Na twee weken van hoge product ziet het gewas er uitgeleefd uit. De planten die bijna leeg staan laten moeizaam hergroei zien.

Week 17: Het gewas heeft zich in de verrassend goed hersteld in de afgelopen weken en heeft een goede productie gegeven.

Week 18: Op dinsdag 28 April zijn de laatste vruchten geoogst.

Tweede teelt

Week 18: Donderdag 30 april 2015 is er geplant (zaaidatum: 10 april 2015) voor de tweede teelt, de planten zijn teleurstellend klein: 3 bladeren en +/- 15 cm.

Week 19: De planten zijn goed gegroeid, het blad is wel erg breed, de kop is niet al te dik, en gezien de gehanteerde teeltstrategie valt de rek in de plant toch tegen.

Week 20: De eerste komkommers bloeien, de planten hebben 12 bladeren en de kop is niet al te zwaar.

Week 21: Het gewas is bijna aan de draad. De eerste vruchten dikken goed, totaal ongeveer 17 stamkommers. Dubbele vruchten worden nog verwijderd, m.u.v. de laatste 3 oksels.

Week 22: Er is afgelopen week begonnen met oogsten, de vruchten groeien in nette regelmaat uit. Het gewas is gekopt en aan de draad vastgezet. Door de afdeling heen zijn de ranken wat ongelijk en wat aan de zwakke kant, wat het gevolg kan zijn van te veel dubbele vruchten bij de bovenste bladeren.

Week 23: gewas staat goed, ranken ontwikkelen nu goed.

Week 24: Het gewas staat goed, de stam is zo goed als leeg en de eerste rankvruchten ontwikkelen goed.

Week 25: De stand van het gewas is goed. Veel vruchten en de kwaliteit is goed.

Week 26: De gewasstand is wat wisselend, er is niet heel veel groei. Er zijn wat plekjes Botrytis en mycosphaerella op de stengel aanwezig. Ook een aantal vruchten zijn aangetast door Mycosphaerella.

Week 27: Productie is prima. Er hangen nog wel wat oude vruchten met mycosphaerella, deze moeten worden weggehaald.

Week 28: De oogst is wat minder deze week. Er hangen niet veel komkommers, maar er is voldoende groei en bloei. Er zijn wat plekjes met Botrytis.

Week 29: Het gewas is wat onoverzichtelijk en vol, de productie lijkt matig, er hangt nog wel redelijk wat vrucht aan. Er zijn stengels met veel plekken mycophaeerella zichtbaar, in oude kleine vruchten is mycophaeerella zichtbaar, in de jonge vruchten erg weinig.

Derde teelt

Week 31: Donderdag 30 juli 2015 is er geplant (zaaidatum: 30 juni 2015) voor derde teelt, het is een mooie stevige plant met een prima lengte.

Week 32: De planten groeien goed en de verwachting is om over ongeveer een week de eerste komkommers te oogsten. Er zijn een aantal planten die last hebben van Pythium, deze planten worden naast een standaard behandeling met Previcur extra aangegoten.

Week 33: Planten staan er sterk op, halverwege de week zag je in de ochtend dat er druppels op de bladeren ontstonden (gutteren), om dit te voorkomen is er een minimumbuis op vocht ingezet. De planten met Pythium lijken zich goed te herstellen. Om de ontwikkeling van deze planten te stimuleren is de plantbelasting wat verlaagd door het weghalen van vruchten.

Week 34: De eerste komkommers zijn geoogst, de uitval van Pythium zet toch nog iets door met name in de tralie tegen de buitengevel aan.

Week 35: De Pythium is onder controle, waar planten zijn uitgevallen hebben we nieuwe geplant om een goede kasvulling te houden. De ranken tonen wat licht en slank in de kop, we verwachten dat dit hersteld als de laatste stamvruchten eraf zijn.

Week 36: De stamvruchten zijn er bijna af, pythium en mycos zijn goed onder controle

Week 37: De eerste rankvruchten zijn geoogst, de verwachte groei van de ranken nadat de stamvruchten eraf zijn heeft zicht duidelijk laten zien.

Week 38: Door de overgang van stamvruchten naar rankvruchten hangt het gewas erg vol. We constateren wat vruchten met mycos en wat aantasting op de stam van zowel bycos als Botrytis.

Week 39: Ondanks dat we donkere dagen hebben gehad staat er een redelijk gewas, de druk van mycos en Botrytis is niet toegenomen.

Week 40: Het gewas verouderd nu snel en de mycos is de afgelopen week sterk toegenomen.

Week 41: Begin van de week veel mycos vruchten geoogst, richting het einde van de week werd dit minder.

Week 42: Het gewas is op, in de praktijk zal de afweging gemaakt worden om te stoppen, de energie die er nog wordt ingestopt weegt niet meer af tegen het aantal komkommers dat we oogsten. Om de proef af te maken gaan we nog wel twee weken door.

Week 43: Volgende week oogsten we nog twee keer en dan is de teelt ten einde.

Bijlage II Meting lichttransmissie kasdek en schermen

Doel

Het doel van de meting was het meten van de lichttransmissie van de kas en de schermen. De meter is uitgevoerd op 13 januari 2015 door Maarten Klein.

Uitvoering

Gedurende de metingen was het lichtniveau vrij constant, het was het zwaar bewolkt weer met regen; Door de bewolking komt het licht van alle kanten, het is dus een lichtmeting onder licht-diffuse omstandigheden.

Buiten is een vaste opstelling geplaatst ongehinderd door schaduwwerking; GrowWatch + dubbele PAR sensor. Eerst is de hand PAR meter geijkt op de buitenwaarde van de gekalibreerde GrowWatch.

Met de Li-COR LI-250A hand PAR meter zijn de kasmetingen uitgevoerd. Deze zijn eerst op een vast punt boven het gewas gemeten, op 3 meter vanaf de grond. Daarna zijn 12 punt metingen gedaan, waarvan een gemiddelde is genomen. De verschillende punt metingen waren in 2 paden in de middenkap, 10 meter vanaf het pad en tot 10 meter van de gevel.

Resultaat

De lichttransmissie van de kas:

Buitenwaarde gelogd:	168 micromol par/ seconde/ vierkante meter.
Binnenwaarde gemeten met schermen open:	120 micromol par/ seconde/ vierkante meter.
Verschil	48 micromol par/ seconde/ vierkante meter.
Transmissie:	71%

De gemeten lichttransmissie van de schermen:

Binnenwaarde gemeten met schermen open:	120 micromol par/ seconde/ vierkante meter.
Bovenschermsloten:	94 micromol par/ seconde/ vierkante meter.
Bovenschermsloten + Onderschermsloten:	76 micromol par/ seconde/ vierkante meter.
Transmissie bovenschermsloten:	78%
Transmissie boven + onderschermsloten:	63%

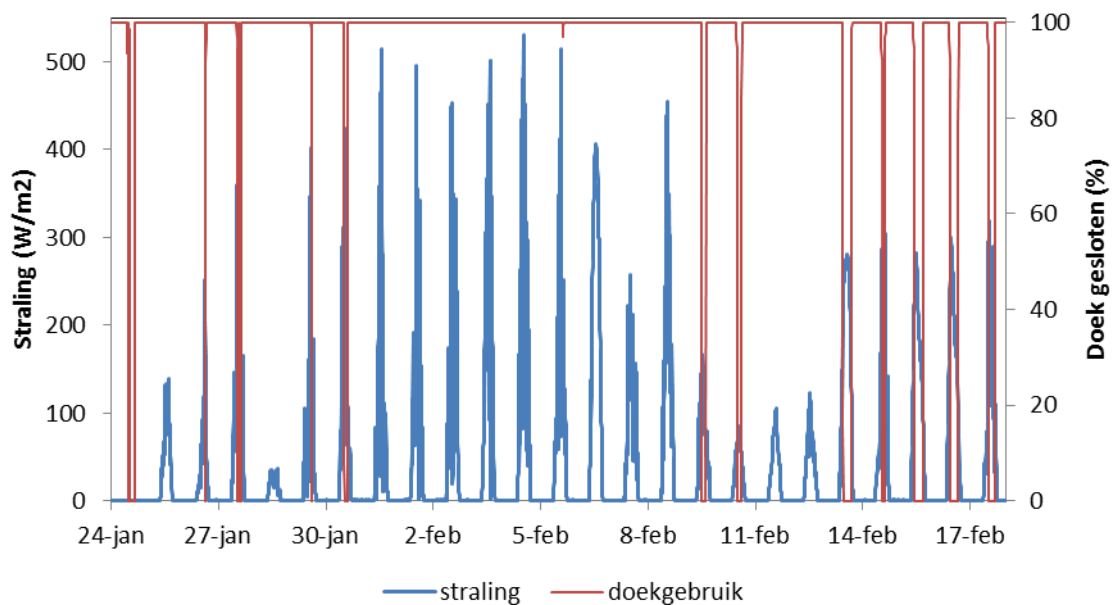
Bevinding:

De gevonden waarden komen zijn iets hoger als de door fabrikant opgegeven specificaties met betrekking tot de lichttransmissie bij bewolkt weer / onder licht-diffuse omstandigheden.

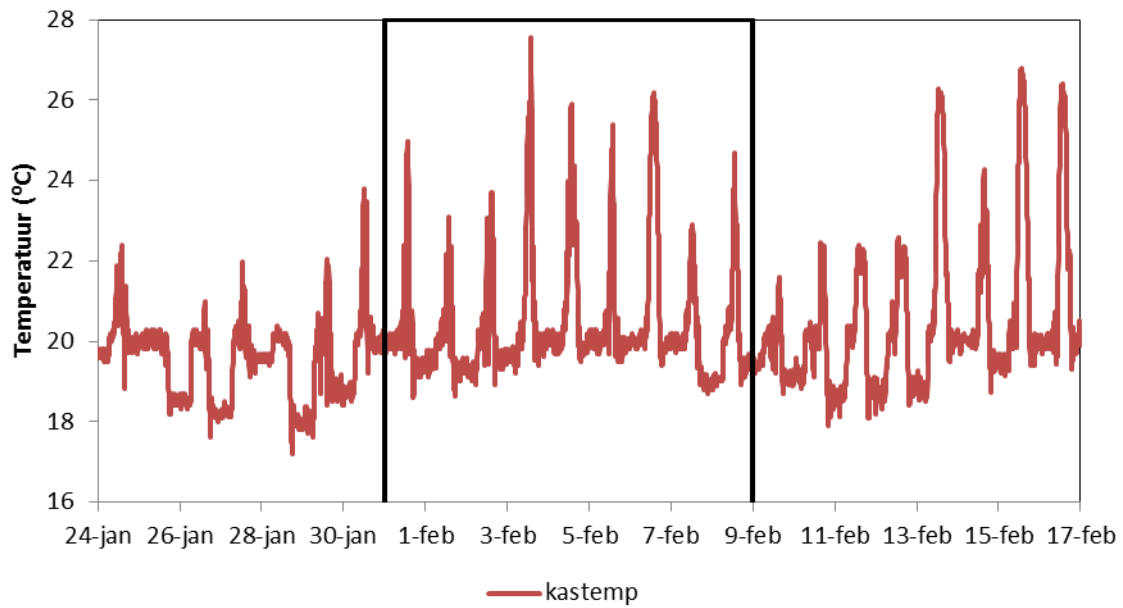
Deze specificaties zijn: berekend op bovenschermsloten: 76% en boven + onder gesloten op 61%

Bijlage III Scherm volledig gesloten

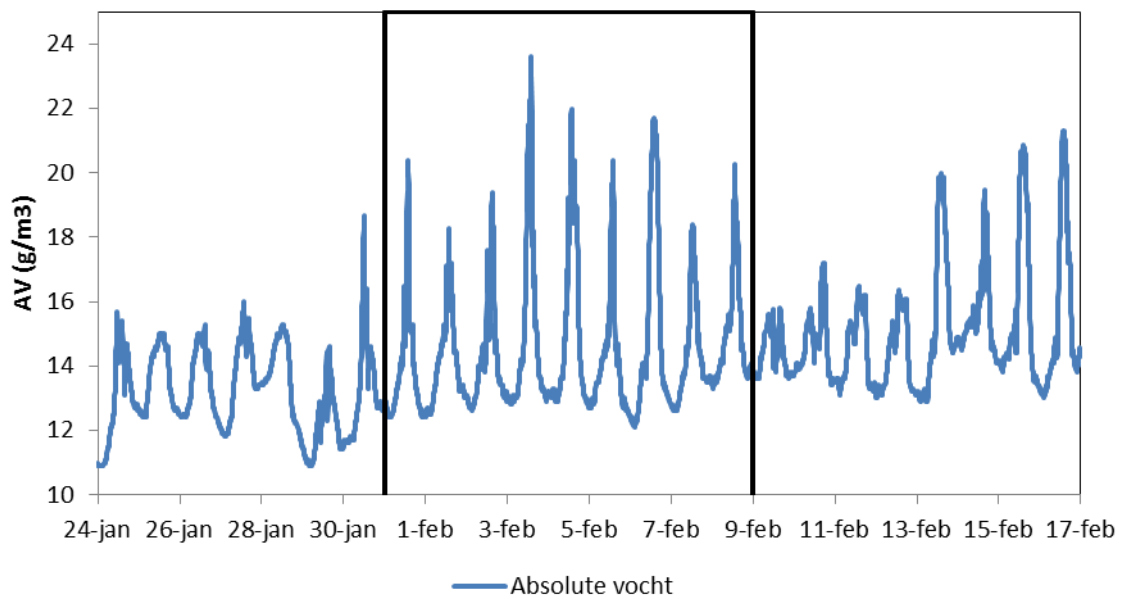
In de periode van 30-1-2015 t/m 9-2-2015 is het tweede scherm (onderste scherm) volledig gesloten gebleven. De aanleiding hiervoor was dat de het energieverbruik in de eerste periode tegenviel. Daarnaast mochten in deze proef de extremen worden opgezocht, om te kijken hoever we kunnen gaan. Het sluiten van het scherm zorgde gedurende de dag voor een klimaat met hogere temperaturen en hogere luchtvochtigheden (Figuur I.2 en Figuur I.3). Dit resulteerde erin dat het gewas erg vegetatief was geworden gedurende deze periode. Aan het einde van de periode waarin het scherm gesloten bleef werd geconstateerd dat veel vruchten niet goed waren doorkomen ('Tweede vrucht is bijna oogstbaar, de derde vrucht blijft bij de meeste planten achter'). In de week dat het scherm gesloten bleef was er een sterke toename van de instraling (Figuur I.1). Het sluiten van het scherm zorgde voor het wegschermen van de instraling, hierdoor werden omstandigheden gecreëerd met een hoge temperatuur en weinig instraling. De periode voordat het tweede scherm volledig werd gesloten was er erg weinig instraling, hierdoor was het slechts een korte periode geopend en bleef soms zelfs volledig gesloten. Het beschikbare licht in de week van 31 januari tot 9 februari hadden we in dit geval dus goed kunnen gebruiken voor het goed uitgroeien van de stamvruchten. In dit geval was de focus van de energiebesparing dus te groot en is dit waarschijnlijk ten koste gegaan van de productie, mede door de donkere periode hieraan voorafgaand. In de periode na 9 februari zien we dat de instraling weer afneemt en ook op deze dagen het scherm volledig gesloten blijft. Vanaf 14 februari neemt de instraling weer toe en wordt deze wel benut.



Figuur 1 Doekgebruik en straling voor de periode dat het doek 24 uur per dag gesloten, de week ervoor en de week erna.



Figuur 2 Kastemperatuur gedurende de periode dat het tweede scherm 24 uur/dag gesloten, de week ervoor en de week erna.



Figuur 3 Absoluut vocht gedurende de periode dat het tweede scherm gesloten was de week ervoor en de week erna.

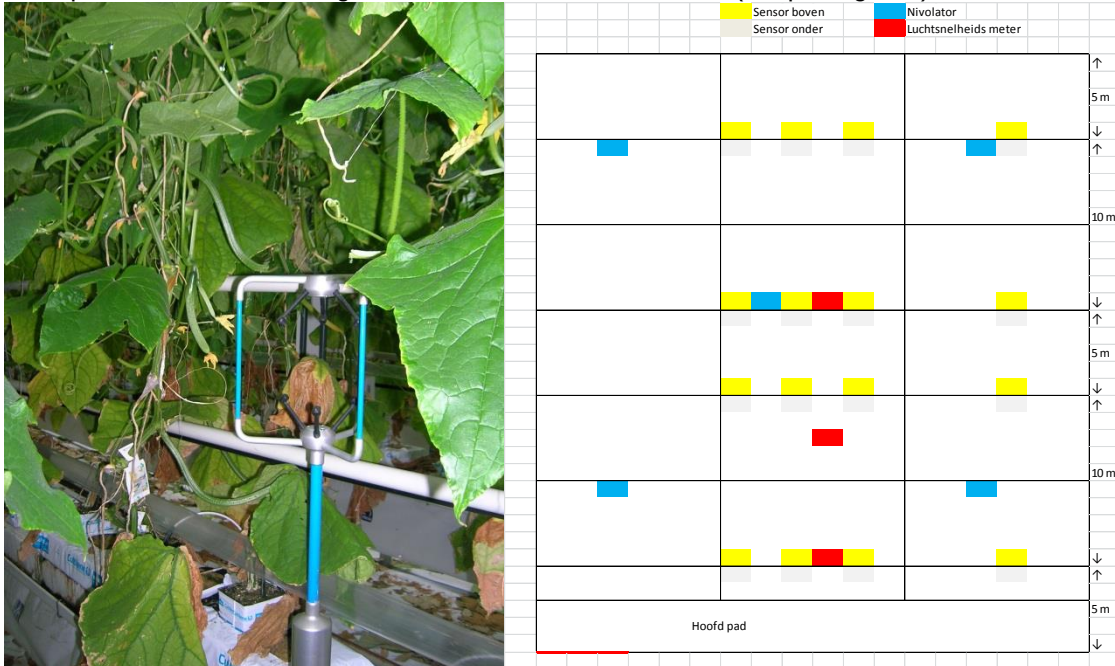
Bijlage IV Nivolatoren

Gedurende de teelt zijn er luchtsnelheidsmetingen gedaan, is er gemeten aan de temperatuurverdeling binnen de afdeling en is er een rookproef. De opzet, uitvoering en resultaten hiervoor zijn uitgebreid beschreven door Arie de Gelder.

1. Luchtsnelheidsmetingen

Opzet

Van 14 juli tot en met 27 juli 2015 is in de komkommerproef de luchtsnelheid gemeten met 3 anemometers (Gill Instruments Model 1590-PK-020). Deze sensoren zijn in de middelste kap in één gewasrij geplaatst op ca. 60 cm boven de teeltgoot. De meters stonden tussen de onderzijde van het gewas (Figuur III.1). De sensoren stonden op ca. 7.5 meter van elkaar. De eerste ter hoogte van de eerste tralie gezien vanaf het betonpad, de laatste ter hoogte van de tralie met de Nivolator (Zie plattegrond).



Figuur 4 Anemometers tussen het gewas geplaatst (links) ; Plattegrond met locatie van de nivolators, luchtsnelheidsmeters en temperatuursensoren.

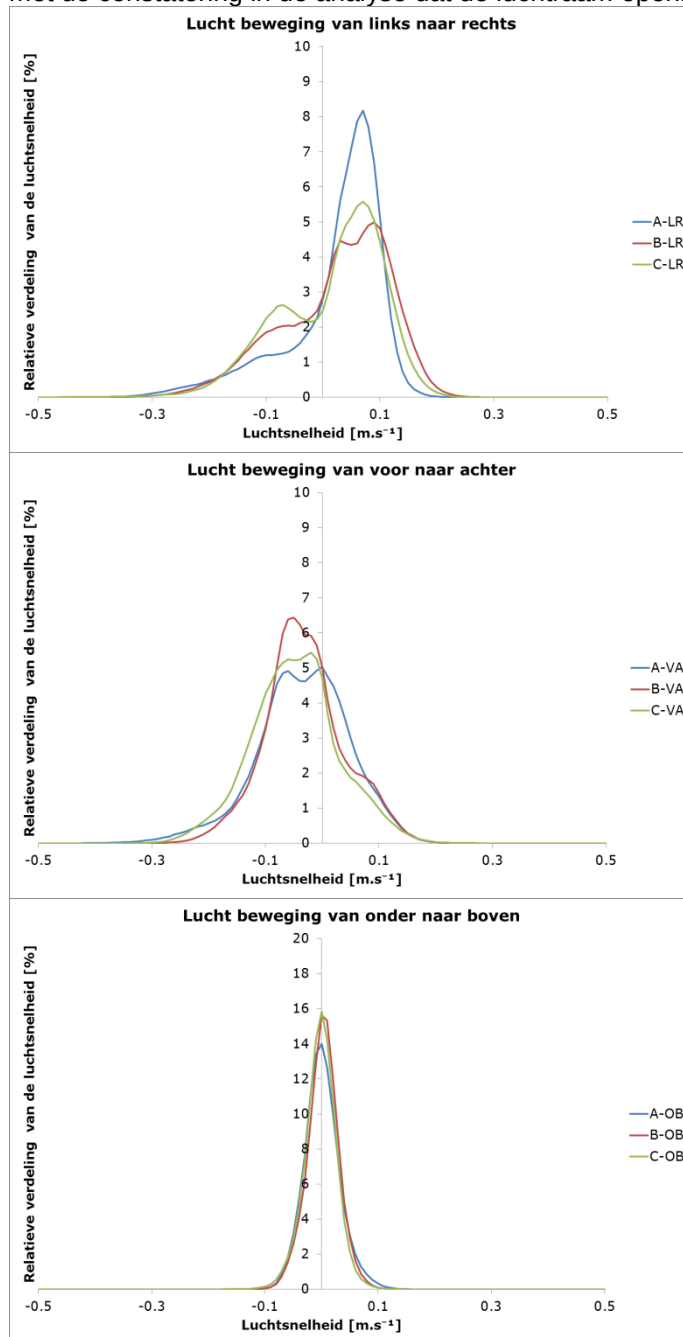
De data van de sensoren zijn per seconde gelogd op een PC, totaal meer dan 1 miljoen records per sensor. Via de kasklimaatcomputer zijn per 5 minuten gegevens geregistreerd van buistemperatuur, raamstand, stand nivolator, stand van de doeken en de windsnelheid buiten. Van deze factoren wordt verwacht dat ze de luchtbeweging in het gewas kunnen beïnvloeden. De anemometers registreren de luchtbeweging in 3 richtingen, zodat er een richting en snelheid van de luchtbeweging kan worden berekend. In de analyse is gekeken naar de gemiddelde snelheid per 5 minuten ongeacht de richting in relatie tot de kasklimaatparameters. Daarnaast is voor de horizontale bewegingen en de verticale beweging een verdeling richting van de luchtbeweging en de snelheid daarvan gemaakt (Histogram van de seconden waarnemingen). De algemene snelheid is altijd een positief getal. De snelheid in horizontale richting en verticale richting kan positief en negatief zijn afhankelijk van de richting.

Resultaten en discussie

Uit analyse van de gemiddelde luchtsnelheid per 5 minuten blijkt dat de windsnelheid buiten de kas de belangrijkste verklarende factor is voor de luchtsnelheid in de kas. In de analyse waren verder betrokken: de buistemperatuur, raamstand luwe zijde en raamstand windzijde, doekstand van doek 1 en doek 2 en de stand van de nivolator. De relatie tussen gemeten luchtsnelheid en de overige mogelijk verklarende factoren is zwak. Na de windsnelheid geeft de raamstand luw de grootste bijdrage aan de verklaring van de gemeten luchtsnelheid. Alle andere factoren hebben een zeer klein verklarend effect. Tussen de drie sensoren is er weinig verschil.

Als van de seconden metingen een histogram wordt gemaakt van aantal metingen op basis van de snelheid dan blijkt dat luchtbeweging vooral in het horizontale vlak wordt gemeten en niet van boven naar beneden. Uit de histogrammen is zonder aanvullende informatie niet te zien of de nivolators aan of uit stonden.

Alleen bij Sensor C lijkt het zo dat als de nivolator uitstaat er meer luchtbeweging is van rechts naar links en als de nivolator aanstaat van links naar rechts. Als gekeken wordt naar de luchtbeweging in de nacht tussen middernacht en 4 uur 's morgens dan is de luchtbeweging meest van links naar recht, met uitzondering van één nacht. In die nacht is de beweging met ver geopende luchtramen van rechts naar links. Dit komt overeen met de constatering in de analyse dat de luchtraam opening een effect had op de luchtstroming in de kas.



Figuur 5 Histogrammen van de relatieve verdeling van de luchtsnelheid in m/s gemeten per seconde. Aantal metingen $N > 1 \cdot 10^6$.

Conclusie

De luchtsnelheidsmetingen laten geen duidelijk effect van de nivolator op de luchtbeweging zien. Het is aan te bevelen om de luchtbeweging onder gesloten scherm en met de nivolatoren aan en uit te bekijken met een rookproef. De verwachting is dat dan vooral luchtbeweging boven het gewas is te zien – die is nu niet gemeten-, vervolgens vooral luchtbeweging in de paden – ook niet gemeten- en pas daarna een zwakke luchtbeweging door het gewas die vooral in het horizontale vlak is te zien.

2. Temperatuurverdeling in de afdeling

Opzet

In de komkommer proef is van 16 juni tot 26 juli met 32 Agrisensys draadloze temperatuur en luchtvochtigheid sensoren de temperatuur en luchtvochtigheid verdeling in de kas gemeten. De sensoren hingen in een grid van 4 X 4 sensoren (Figuur III.1) direct onder de onderste groeibuis en tussen het gewas ter hoogte van de gewasdraad.

De luchtvochtigheid was gemiddeld zo hoog dat de sensoren veelvuldig 100% relatieve luchtvochtigheid aangaven. Dit is te hoog voor de specificaties van deze sensoren, daarom worden de gegevens daarover buiten beschouwing gelaten.

De temperatuurmetingen zijn opgeslagen per 5 minuten en kunnen in principe vergeleken worden met de metingen van de kasklimaat meetbox. Omdat de Agrisensys sensoren niet geventileerd worden is er overdag een invloed van straling op de temperatuur meting te zien. De meting van de temperatuur is vooral gedaan om te zien wat het effect van de nivolatoren op de temperatuur verdeling is. In de analyse is daarom gekeken naar de temperatuur verdeling van middernacht tot 4 uur. De vraag is wat is de verdeling van de temperatuur in die periode en wat is het effect van de nivolator op de temperatuurverdeling.

Resultaten

De temperatuur onderin is 's nachts gemiddeld hoger dan bovenin het gewas. De temperatuur rechts achter in de kas is zowel bovenin als onderin het laagst. Van voor naar achter is er een duidelijke trend naar een lagere temperatuur. De buitenste rij rechts is duidelijk het laagst. Dit was twee gewasrijen vanaf de buitengevel.

Bij de temperatuur verdeling is er een effect van de nivolatoren te zien. Als de nivolatoren aanstaan in de nacht is er een groter verschil in temperatuur in de kas dan wanneer de nivolatoren uitstaan.

Tabel 1: De temperatuur verdeling in de kas boven en onder in het gewas van middernacht tot 4 uur 's morgens.

Boven						Onder					
	Links			Rechts	Gemiddelde		Links			Rechts	Gemiddelde
Achter	18.50	18.11	18.26	17.95	18.21	Achter	18.67	18.85	18.68	18.51	18.68
	18.58	18.30	18.27	18.34	18.37		18.98	18.98	18.79	18.98	18.93
	18.46	18.26	18.26	18.25	18.31		18.98	19.05	18.97	18.76	18.94
Voor	18.75	18.72	18.78	18.44	18.67	Voor	19.22	19.30	19.44	19.03	19.25
Gemiddelde	18.57	18.35	18.39	18.25		Gemiddelde	18.96	19.05	18.97	18.82	

Dit grotere verschil is waarschijnlijk het gevolg van de extra luchtstromingen langs de koude buitengevel en de warme binnengevel bij de afdeling met Lisianthus. Tussen voor en achter in de kas is er eveneens een verschil mogelijk als gevolg van de geveltemperatuur. Met de nivolator aan wordt de warmte afgifte van de verwarmingsbuizen aan de kopgevel verhoogd. In de analyse van de temperatuur is geen rekening gehouden met de stand van het scherm boven het gewas. Dit kon 100% gesloten zijn, maar ook volledig open.

Voor de verdeling van de luchttemperatuur blijkt dat de nivolatoren de temperatuur ongelijkheid in de nacht vergroten. Dit is tegengesteld aan wat werd verwacht. De oorzaak hiervan ligt waarschijnlijk in de invloed van de gevel temperaturen. De warme afdeling 5 met Lisianthus doet de temperatuur aan die kant stijgen. Terwijl de temperatuur vooral in de hoek met de beide buitengevels daalt. Dit effect wordt door de nivolator versterkt. Vooral in de koude hoek zal de luchtbeweging langs een koude gevel worden versterkt, waardoor er onderin kans is op een koudere plek.

Conclusie

De conclusie uit de temperatuur metingen is dat in de afdelingen van het Improvement Centre de gevel invloeden op de temperatuur verdeling met de nivolatoren wordt versterkt. Het is daarom aan te bevelen om bij grote bedrijven die met nivolatoren worden uitgerust de temperatuur verdeling goed te meten, zowel met de nivolatoren aan als uit en daarbij vooral te letten op de effecten langs de gevels.

Tabel 2 *Temperatuur ten opzichte van de gemeten laagste temperatuur gemiddeld tussen 0 en 4 uur. (In alle gevallen rechts achter in de kas).*

Nivolator: aan.

Boven						Onder					
	Links			Rechts	Gemiddelde		Links			Rechts	Gemiddelde
Achter	0.76	0.23	0.40	0.00	0.35		0.40	0.40	0.29	0.00	0.27
	0.99	0.49	0.46	0.37	0.58		0.74	0.62	0.42	0.51	0.57
	0.73	0.52	0.44	0.34	0.51		0.71	0.71	0.64	0.19	0.56
Voor	1.03	1.07	1.07	0.49	0.92		1.01	1.08	1.21	0.61	0.98
Gemiddelde	0.88	0.58	0.59	0.30			0.72	0.70	0.64	0.33	

Nivolator: Uit

Boven						Onder					
	Links			Rechts	Gemiddelde		Links			Rechts	Gemiddelde
Achter	0.48	0.14	0.28	0.00	0.23		0.08	0.31	0.14	0.00	0.13
	0.51	0.30	0.27	0.39	0.37		0.37	0.41	0.23	0.45	0.37
	0.43	0.25	0.26	0.29	0.31		0.38	0.48	0.39	0.25	0.38
Voor	0.72	0.67	0.75	0.49	0.66		0.60	0.69	0.83	0.48	0.65
Gemiddelde	0.54	0.34	0.39	0.29			0.36	0.47	0.40	0.30	

3. Rookproef

Aanleiding.

De gegevens van de temperatuurverdeling gemeten in de komkommer kas, waarbij met nivolatoren aan en schermen dicht er een grotere temperatuur gradiënt was van rechts achter naar links voor dan met nivolatoren uit. De veronderstelling was dat de nivolatoren dit temperatuur verschil juist zouden verkleinen.

Doel is om inzicht te krijgen in de stroming van de lucht in de kas.

De rookproef is uitgevoerd op 3 september tussen 7:10 en 7:40. De beide schermen zijn dicht, ook de gevel schermen bij de tussengevel en de buitengevel zijn gesloten. De nivolatoren staan aan. Deze situatie is al geruime tijd zo, zodat er sprake is van een normale bedrijfssituatie. De zon ging vandaag om 6:52 op. De waarnemingen zijn dus van kort na zonopkomst.

De rook is eerst in de middelste tralie midden voor tussen de komkommers gebracht. De rook trok langzaam omhoog door het gewas met daarbij een beweging naar de tussengevel met de lysianthus afd 5 die warm is. Dat was ook nog zo als de rook meer aan de rechterkant van de midden tralie werd in geblazen.

Als de rook recht onder de nivolator in de tralie bij de buitengevel werd ingeblazen ging de rook ook meer naar de kant van de tussengevel dan naar de buitengevel. Wel ging een deel van de rook langs de onderkant van het energiescherm naar de buitengevel.

Bij de buitengevel inblazen liet zien dat warme verwarmingsbuizen een invloed hadden. Zodra de rook hoger dan de buizen kwam zag je in de warmere lucht een versnelde luchtbeweging.

Bij de gevel naar de corridor dus in het hoofdpad leek meer naar de buitengevel de luchtbeweging naar beneden sterker dan bij de kant van de deur.

Rook geblazen in de buurt van de middelste nivolator in de kas bewoog ook meer naar de tussengevel dan naar de buitengevels. De beweging van voor naar achter was hier niet in een dominante richting.

De gevelinvloeden op de luchtbeweging lijken in deze kas inderdaad sterk. Deze zorgen voor een beweging waarbij de warmte zich ophoopt aan de kant van de lysianthus, terwijl het bij de buitengevel kouder blijft. De nivolatoren zorgen lokaal wel voor luchtbeweging zoals te verwachten. Zonder de nivolatoren is de luchtbeweging waarschijnlijk juist geringer en zijn de temperatuur verschillen kleiner, maar is er ook eerder sprake van een "dood" klimaat.

De verticale uitworp van de hoog hangende Nivolatoren zou door een verandering van de hoek van de schoepen beter kunnen worden. Nu was te zien dat de aanzuiging van de Nivulator door het gewas sterk was maar het uitblaaspatroon zou iets meer naar beneden gericht mogen. Door de aanpassing van de spoed van de ventilator wordt de uitblaas van de Nivulator meer naar beneden gericht en blijft de lucht minder aan het doek plakken (Coanda effect). Aangezien het gewas op flinke afstand van de ventilator hangt zou dit de doordringing van de lucht tussen het gewas bevorderen. Voor hoger groeiende gewassen kan dit te veel luchtstroom bij de koppen realiseren. Wanneer gekozen wordt om de schoephoek aan te passen moet dit wederom getest worden met een rookproef.

De rookproef bevestigt de veronderstelling dat er een overheersende luchtbeweging binnen de afdeling door invloed van de gevels is die de temperatuur verdeling beïnvloed. In deze "kleine" afdeling hebben de nivolatoren een stimulerend effect op de luchtbeweging, waarbij de temperatuur verschillen vergroot kunnen worden. In grotere afdelingen zal dit effect niet optreden, wel moet dan apart aandacht worden besteed aan de luchtbeweging bij de gevels.

Bijlage V Gebruik gewasbeschermingsmiddelen

Tabel 3 Overzicht van de gebruikte middelen, de werkzame stof en de manier en reden van toepassing.

Datum	Middel	Werkzame stof	Methode	Reden
9-6-2015	Vivando	metrafenon	Spuiten	Meeldauw
7-7-2015	Rocket	triflumizool	Lvm	Meeldauw
15-7-2015	Teldor	fenhexamide	Spuiten	Botrytis
17-7-2015	Rocket	triflumizool	Spuiten	Meeldauw
7-8-2015	Previcur	propamocarb + fosethyl-aluminium	Druppelen	Pythium
15-8-2015	Vivando	metrafenon	Spuiten	Meeldauw
24-8-2015	Rocket - Plenum	triflumizool / acetamiprid	Spuiten	Meeldauw
28-8-2015	Rocket	triflumizool	Spuiten	Meeldauw
2-9-2015	Rocket	triflumizool	Spuiten	Meeldauw
23-9-2015	Teldor / Ortiva	fenhexamide	Spuiten	Meeldauw
15-10-2015	Rocket / Teldor	fosethyl-aluminium	Spuiten	Meeldauw
21-10-2015	Rocket	triflumizool	Spuiten	Meeldauw

