



Paprika energie zuinig met goede kwaliteit

Arie de Gelder¹, Rick van der Burg² en Jeroen Zwinkels³

Rapport GTB-1434

1 Wageningen University en Research, business unit Glastuinbouw, 2. Delphy – Improvement Centre, 3. Delphy

Referaat

Wageningen UR Glastuinbouw en Delphy hebben op het Improvement Centre een teelt uitgevoerd met paprika -cultivar Maranello- met als doel:

- Telen met dubbel scherm gericht op een regeling gebaseerd op minimaliseren van uitstraling en voorkomen van klimaatschokken.
- Gas gebruik voor warmte is maximaal 20 m³/m².

De productie kwam op een normale tijd op gang. De plantbelasting is de hele teelt relatief hoog gebleven.

Dit heeft tot gevolg gehad dat de vruchten in de tweede helft van de teelt relatief klein bleven. De productie gemeten in de kas kwam op 35.8 kg.m⁻² met een gemiddeld vruchtgewicht van 189 gram.

Het gasgebruik kwam uit op 16.9 m³.m⁻². De etmaaltemperatuur is gemiddeld op 20°C + 2°C/1000 J.cm⁻².

dag⁻¹ gehouden. Een Luxous 1147 FR scherm is 4614 uur en een Luxous 1547 D FR scherm is 4186 uur 100 % gesloten geweest. Uit de metingen met een netto stralingsmeter blijkt dat er door het intensieve schermdoek gebruik vrijwel geen momenten zijn geweest met een grote uitstraling van het gewas naar de kas.

Onder de doeken is voor luchtbeweging gebruik gemaakt van nivolatoren, die een lichte luchtbeweging in het bovenste deel van het gewas realiseren. Er is vrijwel geen binnenrot gevonden.

De resultaten van dit experiment sluiten goed aan bij de gedachten van het nieuwe telen over plantbalans en het effect van uitstraling op het gewas. Het project is gefinancierd door kas als Energiebron.

Abstract

Wageningen UR Greenhouse Horticulture and Delphy conducted an experiment with sweet pepper -cultivar Maranello- on the Improvement Centre. Objectives were:

- Cultivate with a double screen in order to minimize radiation loss and to prevent climate shocks.
- Gas use for heating below 20 m³/m².

The production started at the normal time after planting. The plant load was relatively high throughout the growing cycle. This resulted in a relatively low average fruit weight in the second half of the growing period. The production measured right after harvesting was 35.8 kg.m⁻² with an average fruit weight of 189 grams.

The gas consumption amounted 16.9 m³.m⁻². The average daily temperature was around 20°C + 2°C / 1000 J.cm⁻².day⁻¹. A Luxous 1147 FR screen was 4614 hours fully deployed and a Luxous 1547 D FR screen was fully deployed for 4196 hours. The measurements of a net of radiation meter showed that because of the intensive screen use there have been almost no moments with a high net of radiation loss from the crop. Below the screens nivolators were used to realize a gentle air movement in the upper part of the crop. Hardly any infestation of fruitrot has been found. The results of this experiment fit well with the newly developed cropping strategies in "Het Nieuwe Telen" aiming on keeping a proper plant balance and the reduction of radiation losses from the crop. This project was funded by Kas als Energiebron.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1434

Projectnummer: 3742213100

DOI nummer: 10.18174/413253



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

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Aanpak en kas inrichting	9
	2.1 Teeltuitvoering en begeleiding	10
	2.1.1 Teeltverloop	10
3	Resultaten	11
	3.1 Klimaat instelling	11
	3.2 Buitenomstandigheden	12
	3.3 Gerealiseerd klimaat	12
	3.3.1 Dagverloop temperatuur	14
	3.3.2 Schermen	15
	3.3.2.1 Lichtverlies door gebruik schermen	16
	3.3.2.2 Schermen of krijtmiddelen	17
	3.3.3 Netto straling	18
	3.3.4 Temperatuur verdeling	19
	3.3.5 Luchtbeweging en effect ventilatoren	19
	3.4 Energie	19
	3.5 Gewasontwikkeling	21
	3.6 Productie	22
	3.6.1 Houdbaarheid en Binnenrot	22
4	Het nieuwe telen	25
5	Vergelijk met de VenLow Energy kas	27
6	Conclusie en aandachtspunten	31
	Literatuur	33
	Bijlage 1 Samenvatting adviezen aanpassing klimaatregeling	35
	Bijlage 2 Verslagen rookproeven	37
	Bijlage 3 Voorbeelden van gerealiseerd klimaat	41

Samenvatting

In 2016 is op het Improvement Centre een teelt uitgevoerd met paprika –cultivar Maranello- met als doel:

- Telen met dubbel scherm gericht op een regeling gebaseerd op minimaliseren van uitstraling en voorkomen van klimaatschokken.
- Gasverbruik voor warmte is maximaal 20 m³/m².

De teelt is gestart op 7 december 2015 en geëindigd op 6 november 2016. De teelt is intensief begeleid door een commissie bestaande uit telers, teeltadviseur en onderzoekers.

De teelt is goed verlopen. De productie kwam op een normale tijd – begin april- op gang. De plantbelasting is de hele teelt relatief hoog gebleven. Dit heeft tot gevolg gehad dat de vruchten in de tweede helft van de teelt relatief klein bleven. De productie gemeten in de kas kwam op 35.8 kg.m⁻² met een gemiddeld vruchtgewicht van 189 gram.

Het gasgebruik kwam uit op 16.9 m³.m⁻². Dit is ruim onder de doelstelling. Gunstige –hoge- buitentemperaturen in december 2015 en september 2016 hebben een positief effect gehad voor het lage gasgebruik.

De etmaal temperatuur kwam gemiddeld op 20°C + 2°C/1000 J.cm⁻².dag⁻¹, bij een gewas dat belast is met vruchten.

Er zijn twee transparante energiedoeken gebruikt, een Luxous 1147 FR scherm - 11% scherming bij direct licht, 47% energie besparing- is 4614 uur 100% gesloten en 2685 uur volledig open geweest en een Luxous 1547 D FR scherm -15% scherming bij direct licht, 47% energie besparing- is 4186 uur 100% gesloten en 2952 uur volledig open geweest op een totale teeltduur van 8375 uur. De overige uren waren schermen deels gesloten. De schermen werden relatief laat na zon-op geopend en vroeg voor zon-onder gesloten.

Uit de metingen met een netto stralingsmeter blijkt dat er door het intensieve schermgebruik vrijwel geen momenten zijn geweest met een hoge netto straling. Bij hoge buitentemperaturen werd in de nacht tegen uitstraling geschermd door de beide schermdoeken voor 80% te sluiten. Voor lichtwegschermen in de zomer werden de doeken gebruikt op 80% en 20% sluiting.

Onder de doeken is voor luchtbeweging gebruik gemaakt van nivolatoren, die een lichte luchtbeweging in het bovenste deel van het gewas realiseren.

Het gebruik van de netto stralingsmeter geeft inzicht in de energie die de plant in de nacht verliest, die is bij gebruik van 2 doeken gecorreleerd aan het verschil in temperatuur over de doeken.

De gewasgezondheid is goed geweest, voor de beheersing van plagen zoals luis en witte vlieg is de normale werkwijze met geïntegreerde bestrijding voldoende.

Er is vrijwel geen binnenrot gevonden in vruchten die een week bewaard waren.

Watergift en bemesting zijn op normale wijze toegepast.

De resultaten van dit experiment sluiten goed aan bij de gedachten van het nieuwe telen over plantbalans en het effect van uitstraling op het gewas.

1 Inleiding

Paprika is één van de grote groentegewassen. Het energiegebruik is met ca. 37 m³/m² (Vermeulen, 2014) niet extreem hoog, maar bij het Nieuwe Telen paprika is in 2010 al aangetoond dat dit fors omlaag kan (De Gelder, *et al.*, 2011). Dit betrof echter een proef met geforceerde ventilatie, een systeem dat een extra investering vraagt en alleen in te passen is in de teelt als de goten een stuk boven de grond worden gehangen. Daarbij waren er problemen met de vruchtkwaliteit door knoopvruchten. In de praktijk en in onderzoek is bij andere gewassen gebleken dat zonder deze geforceerde ventilatie er goed met dubbele schermen geteeld kan worden (Schuddebeurs *et al.*, 2015). Daarbij is naast schermen voor energiebesparing ook het gebruik van schermen tegen uitstraling gemeengoed geworden (Van Weel, 2014)

Om meer praktijk-conform en toch energiezuinig Paprika te telen is een demonstratieproject uitgevoerd met dubbele schermen, een strategie die gericht is op homogeen klimaat, meer lichtafhankelijke temperatuursturing en sturing van de ontwikkeling van het gewas door bladplukken. Deze combinatie van technieken wordt met name bij komkommer succesvol toegepast, waarbij voor sommige telers het uitgangspunt is dat een scherm alleen opengaat als dit nodig is voor het gewas om meer licht te kunnen opvangen onder verder gunstige klimaat omstandigheden. Als de omstandigheden ongunstig zijn, of het voor het gewas niet nodig is, blijven de schermen gesloten.

Als doelstelling voor het project zijn daarom de volgende punten gesteld.

Technische doelstellingen

- Telen met dubbel scherm gericht op een regeling gebaseerd op minimaliseren van uitstraling en voorkomen van klimaatschokken. Schermen openen bij een verschil in temperatuur boven en onder de schermen van 4°C. Gebruik van nivolatoren om geringe luchtbeweging in de kas te realiseren.

Energiedoelstellingen

- De doelstelling voor warmte is maximaal 20 m³/m² te gebruiken door gebruik van dubbele schermen en inzet van verwarming op uitsluitend temperatuurvraag.

Nevendoelstellingen

- Sturing van het gewas in een 3 stengelsysteem door blaadjes in de kop te plukken om zo de zetting en productie te stimuleren. De productie moet minimaal gelijk zijn aan de praktijk.
- Kwaliteitsbewaking door homogeen kasklimaat en hygiëne.

2 Aanpak en kas inrichting

Afdeling 6 van het Improvement Centre is geschikt gemaakt voor paprikateelt. Gekozen is voor het rode ras Maranello (Enza). Er is alleen op kleur geoogst, dat betekent dat er niet tussentijds, bij een hoge plantbelasting, groen geoogst is.

Zaaidatum : 20 oktober 2015
Plantdatum : 7 december 2015

De basis kasuitrusting is:

Kasdek type : Venlo dek - Tralie ligger met 2 kappen per tralie.
Glastype en dakhelling : 91 % lichtdoorlaat en 22% helling.
Traliebreedte : 9.60 meter.
Poothoogte : 6.68 meter.
Luchting : 2 Halve ramen per 5 meter aan weerszijden.
Verwarming : Buisrail - per tralie 6 * 2 buizen naast elkaar met een diameter van 51 mm.
: Gevelverwarming die gekoppeld is aan buisrail.
CO₂ dosering : OCAP, overschakelbaar op zuiver.
: Doseercapaciteit regelbaar tot 250 kg/(ha.uur).
Klimaatcomputer : Priva Connect
Kasoppervlak : Bruto - 1008 m² (35*3*9.6).
Netto - 907 m² (31.5 *3*9.6).

Om een verbeterde isolatie te bereiken is de scherminstallatie uitgerust met twee schermen, die een tegengestelde looprichting hebben. Als er kieren in het scherm worden getrokken zitten deze ten opzichte van elkaar versprongen.

Bovenste scherm : Luxous 1547 D FR
Onderste scherm : Luxous 1147 FR

In de gevel zitten rolschermen die afzonderlijk stuurbaar zijn.

Alle buitengevels en de tussengevel naar afdeling 5 zijn voorzien van noppenfolie

Naast de standaard klimaatsensoren is een netto-stralingsmeter in de kas gemonteerd , om de in- en uitstraling van de kas en het gewas te volgen. Deze was gemonteerd op ca 50 cm onder het onderste scherm.

Teeltsysteem : Vier rijen systeem met drie stengels per plant.
Goten : Hangende goten, goot ca 30 cm boven de grond.
Pad afstand : 1.60 meter- 6 paden per tralie van 9.6 meter
Gewasdraad : 4.50 meter boven de grond
Matttype : Cultilene – Reaxxion
Watergift : 1 Druppelaar per plant met een afgifte capaciteit van 2 liter/uur.

Voor luchtcirculatie onder gesloten doeken beschikt de kas over standaard 3 horizontale ventilatoren. Daarnaast zijn er 5 Nivolatoren opgehangen. In het gebruik kon in de regeling gekozen worden om of de horizontale ventilatoren aan te zetten of de nivolatoren. Gelijkijdig beide systemen gebruiken was niet mogelijk. Doordat de teeltgoten iets vrij van de bodem hangen is er luchtcirculatie onder de goten langs mogelijk.

Vooraf is een energieplan gemaakt. Gebaseerd op praktijkgegevens van de laatste jaren, waarbij de energiedoelstelling zo is gesteld dat aan het doel van 20 m³.m⁻² kan worden voldaan. De besparing ten opzichte van de praktijk die nodig is om dit doel te halen, is een structureel lager energiegebruik over het hele jaar. In de winter moet dit bereikt worden door de hoge mate van isolatie en de schermen langer dicht te houden dan gebruikelijk. In de zomer moet dat bereikt worden door vooral met de zon mee de temperatuur te laten oplopen en een sterke afhankelijkheid van de etmaal temperatuur van de lichtsom per etmaal na te streven. De exacte temperatuur instellingen kunnen niet vooraf worden gegeven, maar worden bepaald in het wekelijks overleg met de begeleidingscommissie.

Uitgangspunt voor de temperatuur instellingen is dat deze moeten passen bij een goede teeltprestatie. Dat betekent bijvoorbeeld in het begin een vrij hoge temperatuur (> 20°C etmaal) omdat dan de plant snel moet kunnen ontwikkelen en in de hele teelt geen nacht temperatuur onder de 16°C omdat dit kan leiden tot slechte vruchtvorm. De verwarming wordt alleen ingezet op basis van warmtevraag.

De lichttransmissie van de kas is begin mei gemeten en was 71%. Dit is een normale waarde die ook in de praktijk geregeld voor zal komen.

2.1 Teeltuitvoering en begeleiding

Wekelijks kwam de begeleidingscommissie van telers, adviseur, teeltmanager en onderzoek op maandag bijeen om de stand van het gewas te bekijken en de strategie voor de komende periode te bespreken. De telers in de wekelijkse begeleidingscommissie waren: Ard Ammerlaan, Maikel van der Berg, Danny van der Spek en Cees Vijverberg. Teeltadviseur was Jeroen Zwinkels van Delphy, in de tweede helft van het jaar liep ook Stephan Hendriks van Delphy mee. Teeltmanager bij Improvement Centre was Rick van der Burg en onderzoeker vanuit Wageningen University & Research Glastuinbouw (WUR Glastuinbouw) was Arie de Gelder. Omdat de proef parallel liep met een experiment bij WUR Glastuinbouw waren Kees Scheffers en Feije de Zwart geregeld bij de begeleidingscommissie aanwezig. De begeleidingscommissie bezocht altijd beide experimenten. Vanuit de overige financiers van het project was geregeld Paul Arkesteijn van Ludvig Svensson aanwezig.

Van de wekelijkse bezoeken zijn verslagen gemaakt die per mail aan alle betrokkenen werden gezonden. Hierin staan kort de ontwikkeling van het gewas en de belangrijkste actiepunten voor de klimaatregeling beschreven. Van het gerealiseerde klimaat en de gewasgroei en productie werd wekelijks door het Improvement Centre een rapportage gemaakt die eveneens aan alle betrokkenen per mail werd toegezonden.

Eens per zes weken zijn besprekingen gehouden met een grotere begeleidingsgroep bestaande uit medewerkers van LTO Glaskracht en Kas als Energiebron, andere telers en teeltadviseur Peter Geelen. Deze laatste is betrokken bij de cursussen voor Het Nieuwe Telen om de theorie en de resultaten van onderzoek door te geven richting de praktijk. Rond de uitvoering van de proef zijn cursus- bijeenkomsten met telers georganiseerd. Dit was los van het onderzoek project maar daarin werd wel gebruik gemaakt van informatie uit het project.

2.1.1 Teeltverloop

Bij de start op 7 december 2015 waren de planten relatief klein voor een plant van 48 dagen oud. De groei was vanaf het begin goed, zodat er begin januari naar zetting in het 4^e oksel gewerkt kon worden. De eerste vruchtjes van begin januari deels in het 3^e oksel hielden het echter niet, door gebrek aan licht, maar in de tweede helft van januari ging het wel goed met de zetting, zodat er begin februari 3 gezette vruchten per plant waren. Het bleef in de kas overdag bij zonnig weer iets te koel waardoor de ontwikkeling van de vruchten traag was. Er is eind februari wel voldoende zetting op het 2^e zetsel. Begin maart was de groei weer "spontaan" met voldoende scheutgroei. Eind maart was de groei mede door voldoende licht weer sterk en daarna ging ook de zetting van het 3^e zetsel begin april goed.

Begin april sloegen de vruchten in de morgen soms nat. Daarom is in de morgen de ventilatie temperatuur verlaagd en dichter op de stooklijn gezet. Het gewas stond goed in balans. De plantbelasting in aantal vruchten was hoog. In mei en juni is de gewasontwikkeling goed, met steeds gemakkelijk zetting. Na een donkere periode eind juni werd het gewas dun en waren de internodiën kort, maar begin juli herstelde de groei zich weer en eind juli was er weer volop zetting. In augustus en september was de groei vervolgens goed, zonder veel bijzonderheden. Half september is er een kleine kop uit het gewas gehaald zodat de laatste vruchten goed konden uitgroeien.

Voor de gewasbescherming is de normale methode van werken met geïntegreerde bestrijding voldoende geweest om de plagen onder controle te houden.

3 Resultaten

3.1 Klimaat instelling

De instellingen van het klimaat zijn wekelijks besproken in de begeleidingscommissie en daarna aangepast. Het gaat voor dit verslag te ver om alle details van de instellingen op de PRIVA connext te bespreken. In hoofdlijn kan dit als volgt worden beschreven.

Er is tijdens vrijwel de hele teelt gewerkt met 3 periodes voor de klimaat instellingen, een dag periode, een voornacht en een nachnacht. Het aanvangsmoment van deze periodes is op klokuren gesteld en niet astronomisch en dus regelmatig aangepast. Dit instellen op kloktijden heeft als voordeel dat je wekelijks goed naar de timing van de periodes moet kijken, als nadeel heeft het dat het klimaat mogelijk niet goed meegaat met de daglengte verandering. Bij alle instellingen moet steeds worden nagegaan of er geen conflicten in de regeling ontstaan door overlappende periodes voor verschillende onderdelen, bijvoorbeeld aanpassingen in tijden van de stooklijn moeten ook toegepast zijn op de ventilatielijn.

De stooktemperatuur is in de eerste weken 22°C geweest, daarna verlaagd tot 18°C en vervolgens vanaf half april constant gehouden op 20.5°C overdag. Tussen januari en april is de stooktemperatuur overdag verhoogd met een stralingsinvloed en in de voornacht verhoogd met een invloed van de stralingssom. In die periode stond de ventilatie temperatuur op 27°C. Vanaf half april is in de nacht- periode steeds langzaam opgestookt van de voornachttemperatuur naar de dagtemperatuur die dan bereikt moest worden om 8:00 uur of 7:00 uur. Dat is enige uren na zon-op in de zomer. De gemiddelde stooktemperatuur per etmaal is weergegeven in Figuur 2. Voor de ventilatietemperatuur is vanaf april gewerkt met een verhoging van de basis temperatuur met een invloed van het VD. In de morgen in een traject van 2-6 g.m⁻³ VD is er 0 tot 3°C bij de ventilatie temperatuur opgeteld en in de middag is dit in het traject van 2-8 g.m⁻³ VD een temperatuur verhoging van 6°C. In de avond werd alleen in de zomer afgelucht als de kastemperatuur 1.5°C boven de ingestelde stooktemperatuur was, met een maximum raamstand van 10%. Er is dus niet sterk afgelucht gedurende de hele teelt, een maatregel die in de praktijk wel gebruikelijk is.

Er is geen minimumbuis gehanteerd en de maximum buis is meestal ingesteld geweest op 50°C.

De schermregeling met twee schermen is complex. In de morgen ging het bovenste scherm (Luxous 1547) open 2 uur na zon-op en als de instraling boven de 100 W.m⁻² was. Er is in de loop van de tijd iets gevarieerd met het tijdstip - tussen 1.5 uur en 2.5 na zon-op - en de stralingsgrens is in de zomer verlaagd naar 75 W.m⁻². Het doek sloot in de regel 1.5 tot 2 uur voor zon-onder.

Het onderste scherm (Luxous 1147) dat als tweede scherm open ging werd geopend als de straling boven de 200 W.m⁻², later 300 W.m⁻² was en als het verschil tussen de temperatuur in de nok en in de kas kleiner was dan 4°C. De nok is dan voldoende opgewarmd om geen kouval te krijgen.

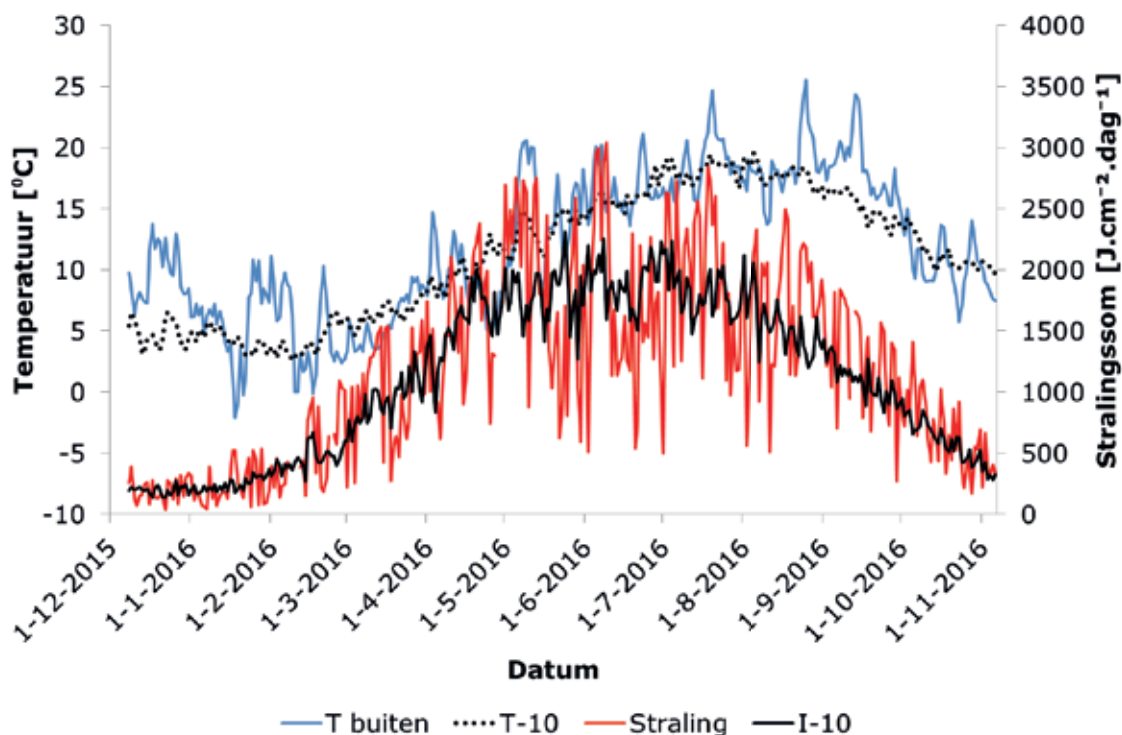
Als de buitentemperatuur te hoog was zijn in de voornacht beide schermen op 80% gesloten zodat nog wel afkoeling van de kas en vochtuitwisseling kon plaatsvinden, maar het gewas was beschermd tegen uitstraling. Daarna in de nacht mochten dan beide schermen 100% dicht als het niet te warm was.

Om te schermen tegen te felle zoninstraling zijn overdag de schermen gesloten op 80% en 20% bij een instraling boven de 700 W.m⁻². In het begin is het Luxous 1547 D FR 80% gesloten geweest, vanaf begin juli is dit met het Luxous 1147 FR gedaan.

De CO₂ dosering is begin januari ingesteld op 750 ppm als het licht is en dit is de hele teelt gehandhaafd. De doseercapaciteit was ingesteld op 150 kg/(ha uur).

3.2 Buitenomstandigheden

Om het gerealiseerde klimaat en het energiegebruik te interpreteren is informatie over de buitenumstandigheden essentieel. In Figuur 1 zijn de buitentemperatuur en de globale stralingsom per etmaal gegeven zoals gemeten op het meteo station van het Improvement Centre en de gegevens hiervoor over de afgelopen 10 jaar zoals gemeten op het meteo station van het KNMI in Rotterdam (bron <http://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens>, geraadpleegd op 11 januari 2017). Bij de buiten temperatuur is de hoge temperatuur in december 2015 en eind januari 2016 opvallend. In augustus en september 2016 was het eveneens duidelijk warmer dan het 10-jarig gemiddelde. Deze hogere buitentemperaturen zullen het energiegebruik lager doen zijn dan in een gemiddeld jaar. De straling volgt een normaal patroon met enkele afwijkingen van het 10-jarig gemiddelde. Bijvoorbeeld eind mei en half juni waren er relatief donkere periodes, terwijl augustus en september relatief licht waren.

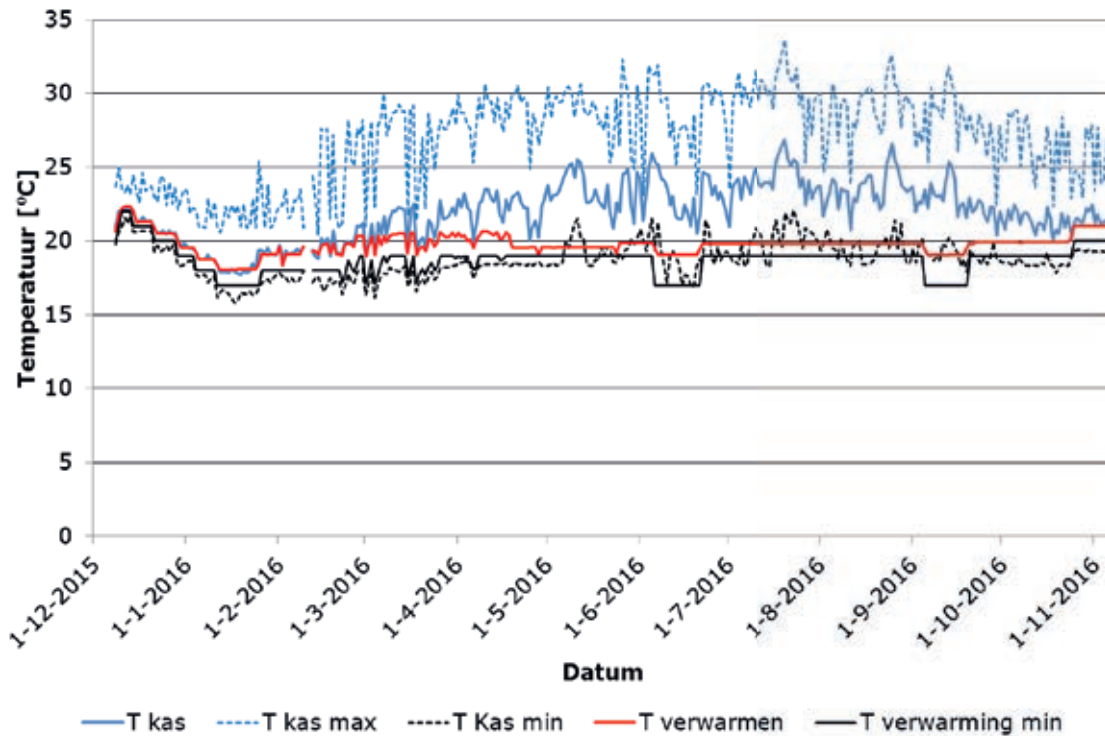


Figuur 1 Buitenumstandigheden voor temperatuur (T buiten) en straling van het Improvement Centre en het 10 jarig gemiddelde hiervoor van het meteo station Rotterdam van het KNMI. $T-10$ is het 10 jarige gemiddelde van de temperatuur per etmaal en $I-10$ is het 10 jarig gemiddelde voor de stralingsom per etmaal.

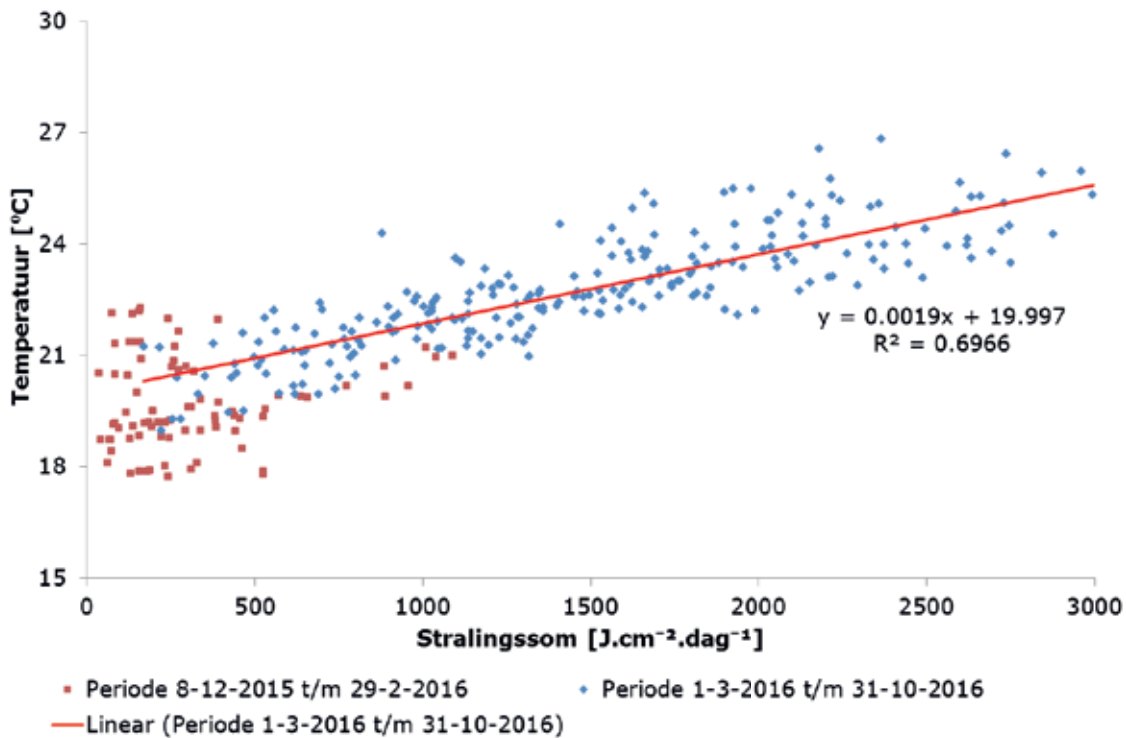
3.3 Gerealiseerd klimaat

De gemiddelde temperatuur is over de gehele teelt 22°C geweest. Dat is gemiddeld 0.6°C meer dan een praktisch bedrijf, dat gegevens over gerealiseerd klimaat beschikbaar stelde. Dit verschil is vooral in de tweede helft van de teelt gerealiseerd, dan kan het verschil op weekbasis oplopen tot 2°C warmer dan het praktijkbedrijf. In de eerste week van de teelt werd een gemiddeld hoge temperatuur aangehouden van ruim 21°C , die in een paar weken werd verlaagd naar 18°C , toen de eerste zetting werd gerealiseerd. Daarna is de temperatuur weer verhoogd naar 19°C . Vanaf het moment dat de plant goed in balans was, is er meer rekening gehouden met de verhouding tussen lichtsom en etmaaltemperatuur. Hier is niet bewust op gestuurd, maar de verhouding is wel steeds gemonitord. De laatste twee weken van de teelt wordt de etmaaltemperatuur hoger gehouden om de vruchten te laten rijpen. De relatieve luchtvochtigheid is in het begin van de teelt vrij laag, tussen de 65 en 85% en dat is volgens de telers lager dan op een normaal bedrijf. Dit komt waarschijnlijk door het relatief grote gevel oppervlak van een afdeling van 1000 m^2 in vergelijking met praktijk bedrijven. Het gemiddelde verloop van het klimaat wordt getoond in de Figuren 2 tot en met 4.

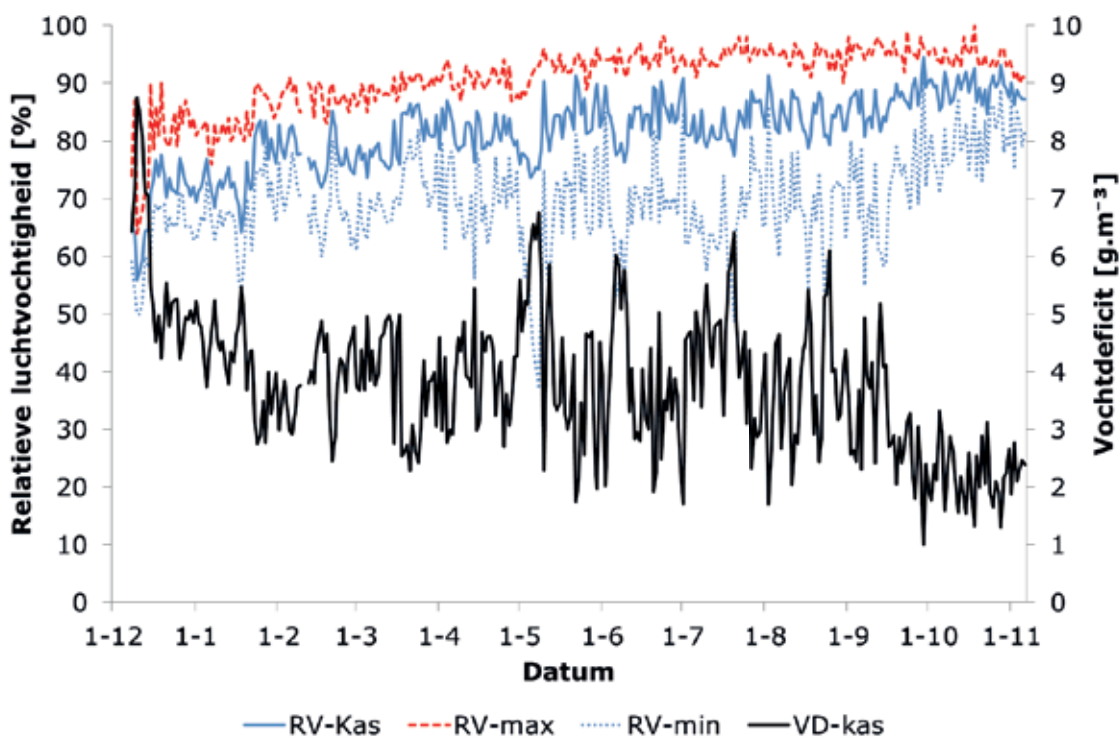
De CO₂ concentratie tijdens de lichtperiode kwam gemiddeld niet onder de 500 ppm (Figuur 5). De minimum waarden liggen wel lager. Voor de fotosynthese is de winst in het traject van 400 naar 500 ppm het grootste. In deze proef is 16% van de lichtperiode de CO₂ concentratie onder de 500 ppm geweest. De overige 84% van de lichtperiode was de CO₂ concentratie boven de 500 ppm. Daarmee is CO₂ maar beperkte periode een limiterende factor voor de productie.



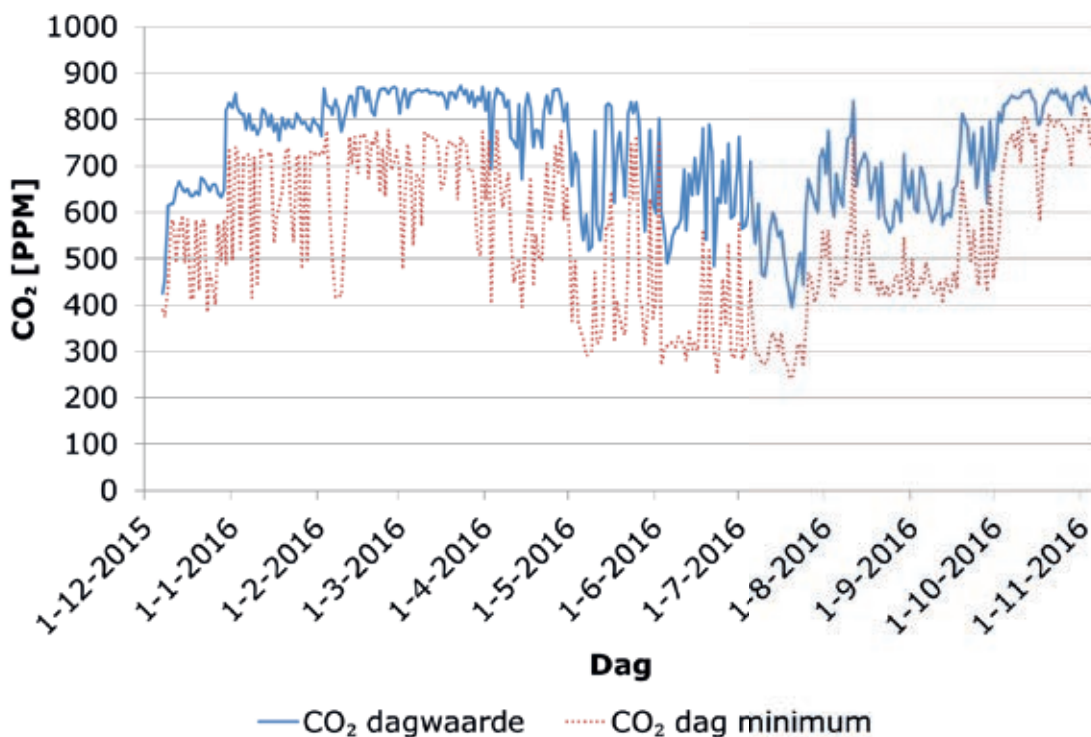
Figuur 2 Gemiddelde, maximum en minimum temperatuur per etmaal en de gemiddelde en het minimum van de ingestelde stook temperatuur per etmaal.



Figuur 3 De etmaal temperatuur die gerealiseerd is tegen de stralingsom per etmaal. Voor de start van de teelt (8 december 2015- 29 februari 2016) en voor de teelt met planten met belasting aan vruchten (1 maart 2016- 31 oktober 2016).



Figuur 4 Relatieve luchtvochtigheid van de kaslucht gemiddeld per etmaal en de maximum en minimum waarden per etmaal. De vochtigheid kan ook worden weergegeven als vochtdeficit van de kaslucht.

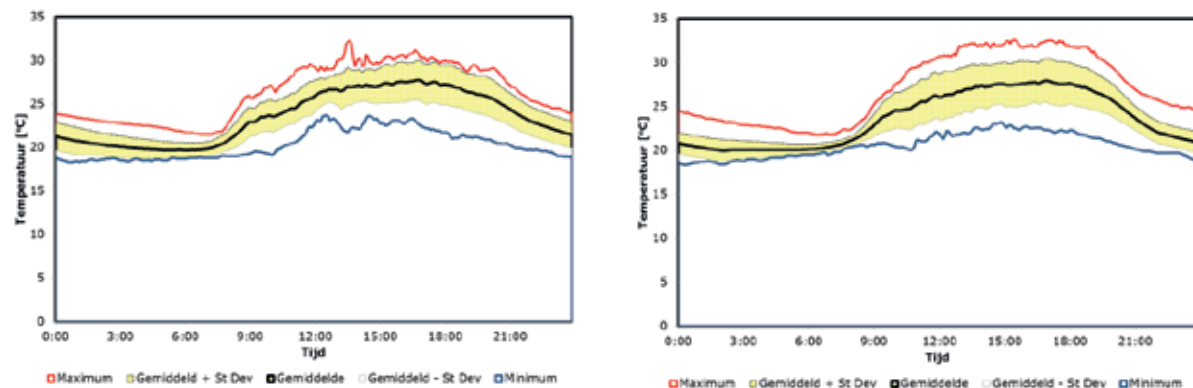


Figuur 5 De gemiddelde en minimale CO₂ concentratie gedurende de lichtperiode per etmaal.

3.3.1 Dagverloop temperatuur

Naast het gemiddelde per etmaal tijdens de gehele teelt is het verloop over de dag een belangrijk gegeven om de reactie van het gewas op het klimaat te kunnen interpreteren. In Figuur 6 wordt het verloop van de temperatuur in gegeven voor de periode week 18-21 (mei) en week 31-34 (augustus).

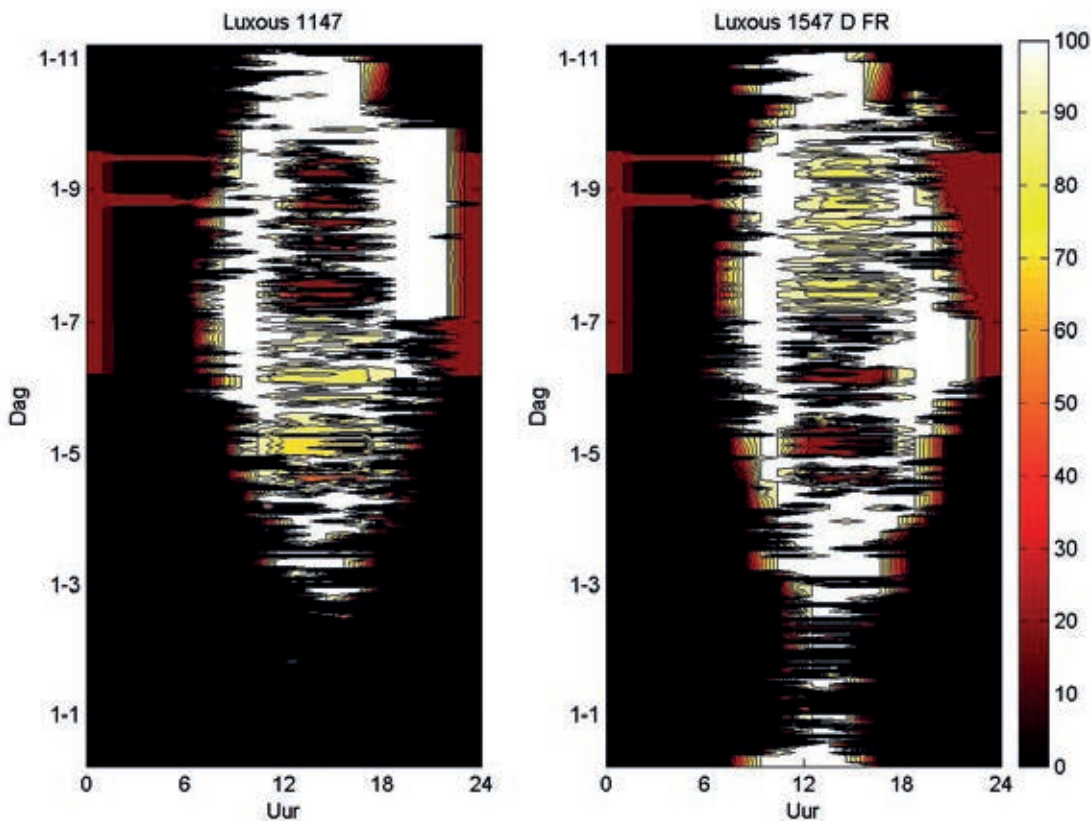
Hierin is te zien dat de temperatuur in de avond geleidelijk daalde naar de nacht temperatuur en dat de nacht temperatuur rond de 20°C bleef. In bijlage 3 worden voorbeelden gegeven van verloop van temperatuur en luchtvochtigheid en het gebruik van verwarming en schermen in verschillende weken in het jaar.



Figuur 6 Gemiddelde temperatuur verloop over de dag voor de periode mei; week 18-21 (Links) en augustus: week 31-34 (Rechts), met de maximum, minimum en spreiding tijdens deze periodes.

3.3.2 Schermen

Een belangrijk instrument om energie te besparen en de planten te beschermen tegen uitstraling zijn de beweegbare schermen. Deze zijn in de proef zeer veel gebruikt. Het Luxous 1147 FR scherm is 4614 uur 100% gesloten en 2685 uur volledig open geweest en het Luxous 1547 D FR scherm is 4186 uur 100% gesloten en 2952 uur volledig open geweest op een totale teeltduur van 8375 uur. De overige uren was het scherm deels gesloten (Figuur 7).



Figuur 7 Contourplot van de gemiddelde schermstand per uur per dag gedurende de gehele teelt.

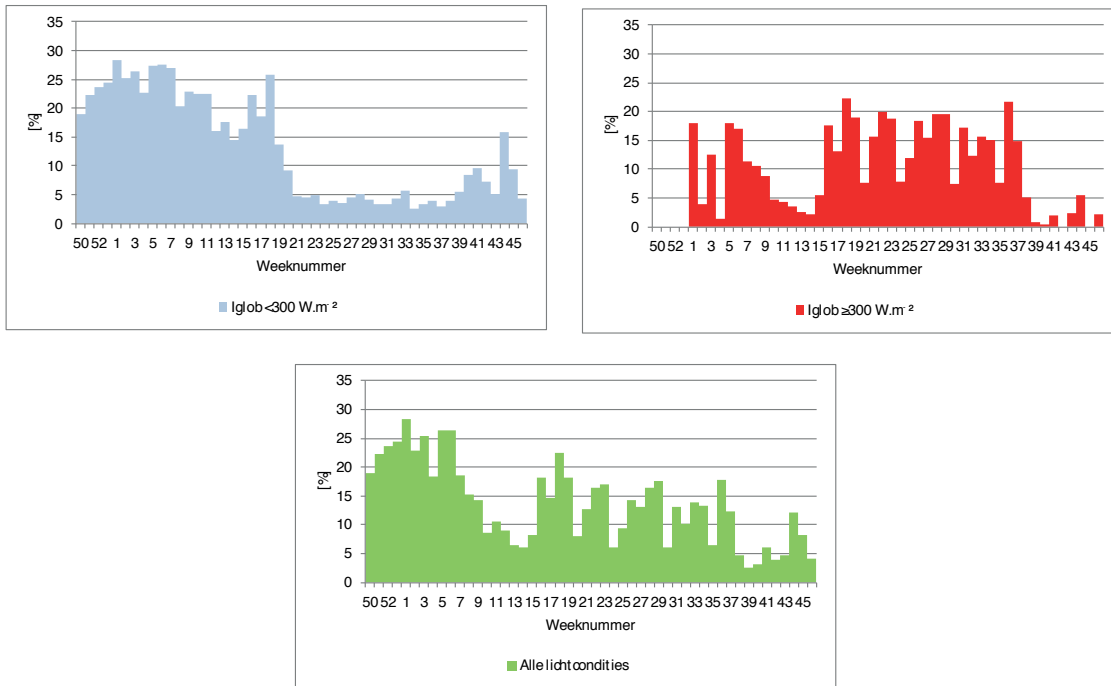
Toelichting bij Figuur 7: Op de X-as staat de tijd van de dag als uur en op de Y-as de tijd van het jaar. Onderaan is het begin van de teelt en bovenaan het einde van de teelt. Een zwarte weergave betekent dat het scherm 0% open staat (dus dicht is). Een witte invulling betekent dat het scherm 100% open staat (= geen scherming).

Door combinatie van de linker en rechter figuur is het volgende te zien. Bij de start van de teelt is het heldere scherm Luxous 1147 FR volledig gesloten gebleven, terwijl het Luxous 1547 D FR scherm soms een paar uur per dag is geopend om het licht toe te laten. In de maanden januari en februari zijn er meerdere dagen dat beide schermen gesloten blijven. Vanaf ongeveer 1 maart gaan beide doeken overdag open. Eerst het Luxous 1547 D FR scherm en dan het Luxous 1147 FR scherm. Vanaf half april wordt er op de dag licht weggeschermd. Dan ligt het Luxous 1547 D FR op 80% dicht en het Luxous 1147 FR op 20 tot 30% zodat wel het gehele gewas beschermd is. Begin juni wordt de mate van sluiting van de doeken bij hoge lichtintensiteit omgewisseld. Dan ligt het Luxous 1547 D FR op 20-30% en het Luxous 1147 FR op 80%. Dit is gedaan om de hogere lichttransmissie van dit doek beter te benutten.

Vanaf begin juni wordt in de nacht bij hoge buitentemperatuur niet meer volledig geschermd, maar liggen beide doeken op 80% en 80% sluiting tot ongeveer 01:00 uur. Daarna gaan de doeken vaak naar 100% sluiting, met uitzondering van de zeer warme periodes eind augustus en begin september.

3.3.2.1 Lichtverlies door gebruik schermen

Het gebruik van de schermen als de zon schijnt levert lichtverlies op. Uitgaande van de specificaties dat het onderste doek een lichttransmissie voor diffuus licht heeft van 82% en het bovenste doek een lichttransmissie van 76% kan berekend worden wat het percentage lichtverlies door gebruik van de schermen is geweest. In de figuur is dat weergegeven voor de conditie dat de globale straling kleiner is dan $300 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ en voor de situatie dat die hoger is dan $300 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Dit onderscheid is gemaakt omdat in de zomer er vooral geschermd is tegen hoge instraling. Dat is gedaan vanaf ongeveer week 15. Tot die tijd zijn de schermen vooral gebruikt om energie te besparen, dus ook bij hoge instraling is dan het scherm nog wel gesloten geweest. Met het schermen tegen hoge instraling wordt in de zomer tussen de 15 en 20% per week van alle ontvangen licht weggeschermd. In de winter is voor energiebesparing geschermd en dan is het lichtverlies 20 tot 28% per week. Over de hele teelt gerekend is 11.4% van het licht bij intensiteiten tot $300 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ weggeschermd en 12.8% van het licht bij intensiteiten boven de $300 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Vanuit lichtbenutting voor fotosynthese zou dit theoretisch een productie daling moeten geven, maar omdat er in dit onderzoek geen echte referentie is kan dat verder niet worden aangetoond.



Figuur 8 Percentage lichtverlies door gebruik van de schermen als de lichtintensiteit onder de 300 W.m^{-2} is en als de lichtintensiteit gelijk of boven de 300 W.m^{-2} is.

3.3.2.2 Schermen of krijtmiddelen

In de begeleidingscommissie is een discussie gevoerd over het gebruik van de schermen tegen te hoge instraling of het gebruik van krijtmiddelen. Er is voor gekozen om het scherm te gebruiken. Daarbij is het feit dat door beide schermen in posities te zetten waarbij overlap mogelijk is en daardoor er geen banen gewas zijn die direct door de zon beschenen worden een belangrijke overweging geweest. Ook is er door dit gebruik van de schermen geen zonlicht dat via de luchtramen binnenkomt en dan direct op het gewas schijnt.

Door niet te krijten blijft regeling van lichtreductie mogelijk. De schermen gaan alleen dicht bij veel instraling en alle licht wordt toegelaten bij weinig instraling. Alleen op dagen en momenten waarbij sterke wisseling in lichtintensiteit optreedt kan het gewas kort direct door de zon worden beschenen. Dat zijn wel momenten van risico op verbranding van vruchten. Door snel te sluiten bij stijgende instraling en een grote vertraging bij het opengaan op dalende straling te hanteren is er echter vrijwel geen vruchtverbranding opgetreden.

Als krijt wordt gebruikt heeft een scherming van 20% krijt het zelfde lichtverlies als de beweegbare schermen. Is het schermingspercentage door krijt hoger, dan is ook het lichtverlies groter.

Wegschermen van licht heeft gevolgen voor de productie omdat de fotosynthese dan lager is dan bij meer licht. Hiervoor zijn in andere onderzoeken regelmatig lichtresponse curves van bladfotosynthese gemaakt. Het sluiten van een scherm boven 600 W.m^{-2} globale straling betekent dat als het scherm sluit in de kas de PAR waarde op de $600 \cdot 0.71 \cdot 0.5 \cdot 4.6 = 980 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ligt. Dit is ver boven wat voor een goede fotosynthese van de bovenste bladeren nodig is (ca $400\text{--}600 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Als hiervan 80% nog binnen komt bij gebruik van schermen dan is de lichtintensiteit nog $780 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ en dit licht is dan diffuus, wat weer gunstig is voor de productie. Het effect op de netto fotosynthese van een gewas zal daarom gering zijn.

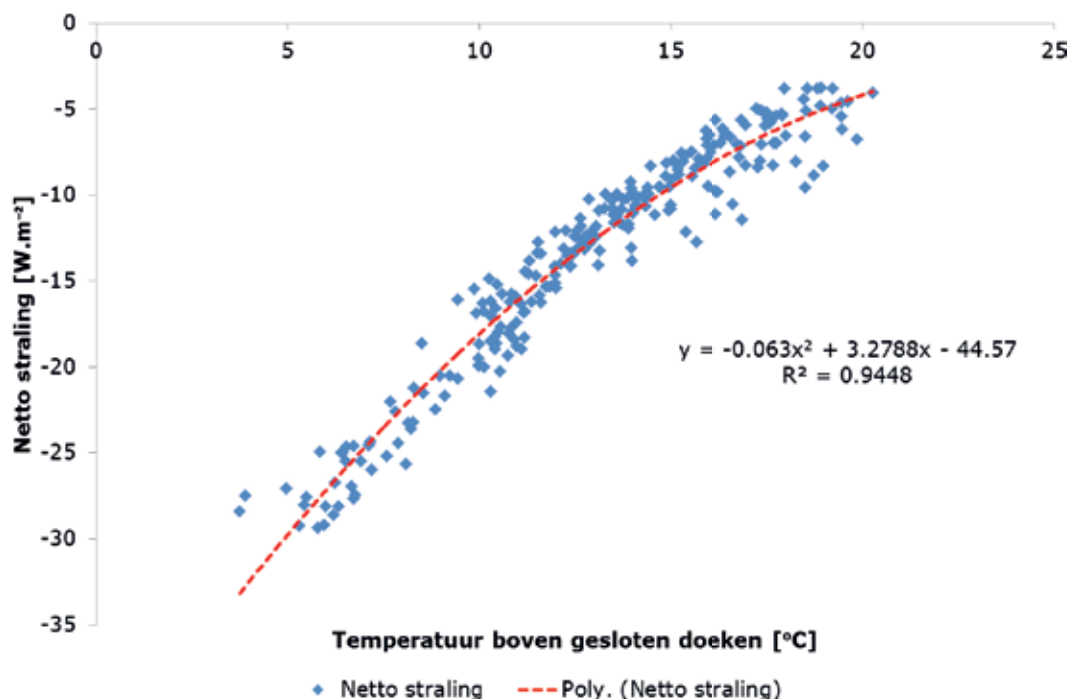
1 $0.71 =$ lichttransmissie kas, $0.5 =$ aandeel PAR in globale straling, 4.6 is conversie globale straling in Joule naar mol.

3.3.3 Netto straling

De netto stralingsmeter was operationeel vanaf 20 januari 2016, maar is tussen 7 april en 10 mei nog een tijd niet gelogd. Er zijn van die periode geen waarden. Er is niet actief gestuurd op de netto straling, maar de waarde is gevolgd om inzicht te krijgen in het verloop.

Als de schermen beide gesloten zijn en er geen instraling is dan blijkt de netto straling voor de plant tussen de -2 en -34 W.m^{-2} te zijn met een gemiddelde waarde van -16 W.m^{-2} . Er wordt in dit verslag met negatieve waarden gewerkt wanneer de plant netto straling uitzend². Het doek is koeler dan het gewas. Op het moment dat de schermen in de nacht beide op 80% gesloten waren, dat is als het buiten warm is, was de netto straling gemiddeld -5 W.m^{-2} . Er is altijd 's nachts geschermd, zodat er geen grote netto straling in de nacht is gemeten. Er is door het gebruik van de schermen ook geen relatie tussen de netto straling en de uitstraling die gemeten wordt met de pyrgeometer buiten de kas. Bij grotere waarden van de uitstraling met de pyrgeometer wordt er geen grotere waarde van de netto straling gemeten. Er zijn geen meerdaagse vergelijkbare cijfers uit dit experiment over de netto straling als schermdoeken tijdens een heldere nacht beide open zijn, maar theoretisch zou dan de netto straling groter moeten zijn en het gewas en de vruchten meer moeten afkoelen. Een kort experiment in de nacht van 19 oktober waarbij gedurende een paar uur het scherm werd geopend liet zien dat de netto straling sterker negatief werd.

In de zomer is de netto straling in de nacht kleiner dan in de winter. De netto straling blijkt bij twee volledig gesloten doeken in het donker een goede correlatie te tonen met de temperatuur boven het doek. Dit geeft aan dat bij twee gesloten doeken de temperatuur boven de doeken, dan belangrijker is voor de netto straling dan de uitstraling naar de hemel. De doek temperatuur is dan gecorreleerd met de temperatuur boven het doek, want de netto straling wordt bepaald door het temperatuur verschil tussen gewas en schermdoek.



Figuur 9 De netto straling in relatie tot de temperatuur boven twee gesloten doeken in het donker.

2 Natuurkundig is de afspraak dat uitstraling negatief is als een object energie verliest naar een ander object. Als je vanuit de plant kijkt is het warmte verlies een negatief getal en effectief uitstraling. Als je vanuit het scherm kijkt, dat energie ontvangt, is het een positief getal.

3.3.4 Temperatuur verdeling

De buitengevels van de afdeling en de gevel naar de naast gelegen afdeling waarin *Lysianthus* werd geteeld waren voorzien van noppenfolie en rolschermen als isolatie. Ondanks deze isolatie was er een duidelijke temperatuurgradiënt in de afdeling aanwezig. Bij de gevel naar de *Lysianthus* afdeling, waarin bij 25-30°C wordt geteeld, was de temperatuur duidelijk hoger dan in de midden tralie waar de meetbox voor de temperatuur regeling hing. Tegen de buitengevel aan was het duidelijk kouder dan in de midden tralie. Zo'n temperatuur verschil wordt door de opwarming van de lucht bij de warme tussengevel en afkoeling van de lucht bij de koude buitengevel versterkt door de luchtbeweging die deze temperatuur verschillen in gang zetten. Daardoor was er binnen de afdeling een duidelijk verschil in gewasontwikkeling. Voor de productie cijfers is daarom gebruik gemaakt van de productie in de middelste tralie.

De koude buitengevels en de warme binnengevel hebben effect op het energiegebruik. Hiervoor is een correctie toegepast op de gemeten warmte input van de afdeling.

Zowel de horizontale ventilatoren die in de afdeling aanwezig waren, als de nivolatoren die voor de proef zijn geïnstalleerd konden deze temperatuur verschillen niet teniet doen.

3.3.5 Luchtbeweging en effect ventilatoren

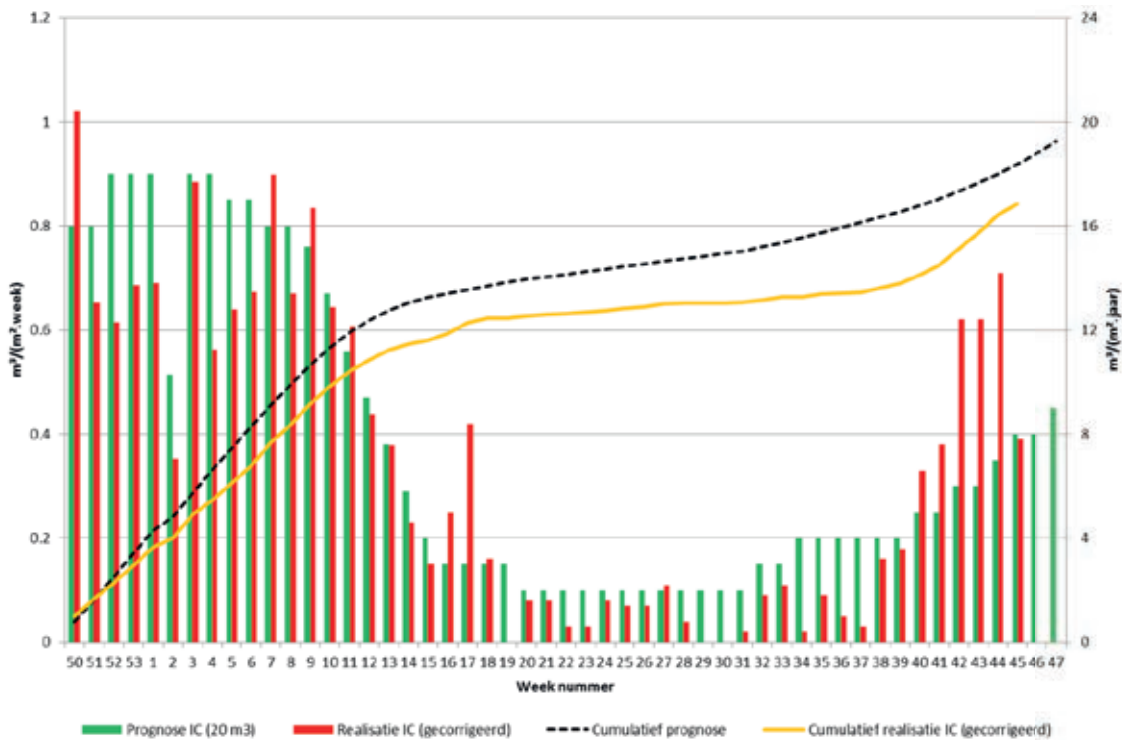
Onder twee gesloten doeken en zonder gebruik van buizen voor verwarming kan de luchtbeweging tussen het gewas tot een zeer lage waarde dalen. In een rookproef uitgevoerd aan het begin van de teelt werd dit bevestigd (Bijlage 2). In feite is de lucht opgesloten en als er geen energie input van straling, verwarming of temperatuurverschillen is kan de lucht tot stilstand komen. Om wel enige luchtbeweging te creëren kon gebruik worden gemaakt van óf de standaard horizontale ventilatoren – 3 voor de hele afdeling- óf 5 nivolatoren. Bij de start zijn de horizontale ventilatoren gebruikt. Dan is het gewas nog klein en is er veel vrije ruimte boven het gewas voor luchtbeweging. Na half februari zijn de nivolatoren gebruikt. Een rookproef die is uitgevoerd op 26 januari liet zien dat de nivolatoren in eerste instantie te dicht bij het scherm hingen zodat er een luchtlaag direct onder het scherm ontstond en niet de gewenste luchtbeweging naar en door het gewas werd bereikt. Na aanpassing van de ophanging was de luchtbeweging wel goed in verticale richting. Op 26 oktober is nogmaals een rookproef gedaan in een volgroeid gewas. (Bijlage 2). Toen werd met de nivolatoren een goede luchtbeweging in het gewas gerealiseerd, mits de nivolator op minimaal 80% van het vermogen draaide. Bij 60% van het vermogen was er vooral luchtbeweging rond de kop van het gewas. Deze stand is een groot deel van het experiment gebruikt, dus is er vooral luchtbeweging rond de top van het gewas gecreëerd. De horizontale ventilatoren zorgden bij een hoog gewas voor een luchtstroming over het gewas, die bij de gevel naar beneden kwam. Deze luchtstroom bij de gevel was afgekoeld aan het kasdek en veroorzaakte een koude neerwaartse luchtbeweging bij de gevel. De luchtbeweging door het gewas werd niet door de horizontale ventilatoren bevorderd. Bij een hoog gewas was de luchtbeweging door de nivolator gelijkmatiger dan die van de horizontale ventilatoren.

Een natuurlijke luchtbeweging in de afdeling bleek bij alle rookproeven te overheersen over het gebruik van de ventilatoren.

Omdat er geen vergelijkende afdelingen zijn kan geen goede conclusie over het gebruik van de nivolatoren worden getrokken. Het feit echter dat ze tot volle tevredenheid in een groot deel van de teelt op 60% van het vermogen zijn gebruikt geeft aan dat de geringe luchtbeweging rond de kop van het gewas die met de nivolatoren wordt bereikt geen negatief, maar eerder een positief effect op de groei heeft gehad.

3.4 Energie

Vooraf aan de proef was een op de praktijkervaring gebaseerde inschatting van het energiegebruik gemaakt die uit zou komen op 20 m³ gas per m² voor een gemiddeld jaar. De werkelijkheid zal hiervan afwijken omdat elk jaar een andere weer verloop kent. In onderstaande figuur is te zien dat het gemeten energieverbruik qua patroon redelijk klopt, maar laat zien dat er uiteraard weken zijn die fors afwijken.



Figuur 10 Gemeten energieverbruik per week, na correctie voor het gevelverlies.

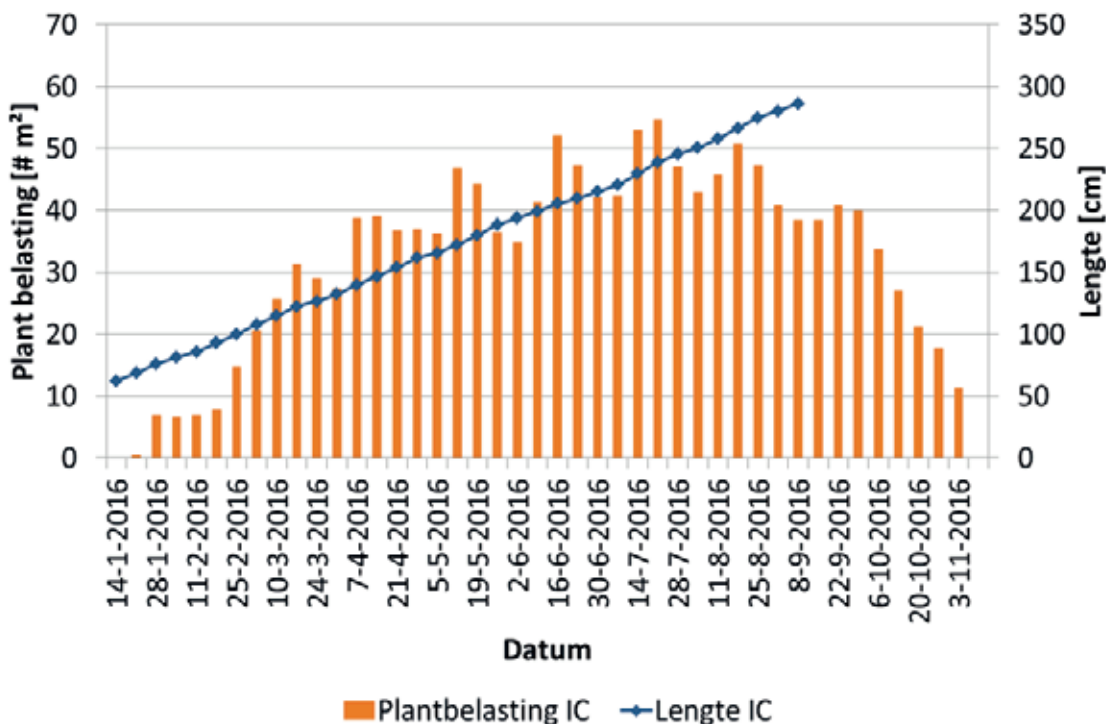
In week 2 is het moment van registratie van gemeten energie gewijzigd van maandag in vrijdag. Daardoor is deze waarde laag.

De hele zomer door toont het gemeten verbruik een structureel lager niveau dan vooraf was ingeschat. Dit komt door het uitzonderlijk intensieve schermgebruik in de zomer. Daar waar in de gebruikelijke teeltwijze de schermen niet meer gesloten worden als het buiten bijvoorbeeld warmer is dan 14°C is er in dit experiment elke nacht met een dubbel scherm geschermd. Wel werd er in perioden dat het erg warm was een hele ruime kier in beide schermen aangehouden. Doordat deze ruime kier (20%) in het ene doek links, en in het andere doek rechts zat, leverde het scherm ondanks de grote kier toch een grote verlaging van de uitstraling. De getoonde grafiek is gecorrigeerd voor het gevelverlies dat in het gebruikte proefcompartiment heel groot is in vergelijking met praktijkkassen. De gevel was weliswaar extra geïsoleerd met noppenfolie, maar toch bleef het energieverlies via deze gevels substantieel. Dit blijkt ook doordat ten opzichte van een praktijkbedrijf de luchtvochtigheid laag blijft. Ook de CO₂ concentratie zakte in de nacht veel sneller weg dan in praktijkkassen wordt waargenomen. Dit wijst erop dat de kas relatief lek is. Hiervoor is het energiegebruik niet gecorrigeerd. De lek van de kas heeft twee tegengestelde effecten. Met het vocht verliest de kas latente energie, daardoor zou het energiegebruik relatief hoog kunnen zijn. Daartegenover staat dat er niet extra geventileerd hoeft te worden om het vocht af te voeren en daardoor gaat mogelijk minder voelbare warmte verloren en dat bespaard energie. Het netto effect van de lek van de kas is daarmee niet te berekenen. De algemene aanname is wel dat hoe dichter de kas is, hoe lager het energiegebruik zal zijn en verlies door lekkage kost energie. Voor het energieverlies via de gevels is rekening gehouden met de momenten van warmtevraag. Daarbij is gerekend met de berekende buis per 5 minuten, het berekende gevelverlies voor de proef afdeling en een berekend gevelverlies voor een praktijkbedrijf. Voor het verschil in gevelverlies tussen de proef en een praktijkbedrijf is het gemeten energiegebruik gecorrigeerd. De uitgevoerde correctie is nauwkeuriger dan bij eerdere proeven gebruikt omdat meer rekening wordt gehouden met verschil in temperatuur over de gevel en warmte vraag. In week 2 staat in de grafiek (Figuur 10) een lage waarde. Dat komt door het verschuiven van de meting van het energiegebruik van maandag naar vrijdag. Het energiegebruik kwam uiteindelijk uit op 16.9 m³.m⁻². Dit is ver onder de begrote 20 m³.m⁻². Deze besparing is deels in de winter gerealiseerd en deels in de zomer. In voor- en najaar was de energie consumptie ongeveer gelijk of hoger dan de prognose.

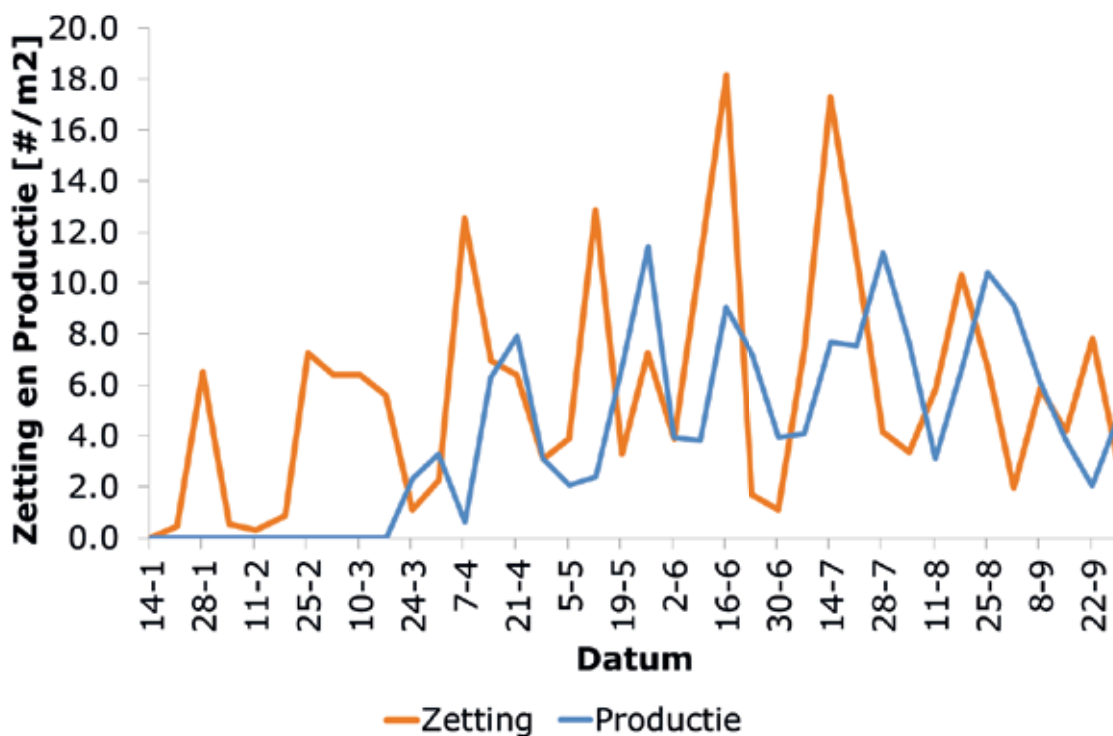
3.5 Gewasontwikkeling

Opvallend in de gewasontwikkeling was de voortdurend hoge plantbelasting van 40 tot 50 vruchten per m² (Figuur 11). Dit wijst erop dat de zetting van nieuwe vruchten gemakkelijk verliep. Als de plantbelasting door oogsten afnam, was er snel weer zetting van nieuwe vruchten, met geregeld pieken in zetting van meer dan 10 vruchten per m² per week (Figuur 12). De hoge zetting kan het gevolg zijn van de relatief hoge kop temperatuur, omdat de uitstraling van de kop van de plant in de nacht beperkt was. De sink sterkte van de kop blijft dan relatief hoog ten opzichte van de sinksterkte van de vruchten en daardoor zal de zetting en uitgroei van vruchten iets beter verlopen.

Gevolg van dit hoge aantal vruchten is dat het gemiddeld vruchtgewicht aan de lage kant lag.



Figuur 11 Plantbelasting en lengtegroei van de planten.



Figuur 12 Zetting en productie in stuks per m² per week.

3.6 Productie

De productie doelstelling is een niveau gelijk aan de praktijk. Dat is voor rode paprika ongeveer 32 kg.m⁻² en voor Maranello zouden dat vruchten moeten zijn van 180 tot 200 gram. Totaal is er ruim 35.8 kg.m⁻² rood geogst met een gemiddeld vruchtgewicht van 190 gram (Tabel 1). Dit is de productie gemeten in de middelste tralie en gewogen in de kas. Het feit dat er direct na het oogsten in de kas wordt gewogen geeft een zekere overschatting van de productie. Als vuistregel geldt dat er tussen oogsten en sorteren en verpakken 10% van het oogstgewicht verloren gaat door vochtverlies van de vruchten en verliezen bij het verpakken in dozen. Na toepassing van deze vuistregel zou de productie op 32.2 kg.m⁻² komen, wat een geheel praktijkconforme productie is.

Het vruchtgewicht lag in de eerste 10 weken van de oogst op de gewenste 200-250 gram. In het verdere verloop van de teelt daalde dit naar een gewicht rond de 170 gram. Gegevens van een praktijkbedrijf laten zien dat daar wel de zomer door een vruchtgewicht van 195 gram werd gehandhaafd.

Het lagere gemiddeld vruchtgewicht in de zomer werd gecompenseerd door een groter aantal vruchten, zodat de productie per m² goed bleef.

De vruchtvorm van was niet altijd even mooi. De punt van de vrucht groeide soms niet mooi uit tot een goede geblokte paprika.

3.6.1 Houdbaarheid en Binnenrot

In een bewaarproef in mei bleek de houdbaarheid 12 dagen te zijn, wat een normale waarde is voor Maranello. Wel werd opgemerkt dat er zwelscheurtjes voorkwamen op de vruchten.

Uiteraard is het belangrijk dat de geogste vruchten vrij zijn van binnenrot. Om dat te controleren zijn vanaf week 26 wekelijks 20 vruchten een week lang in een doos bij kamertemperatuur bewaard en daarna doorgesneden om te beoordelen op mate van binnenrot. Bij een deel van de vruchten werd na een week geconstateerd dat een deel van de zaden verdroogd en zwart waren, dit wer als niet hinderlijk voor de afzet beoordeeld. Binnenrot is slechts in 2 vruchten aan het einde van de oogstperiode waargenomen. Gemiddeld is in minder dan 1% van de vruchten binnenrot gevonden. Dit is veel minder dan in een teelt met paprika die een aantal jaren eerder in dezelfde afdeling is uitgevoerd.



Figuur 13 Doorgesneden vruchten na een week bewaren, v.l.n.r. gezonde vrucht; vrucht met zwarte, ingedroogde zaden; vrucht met binnenrot. Binnenrot is slechts in 2 vruchten (<1%) waargenomen.

Tabel 1

Productie per week [aantal en kg per m²], gemiddeld vruchtgewicht [gram] en uitgroeiduur [dagen].

Week	#/m ²	kg/m ²	Vruchtgewicht	Uitgroeiduur
12	2.34	0.56	239	
13	3.28	0.78	238	61
14	0.62	0.16	257	55
15	6.29	1.63	259	48
16	7.93	1.84	232	48
17	3.09	0.69	223	45
18	2.06	0.45	218	49
19	2.38	0.56	235	51
20	6.64	1.54	232	41
21	11.42	2.41	211	42
22	3.95	0.79	200	44
23	3.81	0.77	202	44
24	9.04	1.7	188	37
25	7.22	1.27	176	39
26	3.95	0.73	185	43
27	4.08	0.78	191	41
28	7.67	1.48	193	43
29	7.54	1.32	175	41
30	11.18	2.09	187	41
31	7.71	1.31	170	46
32	3.10	0.52	168	46
33	6.65	1.05	158	43
34	10.42	1.75	168	39
35	9.10	1.41	155	44
36	6.12	1.01	165	47
37	3.80	0.63	166	47
38	2.03	0.38	187	42
39	4.76	0.91	191	43
40	6.53	1.15	176	46
41	6.19	1.09	176	49
42	5.24	0.88	168	53
43	4.72	0.83	176	50
44	3.98	0.70	176	52
45	3.51	0.60	171	46
Totaal/Gemiddeld	188.3	35.8	189.9	43.8
Groen aan einde teelt	7.4	1.3	169	

4 Het nieuwe telen

Tijdens het experiment is steeds met een schuin oog gekeken naar de principes van het nieuwe telen. Daarbij is de balans tussen aanmaak en verwerking van assimilaten via de balans tussen lichtsom en etmaaltemperatuur de eerste stap. Dit is nadat de plant begin maart een redelijke belasting had redelijk goed nagestreefd (Figuur 3). De correlatie tussen lichtsom en etmaaltemperatuur kan worden verbeterd door dit met de klimaatcomputer na te streven. Bijvoorbeeld via de sturing van de nachttemperatuur op basis van de gerealiseerde lichtsom en de tot dan gerealiseerde gemiddelde temperatuur. In deze teelt zou de na te streven lijn 20°C als basistemperatuur + 2°C per $1000 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$ zijn. In het onderzoek van 2010 (De Gelder *et al.*, 2011) een lijn van 18.5°C + 1.8°C per $1000 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$ gerealiseerd. (NB geconstateerd is dat in het verslag van dat onderzoek een verkeerde figuur 12 staat). In deze proef is de basis temperatuur dus 1.5°C hoger en ook de helling van de lijn 10% hoger, dan in het onderzoek uit 2010. In het onderzoek uit 2010 waren knoopvruchten een belangrijk probleem in het begin van de teelt, dat is in dit experiment niet voorgekomen. De hogere temperatuur in het begin van de teelt is hier de verklarende factor voor. Als de vruchten wel assimilaten kunnen krijgen, maar te traag uitgroeien door te lage temperatuur krijgen ze een onjuiste vorm.

In het begin van de teelt is met het intensieve schermgebruik uiteraard een deel van het licht weg geschermd. Toch is dit niet merkbaar ten koste gegaan van productie. Het lijkt er op dat de paprikaplant de hoeveelheid licht wel omzet in suikers, maar dat die dan meer gaan naar vegetatieve delen dan naar de vruchten. Blijkbaar zijn de lage lichtniveaus in de winter voor de jonge paprikaplant voldoende om in een normaal tempo te kunnen groeien. Daar komt bij dat het schermgebruik in de winter in relatieve zin een substantiële hoeveelheid licht onderschept, maar in absolute zin gaat dit door de geringe buitenlicht-intensiteit om een kleine hoeveelheid mol PAR-licht.

In paragraaf 3.3.2 en 3.3.3 is stilgestaan bij het gebruik van de schermen en de netto straling voor het gewas. De schermen zijn pas laat na zon-op open gegaan en ruim voor zon-onder gesloten. Daarbij is in de regeling op de klimaat computer ook gebruik gemaakt van de meetbox boven het scherm om kouval bij het openen van het scherm te voorkomen. De luchtbeweging onder de gesloten doeken bij de kop van het gewas is iets gestimuleerd door het gebruik van de nivolutoren. Als die niet gebruikt werden bleek in de rookproef van oktober, was de luchtbeweging bij de kop veel lager. Hoewel niet bewezen, omdat het in deze proef niet is gedaan, is de verwachting dat geen gebruik maken van de nivolutoren nadelig zou zijn geweest voor de gewasontwikkeling, omdat er minder Ca in de nacht in de kop van het gewas zou zijn opgenomen.

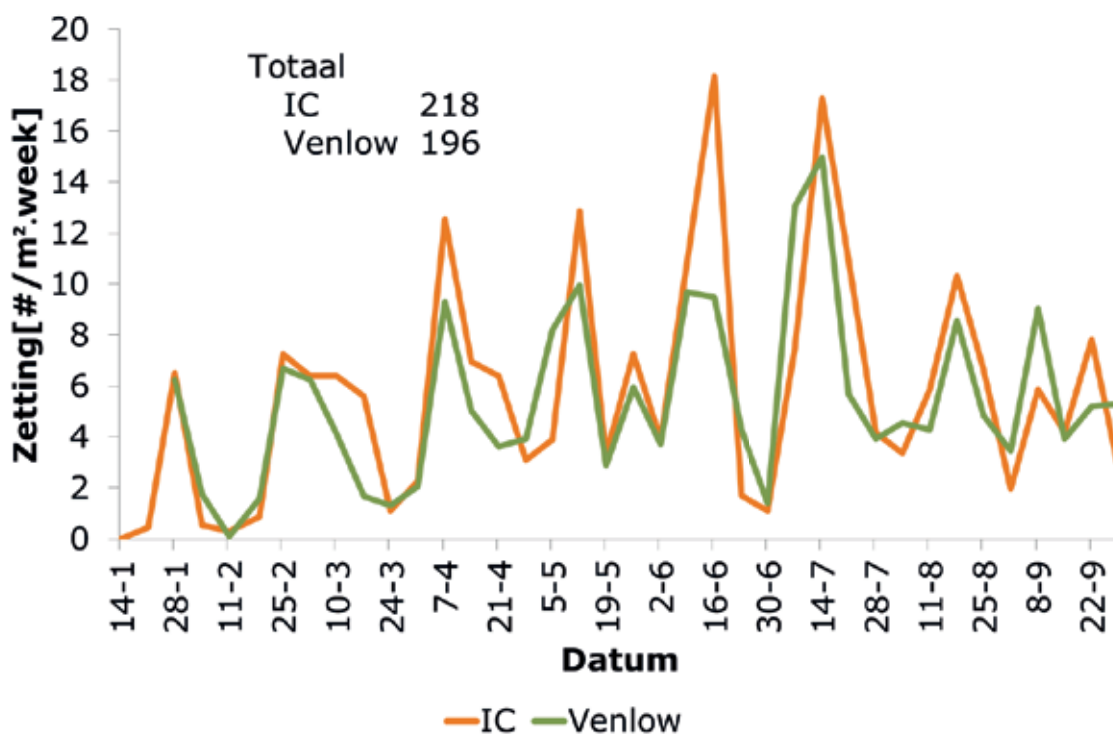
De kwaliteit van het gewas bleef in de hele teelt goed, er werd geen uitval van stengels door fusarium gevonden, ook mucor of binnenrot kwamen vrijwel niet voor. Er werden enkele vruchten met Erwinia gevonden, maar niet meer dan in een normale teelt.

Bij Het Nieuwe Telen wordt voor de vochtafvoer ook gekeken worden naar het verschil in absoluut vocht tussen de kaslucht en de lucht boven de doeken of buiten. Ondanks het hoge aantal schermuren zijn er geen problemen geweest met vochtigheid. De kan worden toegeschreven aan voldoende luchten boven de gesloten schermen en ruime kieren in beide schermen als dat nodig was voor de vochtafvoer bij hoge buitentemperatuur.

5 Vergelijk met de VenLow Energy kas

Parallel aan de proef op het Improvement Centre is een experiment uitgevoerd in de VenLow Energy kas bij Wageningen University & Research. (De Zwart *et al.* 2017. Paprikateelt in de hooggeïsoleerde VenLow Energy kas). In dat experiment is met planten uit dezelfde partij plantmateriaal op dezelfde dag als dit experiment- 7 december 2015- een paprika teelt gestart in een totaal ander kastype met dubbel glas, vierzijdig gecoat en een foliescherm.

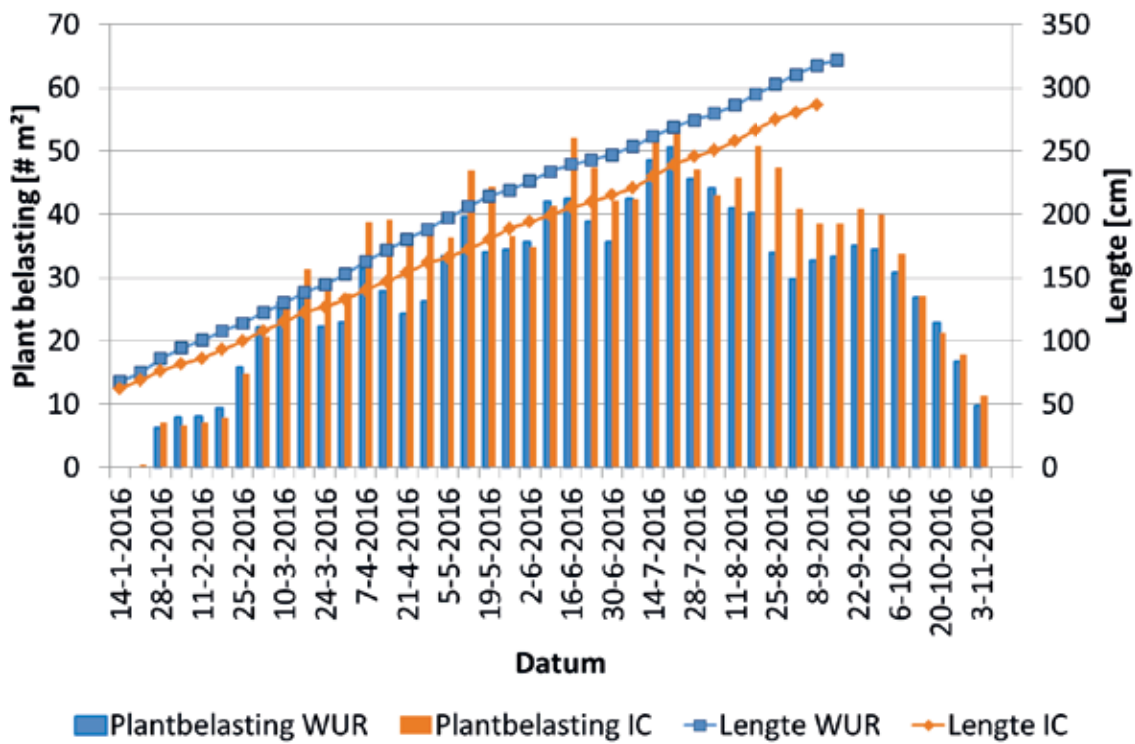
De begeleidingscommissie voor beide experimenten was gelijk en bezocht de twee experimenten op dezelfde dag. Verwacht mocht worden dat er verschillen in teelt en productie zouden optreden. Om een beeld te geven van de gemeten verschillen wordt in een aantal Figuren het klimaat in beide kassen weer gegeven en de gewasontwikkeling en productie getoond.



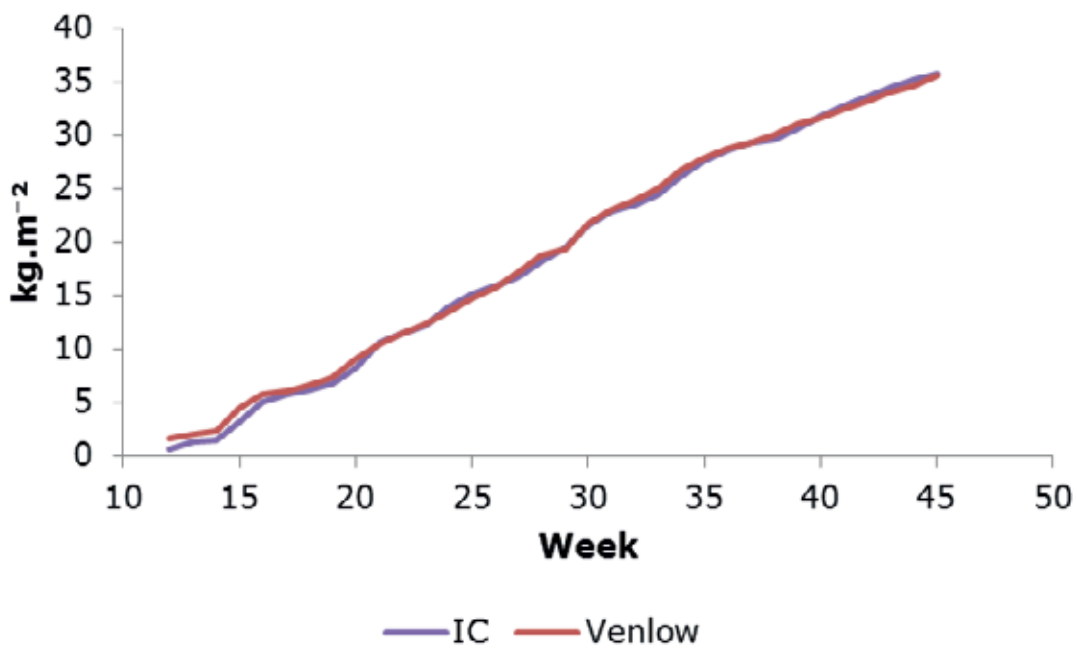
Figuur 14 Verloop zetting in de kas van het IC en in de VenLow Energy kas bij WUR.

De zetting(Figuur 14) loopt opvallend parallel in beide kassen, met pieken en dalen in vrijwel dezelfde weken. Ook de plantbelasting (Figuur 15) in beide teelten loopt redelijk gelijk op met een top rond de 50 vruchten per m². De lengte groei in de VenLow energy kas is groter dan in de kas bij het IC. Dit heeft waarschijnlijk te maken hebben met de kasbedekking, want de stengeldichtheid was gelijk in beide kassen. Het dubbele glas van VenLow Energy kas is vierzijdig gecoat en dit kan de lichttransmissie van verschillende golflengtes beïnvloeden en zo mogelijk effect hebben op de lengte groei.

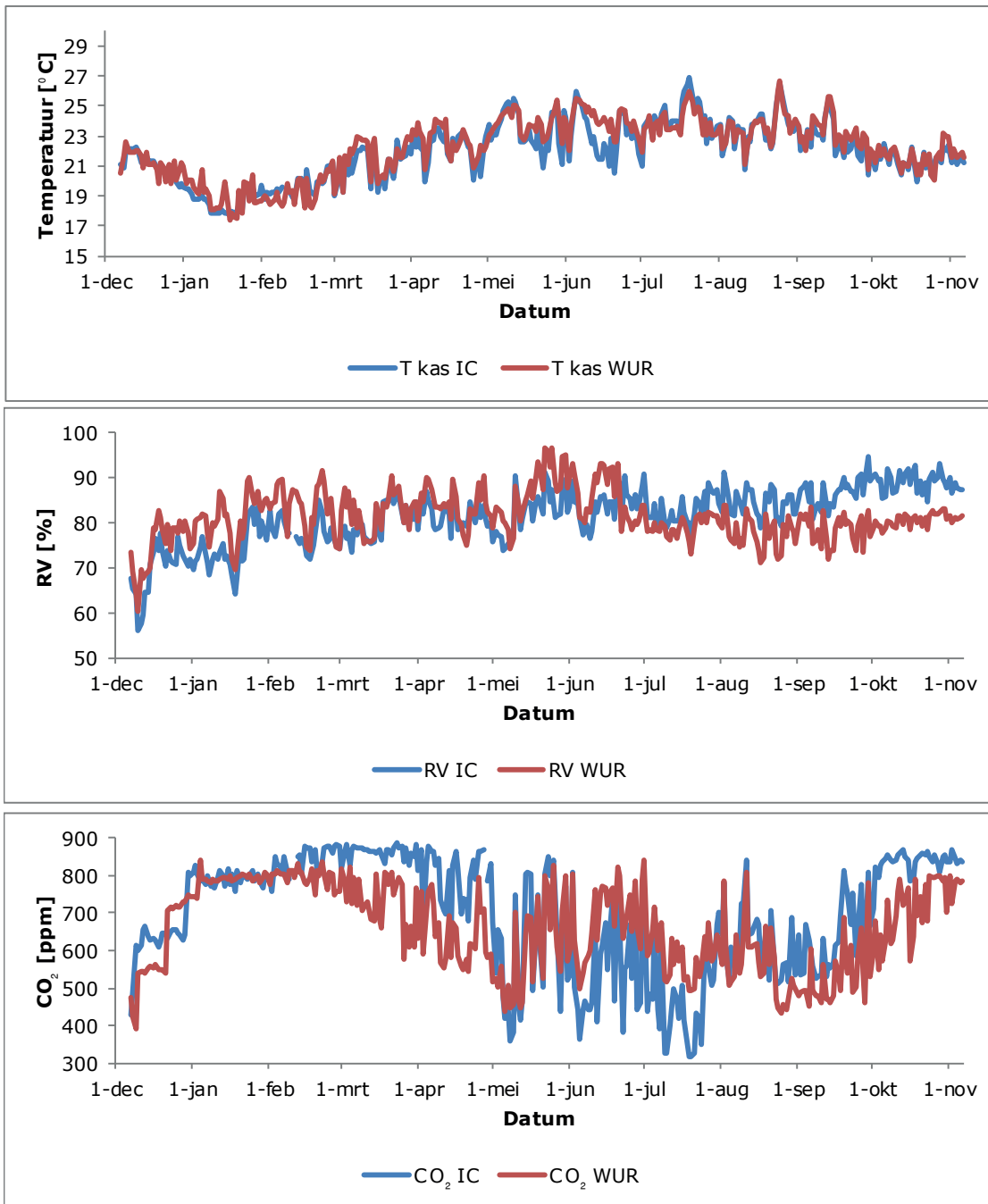
De productie is eveneens opvallend gelijk (Figuur 16). Terwijl er in de uitvoering van werkzaamheden en de technische uitrusting grote verschillen zijn. Ook het klimaat laat verschillen zien (Figuur 17). Ondanks de verschillen in etmaal temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en CO₂ concentratie zijn de verschillen in productie nihil. De reden daarvoor is op basis van deze experimenten niet te achterhalen, maar blijkbaar zijn positieve en negatieve effecten van de verschillen in klimaat netto geen reden van verschil in productie geweest. De overeenkomst tussen beide kassen is geweest dat de uitstraling in de nacht beperkt is. Bij het IC door intensief gebruik van de schermen en in de VenLow kas door het dekmateriaal en gebruik van folie. In beide kassen is gestreefd naar een optimaal klimaat gegeven de stand van het gewas In de VenLow Energy kas was er ook geen last van vruchtrot, en ook daar was het vruchtgewicht later in het seizoen lager.



Figuur 15 Lengte groei en plantbelasting in de twee teelten.



Figuur 16 Cumulatieve productie in de twee teelten.



Figuur 17 Etmaal Temperatuur en Relatieve luchtvochtigheid en CO₂ concentratie van de twee kassen. De CO₂ concentratie is het gemiddeld van de waarde van 9 tot 18 uur.

6 Conclusie en aandachtspunten

De hoofddoelstellingen voor deze proef:

- Telen met dubbel scherm gericht op een regeling gebaseerd op minimaliseren van uitstraling en voorkomen van klimaatschokken.
- Gasverbruik voor verwarming is maximaal 20 m³/m².

Zijn beide goed gerealiseerd.

Het intensieve gebruik van de schermen dat hiervoor nodig was is niet nadelig geweest voor de kwaliteit. Wel was het gemiddelde vruchtgewicht in het tweede deel van de teelt lager dan gewenst, wat betekent dat er meer arbeid in oogsten per kg nodig is en het product in een ander segment van de markt wordt afgezet.

Het Luxous 1147 FR scherm is 4614 uur 100% gesloten en 2685 uur volledig open geweest en het Luxous 1547 D FR scherm is 4186 uur 100% gesloten en 2952 uur volledig open geweest op een totale teeltduur van 8375 uur. De overige uren waren de schermen deels gesloten.

Er is vrijwel geen binnenrot gevonden in vruchten die een week bewaard waren. Dit gunstige feit is toegeschreven aan de vermindering van de uitstraling, waardoor de verdamping vanuit de kop van het gewas gestimuleerd wordt. Dit is gunstig voor de Ca opname van jonge vruchten. Een andere gevolg is dat op en in jonge vruchten minder condensatie zal plaatsvinden. Er zijn in deze proef echter geen vergelijkende behandelingen opgenomen zodat het uitblijven van binnenrot niet statistisch onderbouwd aan het schermgebruik kan worden gerelateerd.

Een klein experiment in de parallel uitgevoerde proef in de Venlow Energy kas bij WUR heeft laten zien dat het plukken van blaadjes in de kop snel tot een groeireductie leidde.

Het gebruik van de netto stralingsmeter geeft inzicht in de energie die de plant in de nacht verliest. Die is bij gebruik van 2 doeken gecorreleerd aan het verschil in temperatuur over de doeken. De netto-stralingsmeter is niet gebruikt voor de klimaatregeling en ook de pyrgeometer heeft geen invloed op de regelacties. Zolang het schermgebruik gericht is op een maximale benutting van de schermen waarbij gewerkt wordt met de globale straling en de temperatuur boven het scherm zijn beide meters niet nodig voor een energiezuinige regelstrategie.

De gewasgezondheid is goed geweest, voor de beheersing van plagen zoals luis en witte vlieg is de normale werkwijze met geïntegreerde bestrijding voldoende.

Watergift en bemesting zijn op normale wijze toegepast.

In het begin van de teelt was de relatieve luchtvochtigheid vergeleken met praktijk bedrijven laag. Hierbij zijn twee aspecten te noemen. De kas van het Improvement Centre is relatief lek, wat onder meer te zien is aan het dalen van de CO₂ concentratie in de nacht. Hierdoor blijft de verdamping van het gewas onder gesloten doeken goed, zonder dat dit tot problemen leidt. Hiertegenover staat dat het nieuwe telen zorgt voor een andere vochtbalans van kas en plant. Het dek is met gesloten doeken kouder waardoor er meer condensatie optreedt en er wordt minder gestookt met buizen zodat er minder vocht wordt geproduceerd. Hierdoor zal de kas droger blijven. Bij opschaling moet met deze effecten rekening gehouden worden, in de praktijk zal een kas vochtiger zijn, waarop tijdig moet worden gereageerd in de instellingen van schermen en luchten.

De resultaten van dit experiment sluiten goed aan bij de gedachten van het nieuwe telen over plantbalans en het effect van uitstraling op het gewas. Als de plantbalans in energie, vocht en assimilaten goed is kan de productie van een gewas op hoog niveau komen en heeft dit voor de gewasgezondheid een gunstig effect. Dit is in deze proef gerealiseerd door de temperatuur lichtverhouding vanaf maart in een constante verhouding te sturen en de schermen maximaal te benutten tegen uitstraling, daarbij is geen minimumbuis temperatuur gebruikt.

Literatuur

Gelder, A. de; Warmenhoven, M.G.; Grootcholten, M.; Zwinkels, J. ,2011.

"Het Nieuwe Telen" Paprika. Bleiswijk : WUR Glastuinbouw, Rapport GTB 1103 - 56 p.

Schuddebeurs, Lianne; Grootcholten, M.; Burg, R. van der; Ven, E. van der; Gelder, A. de; Arkestijn, Paul; Maat, Remy., 2015.

Het nieuwe telen: Energiezuinig komkommers telen. Bleiswijk : DLV GreenQ.

Vermeulen, P. 2014.

Kwantitatieve informatie voor de Glastuinbouw. Kengetallen voor Groenten, Snijbloemen, Pot- en Perkplanten. Editie 23. WUR Glastuinbouw. Rapport GTB 5067.

Weel, Peter van, 2014.

Twee doeken met twee transparante folies geven 50% energiebesparing. Onder Glas 11(4):38-39

Zwart, F. de, 2017.

Paprikateelt in de hooggeïsoleerde VenLow Energy kas. In press

Bijlage 1 Samenvatting adviezen aanpassing klimaatregeling

Samenvatting van de adviezen voor aanpassingen in de klimaat regeling											
Datum	Stook	VN	N	ventilatie	N	CO2	Buis	Scherm (boven)	Dicht	Scherm (onder)	Schaduw
	D			D			Maximum	Open	1.5 uur na zon-op	Open	Dag
7-12-2015	20		20	28	28	500		1.5 uur na zon-op	1.5 uur voor zon-onder		
8-12-2015	21		21								
9-12-2015	22		22								
10-12-2015	23		22								
4-1-2016	20.5		18			750	50	2.5 uur na zon-op straling > 100 W/m ²	2.5 uur voor zon-onder	instraling > 200 W/m ² ΔTKes-Nok < 4° C	
11-1-2016							45			ΔTKes-Nok < 4° C	
18-1-2016							50			ΔTKes-Nok < 4° C	
25-1-2016	20.5 10:00-16:00	16:00-0:00 18	19 2:00-8:00	26	26					ΔTKes-Nok < 4° C	
8-2-2016	+3: 150-300 W/m ² 10:00-17:00						45 N / 40 D			instraling > 250 W/m ²	
29-2-2016		17:00-0:00 17									
7-3-2016		+2: 200-800 J/cm ² dag +2: 200-1000 J/cm ² dag		27	27		55 N / 40 D				
14-3-2016											
29-3-2017		18:00-0:00	2:00-7:00					2 uur na zon-op	2 uur voor zon-onder	instraling > 300 W/m ² ΔTKes-Nok < 5° C	
4-4-2016											
11-4-2016				22 vanaf 11:00 +1/uur tot 27 oC							
18-4-2016	geen stralingsvloed 9:00-17:00	+2: 800-1600 J/cm ² dag 19	2:00-6:00 opstoken van 19 oC om 0:00 naar 21 oC om 8:00								boven 80% onder 40% > 700 W/m ²
2-5-2016	8:00-17:00	geen lichtsom verhoging									

Samenvatting van de adviezen voor aanpassingen in de klimaat regeling											
Datum	Smaak	VN	N	Ventilatie	CO2	Buis Maximum	Scherm (boven)	Scherm (onder)	dicht	Schaduw	
	D			D	N	50	Open	Open		Daag	
9-5-2016										onder 20%	
30-5-2016	8:00-18:00	19:00-0:00	20.5oC om 8:00	22oC +3oC 2-6 VD 6:30-11:00 21oC +6oC 2-6 VD 11:00-21:00 uur				1.5oC boven ingestelde T stook beide schermen op 80% tegen uitstraling tussen 2:00-7:00 100%			
6-6-2016	7:00-19:00	17 oC 19:00-2:00	opstoken van 17 oC om 2:00 naar 20.5oC om 7:00		aflichten op 18.5oC met maximum raam 10%		>75W/m2				
20-6-2016		19.oC			aflichten op 21 oC met maximum raam 10%						
27-6-2016				21.5 oC +3 oC 2-6 VD 4:30-11:00 21.5 oC +6 oC 2-8 VD 11:00-22:00							
25-7-2016											
5-9-2016										600 W/m2	
19-9-2016		19:00-0:00 20 oC	opstoken van 0:00 naar 20.5 oC om 8:00							20:00 uur	
24-10-2016	22oC 8:00-17:00	17:00-0:00	opstoken van 0:00 naar 22 oC om 8:00	23oC	23oC		>100W/m2	T buiten moet lager dan 18 oC voor 100 % sluiting in de nacht		>250 W/m2	

Bijlage 2 Verslagen rookproeven

Verslag Rookproef Improvement Centre paprikaproef 26-1-2016

Begin Januari zijn er bij de paprikaproef metingen gedaan. De horizontale temperatuurverschillen in de kas zijn gemeten met de Kasnivolatoren aan en afzonderlijk met de horizontale ventilatoren aan.

De horizontale ventilatoren gaven een uniformere horizontale temperatuurverdeling dan de verticale Nivola ventilatoren. Nu is een horizontale ventilator bedoelt om horizontaal verschillen op te heffen en een verticale ventilator om dit verticaal op te heffen. Toch was dit temperatuurverschil niet helemaal wat we gedacht hadden met de Nivolatoren.

Op 26-1-2015 hebben we een rookproef gedaan om de patronen van de verschillende ventilatoren te bekijken. Het gewas is ongeveer 1 meter hoog

Horizontale ventilatoren aan:

De rook wordt over de lengte van de kas verspreid. Opvallend is wel dat de rook niet direct de ventilator in gaat maar vooral mee wordt genomen in de uitblaas van de ventilator. Ook direct onder de ventilator was luchtbeweging te zien.

Alle ventilatoren uit:

Weinig tot geen luchtbeweging.

Nivolatoren aan:

In eerste instantie was de aanzuiging van de ventilatoren goed, maar het uitblaaspatroon niet. De rook bleef aan het doek hangen door het Coanda effect. De afstand van de ventilator t.o.v. het schermdoek was te klein. We hebben de Nivolatoren ongeveer 25 cm verlaagd. Dit gaf een veel beter luchtpatroon. Ook zag je meteen dat het schermdoek niet meer bewoog. De lucht werd onder de ventilator aangezogen en in een hoek weer naar beneden gebracht. De verspreiding was duidelijk te zien. Daarnaast waren een aantal waaiersbladen sterk verbogen, deze zijn weer gesteld op de standaard schoephoek.

Conclusie:

De horizontale ventilatoren voldeden aan de verwachting, wat ook uit de metingen bleek.

De verticale Nivolatoren waren te dicht op het schermdoek geplaatst waardoor ze niet functioneerde. Ook waren de schoepen sterk verbogen. Deze zijn nu afgesteld op de situatie. De meting zal opnieuw worden uitgevoerd.

Verslag werking Nivolatoren middels rookproef in paprika bij Improvement Centre 06-10-2016.

De volgende rookproeven zijn gedaan:

Met 900 toeren Nivolatoren op 60% van de capaciteit, dwz 540 rpm.

Met 900 toeren Nivolatoren op 80% van de capaciteit dwz 720 rpm.

Zonder verticale en horizontale ventilatoren.

Alleen horizontale ventilatoren.

Omstandigheden tijdens deze rookproef:

Schermdoeken dicht.

Verwarmingsbuizen stonden aan. Deze stonden tijdens de paprikaproef grotendeels uit.

Nivolatoren op 60% van de capaciteit:

De Nivolatoren hebben tot nu toe in de proef slechts op 60% van de capaciteit gedraaid.

Tijdens deze rookproef zagen we dat de rook/lucht goed werd aangezogen door de Nivolator. De spreiding van de lucht werd schuin naar beneden uitgeblazen over het gewas heen. Hierdoor ontstond er een luchtbeweging rond de kop van het gewas.

Wat op viel was dat de lucht die uitgeblazen werd niet verder/goed door het gewas naar beneden werd geblazen. Aangezien de motoren slechts op 60% van de capaciteit draaien, nl. 540 rpm blijkt uit de proef dat dit niet voldoende is om de lucht goed door het hoge en dichte gewas te circuleren.

Wel was zichtbaar dat door het gewas een luchtbeweging was, maar die werd meer veroorzaakt door de buizen en de "trek" in de afdeling.

Nivolatoren op 80% van de capaciteit:

Als de 900 toeren motor op 80% draait heeft deze ongeveer 720 rpm. Deze stand is gelijk aan de standaard 700 toeren Nivolator.

Tijdens de rookproef werd de rook goed aangetrokken door de Nivolator. De Nivolator spreidde de lucht goed uit, waardoor elk stuk in de kas bereikt werd.

Wij zagen tussen de paden dat de rook steeds dieper naar beneden kwam en goed doordrong tussen de bladeren/het gewas. De rook die tot de grond was gezakt werd weer aangezogen door de Nivolator. Ook hier zagen we luchtbeweging onderin het gewas die meer door de buizen en de "trek" in de afdeling werd bepaald daardoor zorgt een vrijruimte onder de goot voor een gemakkelijke horizontale beweging

De Nivolator zorgde in deze stand voor een lichte beweging van de bladeren in de top van de planten.

Daarna hebben wij de rook in een paar paden verder van de Nivolator gespoten. Het dichte gewas bleek geen barrière voor de luchtbeweging te zijn. De lucht bewoog ook op 2 meter hoogte horizontaal door het gewas. Na een aantal minuten zag je de rook weer aangetrokken worden door de Nivolator waardoor de rook/lucht verdeeld werd tussen het gewas tijdens deze opstelling.

Zonder horizontale en verticale ventilatoren:

De rook werd over de grond gespoten. De rook steeg direct op in één rechte lijn. Wanneer de rook boven het gewas kwam bleef de rook daar hangen. De rook die direct naar boven steeg kwam voornamelijk door de warme lucht van de verwarmingsbuizen die aanstonden, wat in tegenstelling was met de paprikaproef dit jaar waarbij de verwarmingsbuizen het grootste gedeelte van de paprikaproef uitstonden. Verder werd er luchtstroming gezien direct onder de teeltgoten door en door het gewas als reactie op verschillen in gevel temperatuur.

Daarnaast hebben we tijdens deze opzet, de rook langs de wanden gespoten. Bij de buitengevel ontstond er een kouval. Op te merken was dat er aan deze kant 2 van de 4 buizen niet aanstonden. Deze zijn gekoppeld aan de groeibuis.

Bij de gevel aan het pad waar de verwarmingsbuizen buizen allemaal wel aan stonden was goed te zien dat de lucht omhoog langs de wand ging.

Tijdens deze opstelling hebben wij op het pad ook wat rook gespoten, om te zien wat voor luchtstroom er in de kas is zonder circulatie. We zagen dat er een lichte luchtstroom is richting de Lisianthus kas.

Horizontale circulatie:

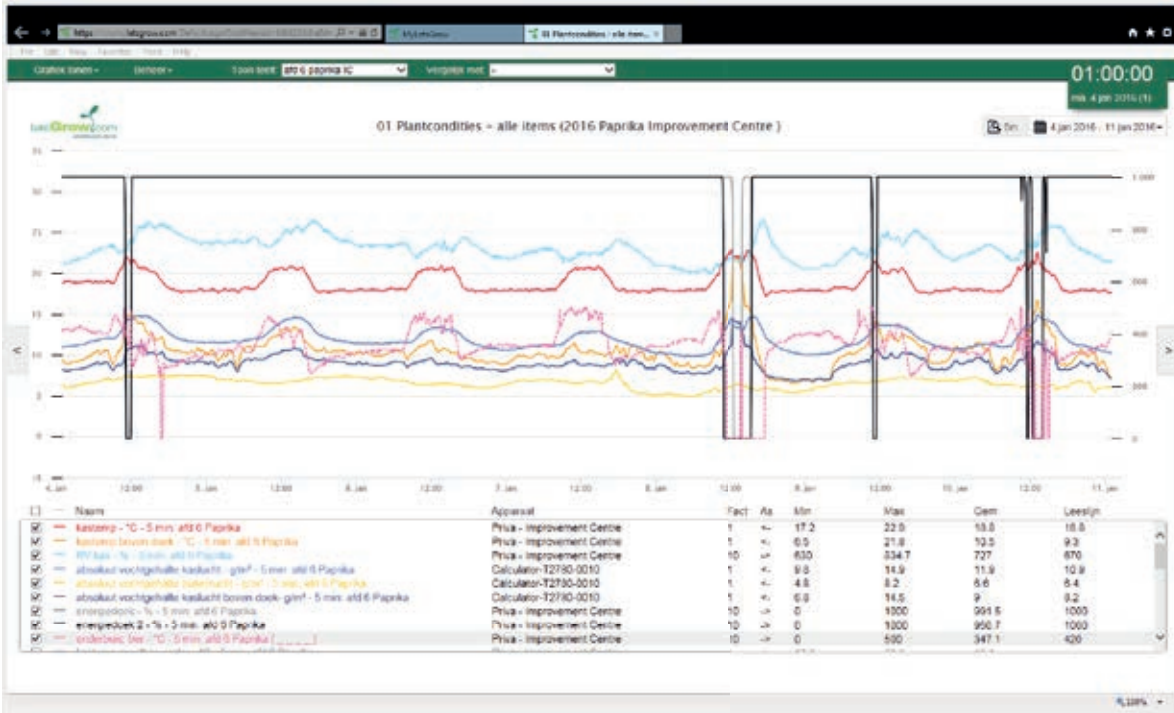
De rook tijdens deze opstelling werd ingespoten in de ventilator die de lucht van de ene gevel naar de andere gevel waar het pad is circuleerde. De rook werd over het gewas heen geblazen. Met een sterke beweging van het gewas recht voor de ventilator. Deze rook bereikte de gehele lengte van de kas, bij de gevel van het pad kwam de lucht naar beneden. Hier was kouval te voelen, de lucht was blijkbaar afgekoeld langs een koel schermdoek. Twee van de drie horizontale ventilatoren stonden wat omhoog gericht. Deze bliezen hun lucht tegen het scherm aan waardoor de schermen bewogen.

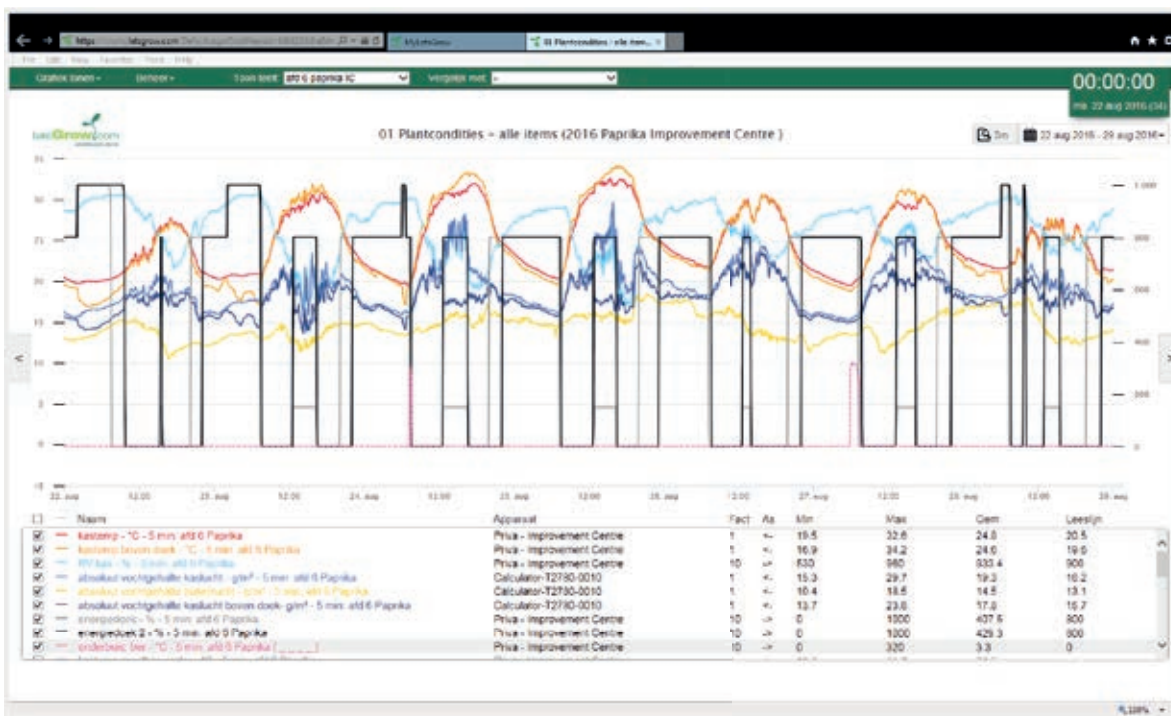
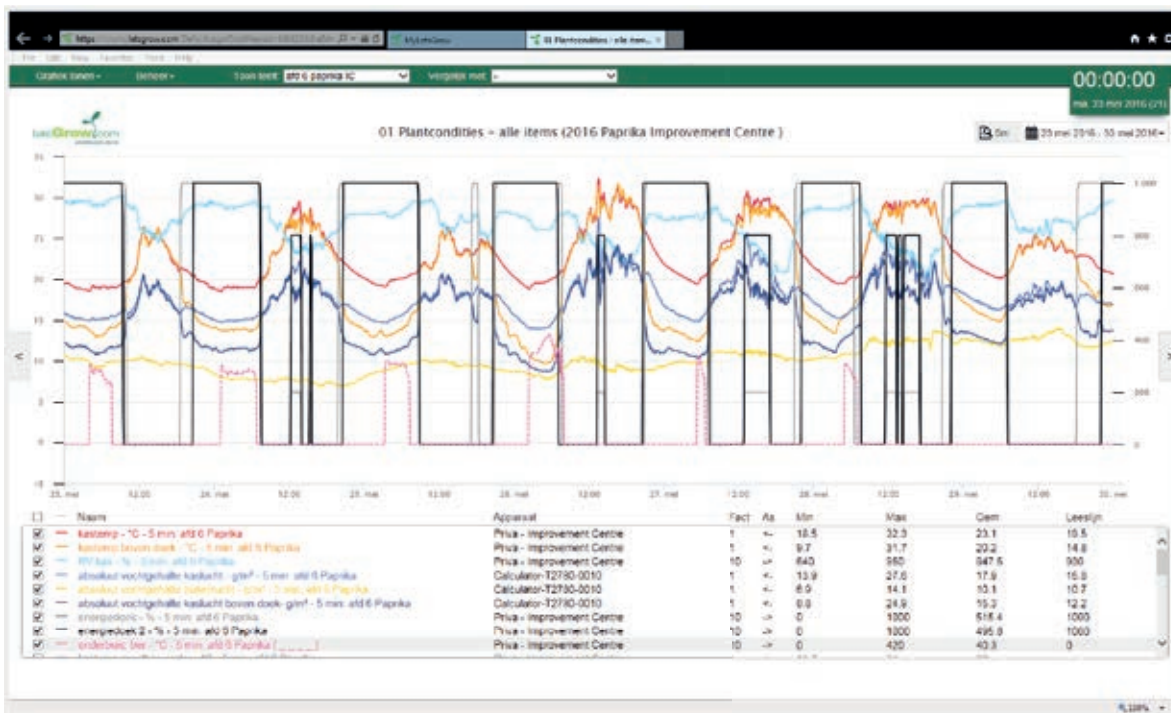
Als we keken naar wat de luchtbeweging tussen het gewas deed, was goed te zien dat de lucht recht omhoog steeg door de paden, waarbij het verschil met de Kasnivolator is dat de lucht ook op 2 meter hoogte horizontaal door het gewas bewoog.

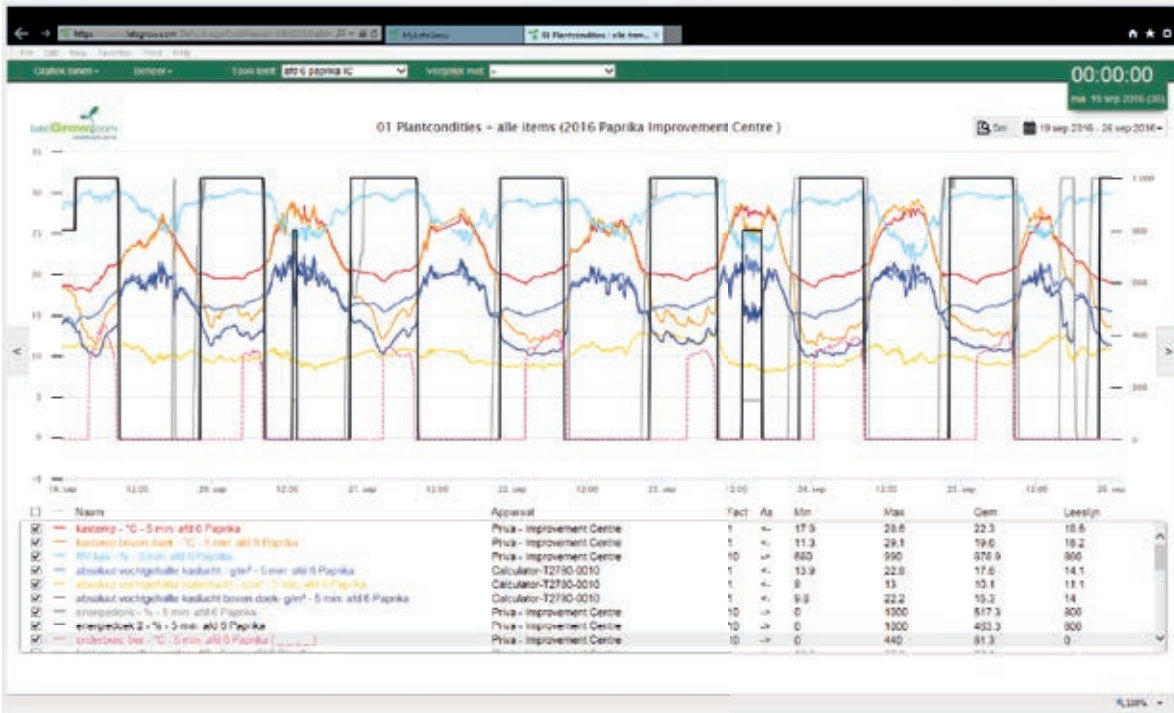
Bij de horizontale ventilatoren zie je dat de lucht de weg van de minste weerstand kiest en recht omhoog stijgt tijdens deze proef met de warmtebuizen die aanstonden. Maar ook dat de geveltemperatuur een belangrijk effect heeft op het patroon van de luchtbeweging.

Bijlage 3 Voorbeelden van gerealiseerd klimaat

In onderstaande figuren worden voor een aantal weken voorbeelden gegeven van het verloop van kasttemperatuur, luchtvochtigheid, schermen en verwarming.







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

Glastuinbouw Rapport GTB-1434

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.