



# Met LED naar een Perfecte Chrysant Teelt 16-19

Energiezuinige demonstratieteelten bij Delphy Improvement Centre

Marcel Raaphorst<sup>1</sup>, Arie de Gelder<sup>1</sup>, Lisanne Helmus-Schuddebeurs<sup>2</sup>, Richard van der Stoep<sup>2</sup>  
en Paul de Veld<sup>3</sup>

Rapport WPR-1135

1. Wageningen Plant Research, 2. Delphy Improvement Centre, 3. Delphy

## Referaat

Bij het project De Perfecte Chrysant worden energiebesparende maatregelen getest om hiermee tot een klimaatneutrale chrysantenteelt te komen. De basis daarvoor vormen het gebruik van LED-belichting, actieve ontvochtiging met warmteterugwinning en intensief gebruik van schermen. De temperatuur- en luchtvochtigheidsregeling in de teelten 16 tot en met 19 was gericht op het verbeteren van de lichtbenuttingsefficiëntie met behoud van een goede productkwaliteit. Het netto verbruik voor verwarming en ontvochtiging komt op 44 kWh/m<sup>2</sup> voor elektriciteit voor de warmtepomp en 7,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> aan aardgasequivalenten voor de resterende warmtevraag. Naast Baltica is het bladgevoelige ras Chic op grotere oppervlakten gebruikt en is van meerdere rassen in kleine veldjes de eindkwaliteit gescoord.

## Abstract

Energy-saving measures are being tested in the project "De Perfecte Chrysant" in order to achieve climate-neutral chrysanthemum cultivation. The basis for this is the use of LED lighting, active dehumidification with heat recovery and intensive use of screens. The temperature and humidity control in crops 16 to 19 was aimed at improving the light utilization efficiency while maintaining good product quality. The net consumption for heating and dehumidification amounts to 44 kWh/m<sup>2</sup> electricity for the heat pump and 7.5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> natural gas equivalents for the remaining heat demand. In addition to Baltica, the leaf-sensitive variety Chic was used on larger areas and the final quality of several varieties was scored in small fields.

## Rapportgegevens

Rapport WPR-1135

Projectnummer: 3742274200

DOI: <https://doi.org/10.18174/567864>

Thema: Energie

Dit project is gefinancierd vanuit het programma Kas als Energiebron, het innovatie- en actieprogramma voor energiebesparing en verduurzaming in de glastuinbouw van Glastuinbouw Nederland en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Verder hebben bijgedragen ChrIP, de stekleveranciers Deliflor, Dümmer Orange, Van Zanten en Floritec, en de participanten Signify, Koppert, en LetsGrow.com. Daarnaast is het project veel dank verschuldigd aan de telers die de proeven hebben begeleid.

## Disclaimer

© 2022 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research).

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research 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

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
	1.1 Probleemstelling	7
	1.2 Doelstellingen	7
<b>2</b>	<b>Methode</b>	<b>9</b>
	2.1 Kasuitrusting	9
	2.2 Gewasmetingen	10
	2.3 Teelten	10
	2.4 Teeltplan en uitvoering	11
	2.4.1 Daglengte	12
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>15</b>
	3.1 Teeltresultaten Baltica	15
	3.1.1 Reactietijd	15
	3.1.2 Productie en LBE	16
	3.1.3 Verloop van de LBE	18
	3.1.4 Perfectiescore	19
	3.1.5 Drogestof	20
	3.1.6 Plantdichtheidsproeven	21
	3.2 Teeltresultaten Chic	21
	3.2.1 LD periode en Reactietijd	21
	3.2.2 Productie en LBE	22
	3.2.3 Perfectiescore	24
	3.3 Andere cultivars	25
<b>4</b>	<b>Inzet van middelen</b>	<b>27</b>
	4.1 Energie input in onderzoek is niet gelijk aan praktijk	29
	4.2 Warmte	29
	4.3 Koeling/Warmteoogst	30
	4.3.1 Warmtebalans	31
	4.4 Vochtafvoer via LBU	33
	4.5 Ventilatie	34
	4.5.1 Invloed insectengaas op ventilatiecapaciteit	36
	4.6 Verneveling	37
	4.7 Belichting	38
	4.8 Schermen	40
	4.9 Berekening	42
<b>5</b>	<b>Kasklimaat</b>	<b>43</b>
	5.1 Temperatuur en Luchtvochtigheid	43
	5.2 Licht - Temperatuur verhouding	45
	5.3 CO <sub>2</sub> concentratie en verdeling	46
	5.4 Netto straling	47

<b>6</b>	<b>Evaluatie doelstellingen</b>	<b>49</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>51</b>
	<b>Bijlage 1 Cultuurkaarten</b>	<b>53</b>
	<b>Bijlage 2 Bladanalyses</b>	<b>57</b>
	<b>Bijlage 3 Communicatie</b>	<b>59</b>
	<b>Bijlage 4 Teeltplannen per teelt</b>	<b>61</b>

# Samenvatting

Bij het project De Perfecte Chrysant (DPC) worden energiebesparende maatregelen getest om hiermee tot een klimaatneutrale chrysantenteelt te komen. Dit past in het streven naar een fossielvrije en klimaatneutrale Glastuinbouwsector. De basismaatregelen bij Chrysant vormen het gebruik van LED-belichting, actieve ontvochtiging met warmteterugwinning en intensief gebruik van schermen. Van 12 augustus 2020 tot en met 20 juni 2021 zijn de teelten 16 tot en met 19 uitgevoerd. Deze teelten zijn met name gericht op het verbeteren van de lichtbenuttingsefficiëntie (LBE) onder  $185 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$  full-LED, en op de verbetering van de bladkwaliteit. Vanwege dat laatste is naast het hoofdras Baltica het bladgevoelige Chic als tweede hoofdras geïntroduceerd. Daarnaast zijn kleine veldjes met Hardwell, Pastella, Zembla, Romance, Baretti, Prosecco en/of Pina Colada geplant. De luchtbehandelingskasten hebben een capaciteit van  $12 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{uur})$ , waarmee buitenlucht kan worden aangezogen, of kaslucht kan worden gekoeld en ontvochtigd. In de simulaties van de warmtebalans is ervan uitgegaan dat de warmte die vrijkomt bij het koelen en ontvochtigen gedurende maximaal een week kan worden opgeslagen voordat het wordt ingezet om de kas te verwarmen. De luchtramen zijn voorzien van  $(0,8 * 0,8 \text{ mm})$  insectengaas en er kan worden verneveld. Naast het voor chrysanten gebruikelijke verduisteringsscherm is ook een scherminstallatie met een transparant energiedoek aanwezig. De teelten van Baltica en Chic zijn ieder vergeleken met de teelt van een praktijkbedrijf met hetzelfde ras en dezelfde plantdatum.

De LBE bleek bij de meeste teelten van DPC hoger uit te vallen dan bij die van de praktijkbedrijven. Deze verbetering is een samenspel van factoren. Zo is de lichtverdeling over de dag gelijkmatiger door het hogere aandeel kunstlicht en de lagere lichttransmissie van de kas, de  $\text{CO}_2$  concentratie is gelijkmatig door de exacte dosering en de luchtvochtigheid en temperatuur kunnen worden afgestemd op de teeltfase,

Het verloop van de LBE geeft vrijwel altijd dezelfde trend aan. In het begin van de teelt is de LBE laag, omdat de kleine planten nog niet al het licht kunnen absorberen. De LBE wordt optimaal na 2 à 3 weken en daalt dan langzaam tot het einde van de teelt.

De bladkwaliteit van Chic en enkele rassen uit de kleine veldjes bleef onder de maat. Genoemde mogelijke oorzaken hiervan zijn:

- Aan het einde van de langedag(LD) periode is geregeld, maar vooral in de herfst en winterenteelt gebreksblad te zien geweest. Mogelijk bleef de nutriëntenopname achter bij de assimilaten aanmaak door de intensieve belichting en heeft dit tot een matige bladkwaliteit onderin geleid.
- LED-lampen geven minder warmtestraling, waardoor de verdamping van de onderste bladeren lager is dan bij zonnestraling of SON-T belichting.
- Door de hoge plantdichtheid wordt de hoeveelheid licht op, en de verdamping van de onderste bladeren mogelijk te laag om het blad te onderhouden.
- Ondanks de lagere luchtvochtigheid ten opzichte van voorgaande teelten, is bij DPC een hogere luchtvochtigheid aangehouden dan bij het praktijkbedrijf van Chic.

De reactietijd was bij DPC meestal 1 dag langer dan bij de praktijkbedrijven. Dit werd vooral geweten aan de lagere nachttemperatuur bij DPC.

Het aanhouden van een lagere luchtvochtigheid dan tijdens voorgaande teelten, heeft geleid tot een hogere inzet van warmte. Als het warmtegebruik van de vier teelten wordt vertaald naar een jaar, dan zou dat neerkomen op  $21 \text{ m}^3/\text{m}^2$  aan aardgasequivalenten. Door het intensieve ontvochtigen is meer warmte geoogst, waardoor het netto verbruik voor verwarming en ontvochtiging neerkomt op  $44 \text{ kWh}/\text{m}^2$  voor elektriciteit voor de warmtepomp, en  $7,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$  aan aardgasequivalenten voor de resterende warmtevraag. De jaarlijkse elektriciteitsvraag voor belichting komt neer op 2700 belichtingsuren met  $74 \text{ W}/\text{m}^2$ , ofwel  $200 \text{ kWh}/\text{m}^2$ . De jaarlijkse  $\text{CO}_2$ -vraag wordt geschat op  $23 \text{ kg}/\text{m}^2$ . Deze uitkomsten gelden voor deze afdeling met de gebruikte installaties. Voor een praktijktoepassing op 5-7 ha zal onder andere met een hogere efficiëntie van de LED-lampen, minder warmte-afgifte door de lampen, een hogere lichttransmissie van de kas en andere gevelinvloeden gerekend moeten worden.

Tijdens teelt 17 zijn voor Baltica veldjes uitgezet met verschillende plantdichtheden. Uit de productiemetingen van deze veldjes is geen invloed van de plantdichtheid op de totale productie in g/m<sup>2</sup> aangetoond. Dat betekent dat het takgewicht gemiddeld omgekeerd evenredig is met de plantdichtheid. Een hogere plantdichtheid leidt wel tot een iets grotere ongelijkheid.

# 1 Inleiding

Sinds februari 2017 worden in een afdeling van 1000 m<sup>2</sup> bij Delphy Improvement Centre te Bleiswijk chrysantenteelten op een energiezuinige wijze uitgevoerd. Deze proeven hebben de werktitel 'De perfecte chrysant' meegekregen. Dit rapport betreft teelten 16 tot en met 19, die in de laatste helft van 2020 en de eerste helft van 2021 hebben plaatsgevonden.

## 1.1 Probleemstelling

In het project met LED naar een perfecte Chrysant worden met Baltica, afhankelijk van het seizoen, redelijke tot goede resultaten bereikt. De gevolgde teeltwijze in het project "Met LED naar een perfecte Chrysant" is energiezuiniger dan de gangbare wijze met SON-T en een vaste minimum-buis. Elke periode van het jaar heeft zijn eigen uitdagingen om optimaal te telen. In de zomer is dat: met insectengaas en verneveling de temperatuur beheersen. In het najaar: de vochtbeheersing onder gesloten schermen door actieve ontvochtiging. In de winter: de combinatie van LED met plantdichtheid en vochtbeheersing en dat zonder minimumbuis en zonder vertraging in de teelt. Het telen in dit demonstratieproject is duidelijk verbeterd in de loop van de teelten die in voorgaande chrysantenprojecten zijn afgerond, maar voor de praktijk is het telen met full led nog steeds een uitdaging.

In de eerste winterteelt (2019-2020) onder full led was de lichtbenutting niet voldoende hoog, waardoor de takken te licht werden met te weinig bloemen. De mogelijke oorzaken hiervoor worden gezien in een te hoge plantdichtheid, een te lage luchtvochtigheid of een lagere efficiëntie van de fotosynthese onder het gebruikte spectrum of een te lage gewastemperatuur. Voor verdere onderbouwing van de teeltwijze met full led in combinatie met insectengaas, actieve ontvochtiging en verneveling is het onderzoek met een jaar (= 4 teeltronden) verlengd om daarbij te laten zien dat het naast Baltica ook voor andere, meer bladkwaliteit-gevoelige, rassen mogelijk is om op deze wijze te telen.

## 1.2 Doelstellingen

### *Technische doelstellingen*

De combinatie van actieve ontvochtiging met warmteterugwinning, verneveling, insecten gaas, gelimiteerde CO dosering en belichting met LED R/W/B optimaal inzetten voor een energiezuinige duurzame chrysantenteelt.

- Realiseren van minimaal dezelfde LBE en reactietijd als in de praktijk, bij teelten onder 185  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2.\text{s})$  full LED.
- Realiseren van minimaal dezelfde zomerkwaliteit en reactietijd als in de praktijk bij gebruik van insectengaas.
- Realiseren van betere bladkwaliteit bij bladgevoelige rassen bij gebruik van het teeltsysteem zonder minimumbuis en met actieve ontvochtiging.

### *Energiedoelstellingen*

- Het beperken van de inzet van fossiele warmte tot ca 4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> per jaar. Alle overige warmte (max 11 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.jaar) is afkomstig uit de actieve ontvochtiging met inzet van een warmtepomp.
- Voor de warmtepomp is 40 kWh/m<sup>2</sup>.jaar aan elektriciteit nodig.
- De belichting met 185  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2.\text{s})$  is afkomstig van LED met een totaal energie input van 180 kWh/m<sup>2</sup>.jaar.

### *Nevendoelstellingen*

- Testen in welke mate de plantdichtheid kwaliteit en de lichtbenuttingsefficiëntie (LBE) van chrysant beïnvloedt.
- Verdere onderbouwing van de groeianalyse van Chrysant door tussentijdse waarnemingen van versgewicht, drooggewicht, bladgrootte en lengte.
- Beoordeling van kwaliteit op een gestandaardiseerde wijze.
- Effect van planttemperatuur en ontvochtiging op groei van chrysant beschrijven.





## 2 Methode

In afdeling 5 van het Delphy Improvement Centre zijn 4 teelten met chrysant uitgevoerd. Deze zijn begeleid door een vaste groep telers. Naast de hoofdassen Baltica en Chic zijn volgende keuzerassen geteeld: Hardwell, Pastella, Zembla, Romance, Baretti, Prosecco en Pina Colada.

Het teeltdocument dat voor het project 'Met Led naar een Perfecte Chrysant' is geschreven, is op basis van de resultaten uit dat project aangepast voor dit vervolg. Een voorbeeld is een gerichter inzet van de ontvochtiging. Een hogere vochtigheid (kleiner VD) aan het begin van de teelt en tegen de bloei een iets lagere vochtigheid (hoger VD).

De plantdichtheden zijn tijdens de winterteelt (teelt 17) gevarieerd. De standaard plantdichtheid is 58.1 planten per m<sup>2</sup>. Hiernaast zijn proefveldjes met 52.5, 55.3, 61.9 en 67.5 planten per m<sup>2</sup> gemaakt. Van iedere plantdichtheid zijn vier proefveldjes (geward) verdeeld over kas. Hiervan is alleen een eindmeting gedaan. In de winterteelt is de temperatuurstrategie meer gericht op voldoende afvoer van vocht door ventilatie en met meer warmte-inbreng om de planttemperatuur te sturen. De belichting wordt in twee delen geschakeld waarbij de dag altijd begint en eindigt met R/W/B. De aanwezige R/B modules worden later aan en eerder afgeschakeld.

Remstof bespuitingen zijn uitgevoerd met een spuitboom, afhankelijk van lengte-ontwikkeling van het gewas en verwachte klimaat.

Het kasklimaat en het gebruik voor verwarming, ontvochtiging, CO<sub>2</sub>-dosering en belichting zijn dagelijks vastgelegd en met de BCO gedeeld o.a. via LetsGrow en middels weekrapporten. De CO doseercapaciteit is gelimiteerd op 120 kg/(ha.uur). Dat is niet veranderd ten opzichte van voorgaande teelten.

Wekelijks is een groep met begeleidende telers, een teeltadviseur, onderzoeker en proefleider bijeengekomen om de ontwikkelingen in de teelt te bespreken. De gewasbescherming, de watergift en de bemesting zijn ook in het wekelijks overleg geëvalueerd. De gewasbescherming heeft als basis biologische bestrijding van trips en eventueel andere insecten.

### 2.1 Kasuitrusting

Een kasfaciliteit bij het Delphy Improvement Centre van 1000 m<sup>2</sup> is een 9.6 m tralie Venlokaas ingericht voor chrysantenteelt. Het kasdek is diffuus glas met 2 AR-coatings: 80% haze, 95,5% loodrechte en 85% hemisferische transmissie. Er zijn twee doeken een verduisteringsdoek met witte onderzijde (Obscura 10070 FR WB+BW) en een energiedoek (Luxous 1347 FR).

De afdeling is uitgerust met Full LED ( $\pm 185 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ ) assimilatie belichting. Dit wordt bereikt met twee type lampen  $95 \mu\text{mol}/(\text{m}^2.\text{s})$  R/B (94%/6%) en  $90 \mu\text{mol}/(\text{m}^2.\text{s})$  R/W/HB (ca 73%/6%/22%). Het geïnstalleerd elektrisch vermogen is 74 W/m<sup>2</sup>. De belichting kan in twee delen worden aan- en afgeschakeld.

Er is in april 2019 een systeem geïnstalleerd voor actieve ontvochtiging gebaseerd op warmtewinning en hergebruik hiervan op dagbasis; Van Dijk heating AVS met slurven boven het gewas. De installatie kan maximaal 12 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.uur rondblazen, waarbij het mogelijk is om in plaats van kaslucht ook buitenlucht aan te zuigen. De luchtramen zijn voorzien van grofmazig insectengaas (0.8 \* 0.8 mm). Er is een hogedruk nevelinstallatie die 500 gr/(m<sup>2</sup>.uur) aan water kan vernevelen.

## 2.2 Gewasmetingen

Tijdens elke teelt is de ontwikkeling van de takken intensief gevolgd door planten te meten op een aantal plantkenmerken. Daarvoor worden bij de start, bij begin korte dag en daarna elke week (3x) en vervolgens elke twee weken 60 takken (3 veldjes van 20 planten) gemeten. Aan het eind van de teelt zijn eveneens 60 takken (3 veldjes van 20 takken) gemeten.

Voor een referentiebedrijf zijn steeds 20 takken per keer gemeten, daarbij is voor de beide hoofdassen een referentiebedrijf gekozen in overleg met de telers. Bij het einde van de teelt zijn per referentiebedrijf 2\*25 takken gemeten.

Uit de kasklimaatgegevens zijn gegevens over energiegebruik per teelt berekend. De resultaten zijn vergeleken met die van de eerdere teelten in deze afdeling.

In de teelten is de gewastemperatuur gevolgd met IR meters.

Met de eindmeting is hetzelfde meetprotocol voor het objectiveren van de kwaliteit van het eindproduct gebruikt, als bij de voorgaande teelten.

## 2.3 Teelten

In Tabel 1 zijn de plantdatum, het aantal dagen met een korte nacht (LD) en de plantdichtheid per teelt en per bedrijf weergegeven. Het huidige onderzoek betreft alleen teelten 16 t/m 19. De voorgaande teelten zijn er ter vergelijking bij gezet. Teelt 1-9 zijn met hybride belichting (SON-T met RB-LED geteeld. Sinds teelt 10 bestaat de belichting uit full LED (RB+RWB). Over de resultaten van teelt 1 tot en met 15 zijn al rapporten verschenen. (Zie Literatuur)

Tabel 1

Plantdatum, plantdichtheid en aantal dagen langedag (LD) van de 19 teelten bij De Perfecte Chrysant en bij de praktijkbedrijven (PB).

Teelt	Plantdatum		LD			Plantdichtheid		
	Datum	wk.dag	DPC	PB (Baltica)	PB (Chic)	DPC	PB (Baltica)	PB (Chic)
1	14-02-2017	7.2	9	9		60	52.5	
2	04-05-2017	18.4	8	8		67	60	
3	14-07-2017	28.5	8	10		59	56.5	
4	02-10-2017	40.1	10	9		52.5	46.5	
5	19-12-2017	51.2	11	11		50	43	
6	13-03-2018	11.2	10	12		62	63.5	
7	01-06-2018	22.5	8	12		62	60.5	
8	17-08-2018	33.5	9	9		58	56.5	
9	02-11-2018	44.5	10	11		50	48	
10	06-02-2019	6.3	9	10		58.1	53	
11	09-05-2019	19.4	9	9		63.8	63.5	
12	13-08-2019	33.2	9	9		60	55	
13	29-10-2019	44.2	9	9		60	48.5	
14	14-01-2020	3.2	10	10		60	52	
15	21-04-2020	17.2	9	9		63.8	63.5	
16	12-08-2020	33.3	7	8	9	61.9	55	54
17	27-10-2020	44.2	8	12	9	58.1 <sup>1</sup>	51	46
18	12-01-2021	2.2	8	9	9	60	52	52
19	13-04-2021	15.2	8	9	7	63.8	62.5	60

## 2.4 Teeltplan en uitvoering

Voorafgaand aan elke teelt is een teeltaanpak beschreven met de doelstellingen voor die teelt en de belangrijkste klimaatinstellingen (Bijlage 4). Deze zijn vooraf aan de teelt steeds besproken met de leden van de begeleidingscommissie. De klimaatinstellingen worden in tabel 2 samengevat.

<sup>1</sup> Bij teelt 17 zijn bij DPC veldjes uitgezet met meerdere plantdichtheden.

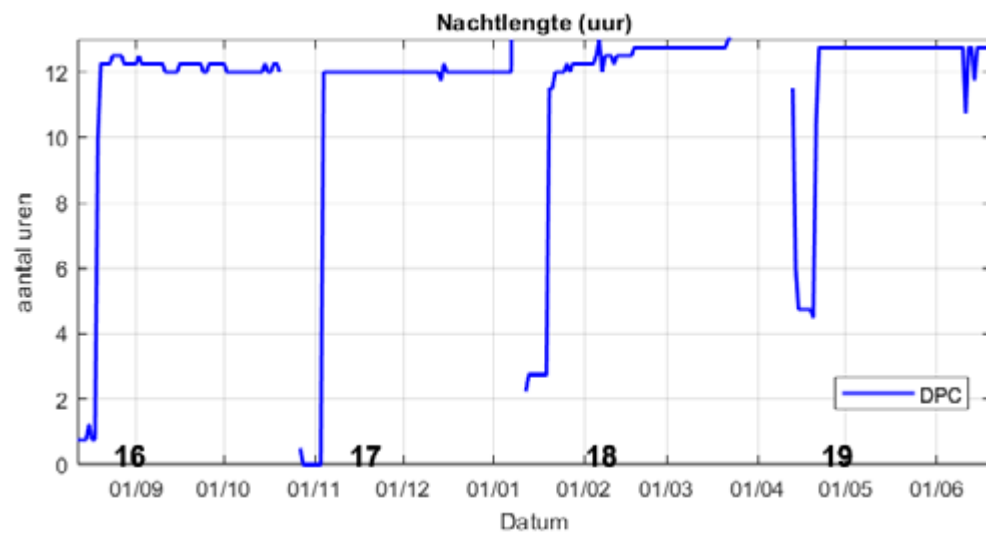
Tabel 2

Schakelgrenzen van de LED-systemen en de daglengte tijdens de KD samen met de basis instellingen voor stoken, ventileren, koelen en vernevelen.

		Teelt 16	Teelt 17	Teelt 18	Teelt 19
Belichtingsinstellingen					
LD start	uur	22:00	24 uur	21:00	0:00
LD einde	uur	8:00	24 uur	18:00	7:00
LD 50%	W/m <sup>2</sup>	225	-	-	225
LD 100%	W/m <sup>2</sup>	150	-	-	150
KD 50%	W/m <sup>2</sup>	275	-	450	225
KD 100%	W/m <sup>2</sup>	200	-	350	150
KD donkertijd	uur	12:40-12:00	12:10	12:25 – 13:00	13:00
Klimaatinstellingen					
LD dag stook	°C	19	20	20	20
LD nacht stook	°C	19	22	22	19
LD dag vent	°C	21	22	22	22
LD nacht vent	°C	21	24	24	22
LD lichtverhoging	°C	6	6	6	6
KD dag stook	°C	18	20.5	20.5	18
KD nacht stook	°C	19	18	18.5	19
KD dag vent	°C	19.0	22.5	21	19.5
KD nacht vent	°C	18.7	24	21	18.5
KD lichtverhoging	°C	5	6	5	5
Koeltemperatuur	°C		21+2		21
LD: RV nacht	%	95	95	95	95
KD: RV avond	%	90	90	92	92
KD: RV nacht	%	85	85	87	87
Verneveling	%RV	70	-	70	70
Verneveling	W/m <sup>2</sup>	500	-	400	500

### 2.4.1 Daglengte

Het sturen van de nacht of daglengte voor een optimale teelt is een optimalisatie die in de praktijk wordt gebruikt om de juiste mate van knopaanleg te krijgen en te profiteren van maximale hoeveelheid assimilatielicht. Tussen de winter teelten en zomer teelten kan er bijna een uur verschil in nachtlengte zijn. In de winter teelt volstaat een kortere nachtlengte om voldoende bloei te induceren. Tijdens de lange dag fase is 0-1 uur donker aangehouden bij de najaars- en winter teelten 16 en 17, en 3-5 uur donker bij de voorjaars- en zomer teelt 18 en 19 (Figuur 2). In deze demonstratie teelten is het verlengen en verkorten van de nachtlengte toegepast op basis van de praktijkervaring hierover.



**Figuur 1** Nachtlengte in de teelten 16-19 voor de lange dag en korte dag periode.



## 3 Resultaten

### 3.1 Teeltresultaten Baltica

In tabel 3 worden de gerealiseerde teeltduur, reactietijd, takgewichten en productie per m<sup>2</sup> gegeven.

De teelten 16 tot en met 19, die in dit rapport centraal staan, laten goede gemiddelde takgewichten zien. Omdat taklengte voor een groot deel afhankelijk is van de mate van bespuitingen met daminozide (Alar), zijn deze niet in de tabellen opgenomen. Bij elke teelt is Alar gebruikt, wat aangeeft dat de lengtegroei nooit te laag is geweest.

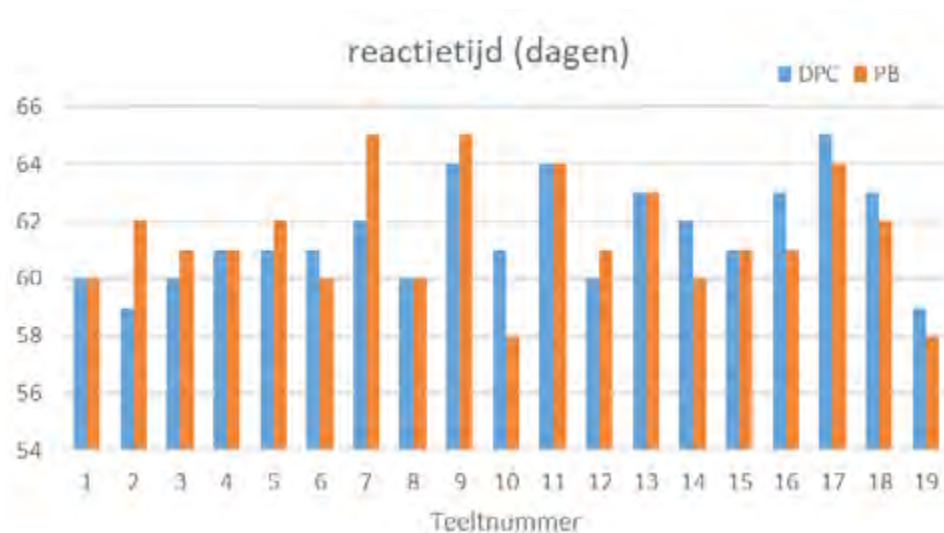
Tabel 3

*Samenvatting van een aantal teeltkenmerken en het gewicht van Baltica in vergelijking met voorgaande teelten.*

Teelt	jaar	Start	Teeltduur	Reactie- tijd	Lange dag	Plant- dichtheid	Gewicht		Lichtsom	LBE DPC
		Week-dag		[dagen]			[g/tak]	[g/m <sup>2</sup> ]		
1	2017	W07-2	69	60	9	60.0	98	5580	1078	5.5
2	2017	W18-4	67	59	8	67.0	98	6566	1625	4.0
3	2017	W28-5	68	60	8	59.0	73	4289	1231	3.5
4	2017	W40-1	71	61	10	52.5	90	4715	715	6.6
5	2017	W51-2	72	61	11	50.0	94	4695	793	5.9
6	2018	W11-2	71	61	10	62.0	114	7068	1391	5.1
7	2018	W22-5	70	62	8	62.0	118	7316	1799	4.1
8	2018	W33-5	69	60	9	58.0	103	5974	1229	4.9
9	2018	W44-3	74	64	10	50.0	106	5275	775	6.8
10	2019	W06-3	70	61	9	58.1	113	6577	1268	5.2
11	2019	W19-4	74	65	9	63.8	117	7465	1761	4.2
12	2019	W33-2	69	61	8	60.0	113	6780	1216	5.6
13	2019	W44-2	72	63	9	60.0	88	5171	853	6.1
14	2020	W03-2	72	62	10	60.0	106	6382	1028	6.2
15	2020	W18-2	70	61	9	63.8	111	7082	1761	4.0
16	2020	W33-3	70	63	7	61.9	113	6970	1260	5.5
17	2020	W44-2	73	65	8	58.1	98	5688	834	6.8
18	2021	W02-2	71	63	8	60.0	111	6666	1022	6.5
19	2021	W15-2	67	59	8	63.8	117	7452	1575	4.7

#### 3.1.1 Reactietijd

De reactietijd van Baltica bij DPC was bij teelten 16 t/m 19 een of twee dagen langer dan de reactietijd bij het praktijkbedrijf. In het algemeen lijkt de bloei bij DPC een fractie trager te zijn dan bij het praktijkbedrijf. Een verklaring voor dat verschil wordt eerder gezocht in de iets lagere nachttemperatuur bij DPC, dan in het lichtspectrum van de full LED installatie bij DPC.



**Figuur 2** Reactietijd (in dagen) van alle teelten met Baltica van DPC en het praktijkbedrijf (PB).

### 3.1.2 Productie en LBE

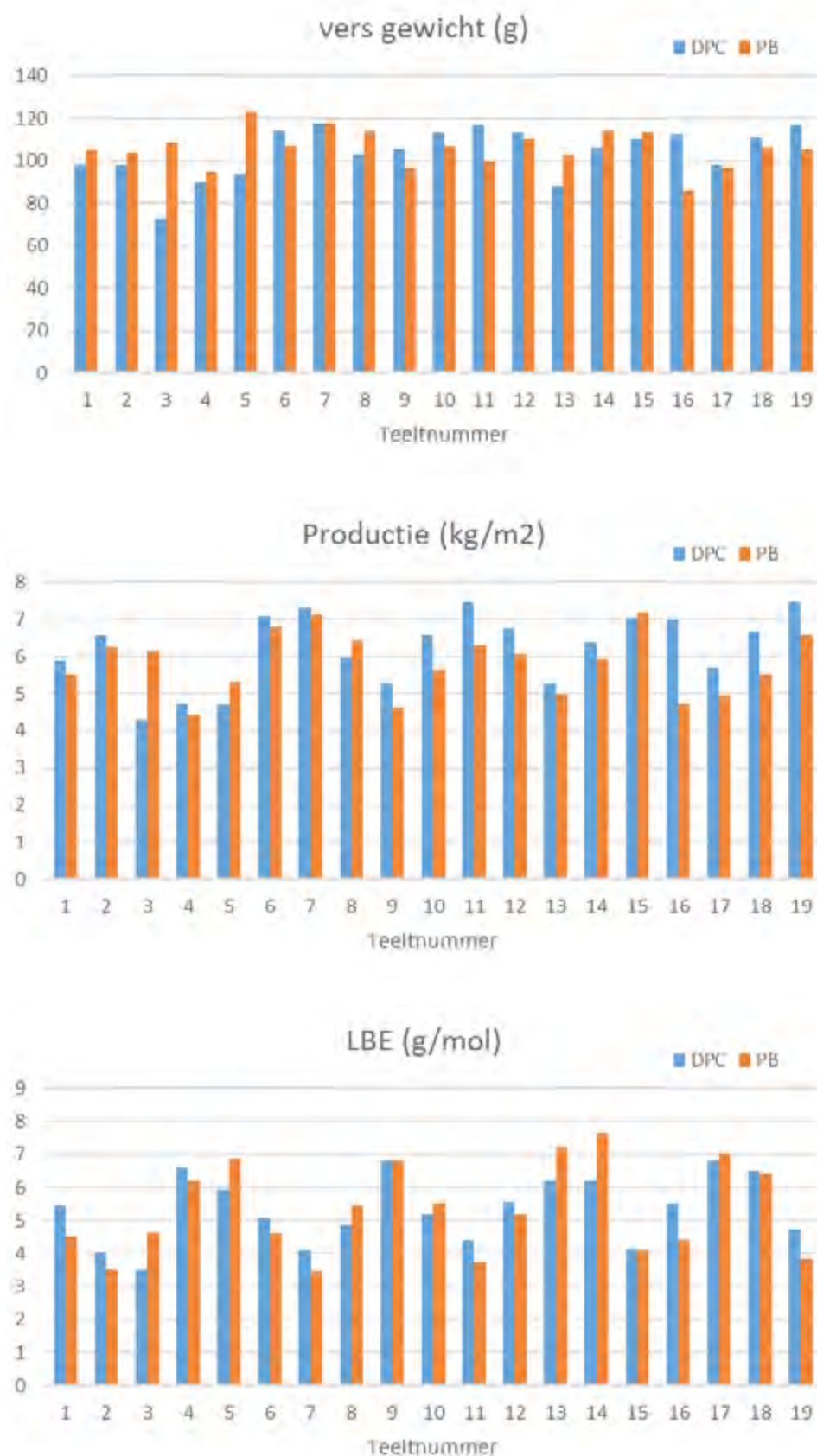
De productie en de LBE is voor iedere teelt van zowel DPC als het praktijkbedrijf weergegeven in Figuur 3. Hier is te zien dat de productie en de LBE door de seizoenen een tegengesteld golfpatroon laten zien. Bij de voorjaars- en zomerteelten is de productie hoog en de LBE laag, en in de winter is dat andersom. Bij de laatste negen teelten (10-19) met full LED is de productie bij DPC meestal hoger dan bij het praktijkbedrijf, al is de LBE tijdens teelten 13 en 14 juist op het praktijkbedrijf uitzonderlijk hoog. Tijdens de meeste winterteelten verschilt de LBE niet veel met het praktijkbedrijf. In de zomerperioden is de LBE bij DPC meestal hoger (zie ook Figuur 4). Dit kan meerdere oorzaken hebben:

- Het kasdek van DPC is diffuserend voor zonlicht.
- De CO<sub>2</sub>-concentratie bij DPC wordt met een doseercapaciteit van maximaal 120 kg/(ha.uur) ook in de zomer op peil gehouden.
- Verneveling bij DPC houdt de luchtvochtigheid tijdens zomerse dagen op peil.
- De hoeveelheid PAR wordt berekend aan de hand van een vaste lichttransmissie van het kasdek, welke bij het praktijkbedrijf veel hoger is dan bij DPC (geveleffecten, extra scherm, luchtslurven, veel LED-armaturen). Bij DPC is dus minder zonlicht en minder hoge pieken. Dit verlaagt de hoeveelheid PAR en geeft een hogere LBE.

In de winterteelten zijn deze voordelen voor DPC veel kleiner. De LBE blijkt dan bij DPC met full-LED vrijwel gelijk te zijn aan de LBE bij PB met SON-T. Een harde uitspraak over de effectiviteit van full-LED ten opzichte van SON-T is echter lastig in verband met de grote verschillen in LBE bij het praktijkbedrijf van met name teelten 14 en 16.

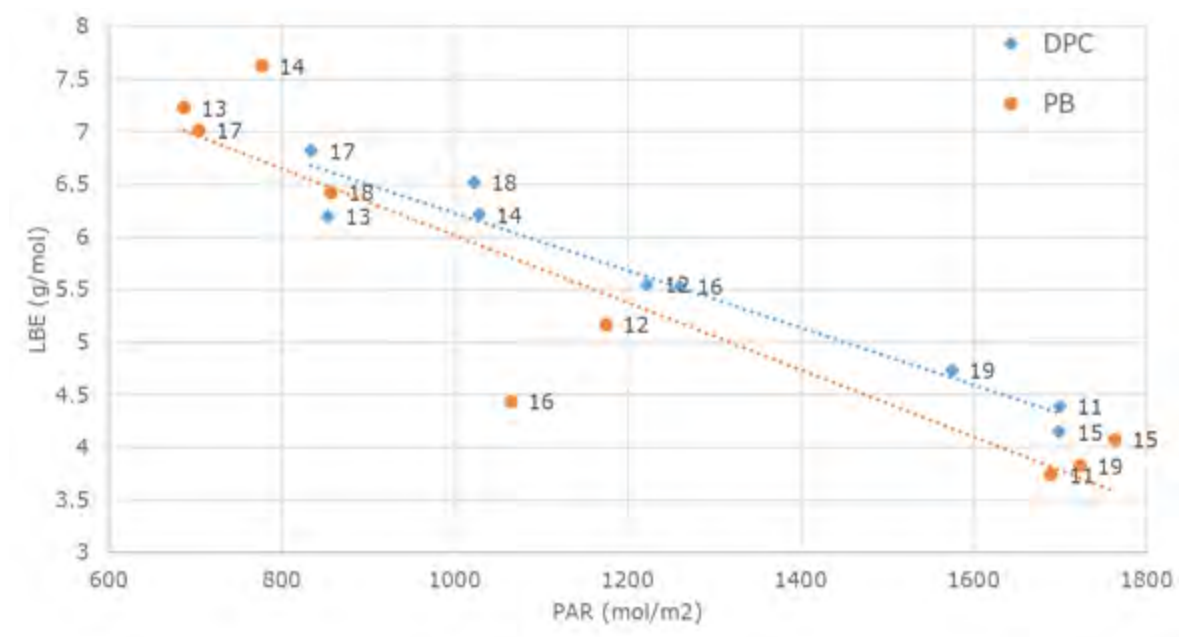
In Figuur 3 is ook het gemiddelde takgewicht van alle teelten met Baltica vergeleken met die van het praktijkbedrijf. Omdat de plantdichtheid bij DPC veelal hoger ligt dan bij het praktijkbedrijf, geeft het takgewicht een ander beeld dan de productie in kg/m<sup>2</sup>. Voor de laatste vier teelten blijkt het takgewicht bij DPC telkens hoger te liggen dan bij het praktijkbedrijf.





**Figuur 3** Gemiddeld takgewicht (boven), Productie (midden) en LBE (onder) van 19 teelten Baltica bij DPC en het praktijkbedrijf (PB).

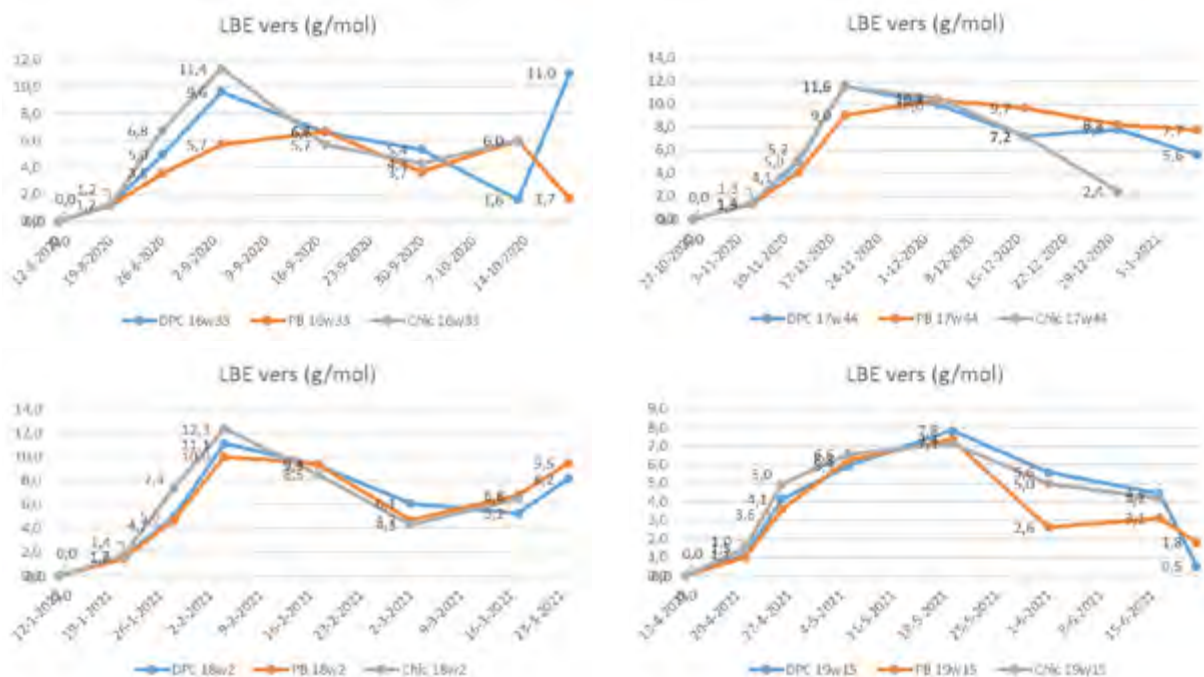
In Figuur 4 is de LBE van teelten 11-19 uitgezet tegen de hoeveelheid PAR die tijdens die teelten op het gewas is gekomen. LBE en PAR hebben een duidelijk negatieve correlatie. Ook is aan de regressielijnen te zien dat met name bij hoge lichthoeveelheden de LBE bij DPC hoger is dan bij het praktijkbedrijf.



**Figuur 4** LBE van teelt 11 t/m 19 met Baltica bij DPC en PB, uitgezet tegen de hoeveelheid PAR gedurende de teelt.

### 3.1.3 Verloop van de LBE

De LBE is niet gelijkmatig verdeeld over de teelt. In het begin van iedere teelt, als het gewas nog niet al het licht kan absorberen, de dagen lang zijn en de geringe wortels nog maar voor weinig celstrekking kunnen zorgen, is de LBE laag. Het drogestof gehalte is aan het eind van de LD periode altijd hoog. Er zijn wel assimilaten aangemaakt maar de celstrekking en daarmee de vochtopname zijn nog laag. Na twee tot drie weken is de LBE optimaal. Daarna volgt een lichte daling. Die daling is te verklaren doordat een groter gewas meer onderhoudsademhaling vergt, en doordat bloemen (met name bij Baltica) de laatste weken van de teelt de bladeren beschaduen. Het verloop van de LBE is weergegeven in Figuur 5. Hier is bij iedere gewasmeting de LBE berekend door de groei ten opzichte van de vorige meting te delen door de hoeveelheid PAR in de tussenliggende periode. Een afwijkende meting kan soms leiden tot onverwachte schommelingen in de grafieken, zoals aan het einde van DPC teelt 16 plantweek 33. In grote lijnen is te zien dat Chic sneller een maximale LBE behaalt dan Baltica. De totale LBE van Chic in vergelijking met praktijkbedrijf PB2 is weergegeven in paragraaf 2.3.2.



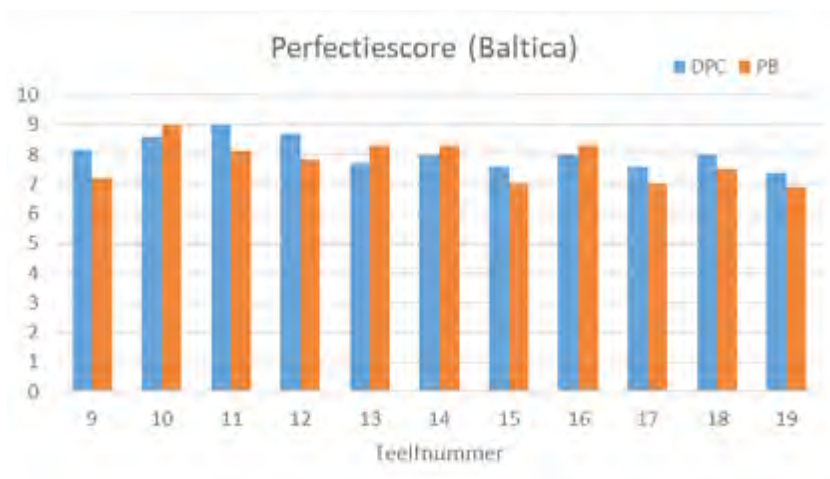
**Figuur 5** Verloop van de LBE van Baltica (DPC en PB1) en Chic (alleen DPC) tijdens teelten 16 t/m 19.

### 3.1.4 Perfectiescore

De consultants van Delphy hebben een procedure opgesteld waarmee de kwaliteit van Baltica en Chic op een objectieve wijze kan worden gemeten en vastgelegd. De beoordeelde kwaliteitskenmerken zijn:

- Aantal bloeibare bloemen (min 5 cm).
- Aantal volgroeide bloemen (7 cm of meer).
- Aantal gekleurde knoppen.
- Aantal groene knoppen.
- Lengte bovenste bloemsteel tot onderkant bloem.
- Aantal bladeren in bovenste 55 cm vd tak.
- Steelstevigheid (doorbuiging in cm 60 cm vast).
- Gewicht op 70 cm.
- Gewicht vanaf potje.
- Groenheid van de pit.
- Vorm van de bloem.
- Gelijkmatigheid van het bloemscherm.

Aan ieder kwaliteitskenmerk is een norm en een weegfactor gekoppeld, waarmee een algemene perfectiescore kan worden bepaald. Deze scores zijn weergegeven in Figuur 6. De perfectiescore van Baltica ligt bij DPC de laatste drie teelten boven die van het praktijkbedrijf.



**Figuur 6** Eindscore van de objectieve beoordelingen van Baltica van teelt 9 t/m 19 bij DPC en praktijkbedrijf PB1.

**Tabel 4**

Opbouw van de perfectiescores voor een monster van 30 takken van DPC en een PB1 voor de teelten 16 tot en met 19.

	Teelt 16		Teelt 17		Teelt 18		Teelt 19	
	DPC	PB1	DPC	PB1	DPC	PB1	DPC	PB1
Perfectiescore	8	7,5	7,8	8,3	8	7,5	7,4	6,9
Bloeibare bloemen	5,2	4,4	4,3	6,1	5,5	5,4	5	4,6
Volgroeide bloemen	3,4	3,4	2,2	4,7	3,4	3,1	3	2,9
Knoppen	3,1	3,6	2,8	4,8	3,9	3,8	3	3,1
Bloemsteellengte (cm)	8	10	6,4	6,3	7,5	7,4	8,3	11,0
Aantal bladeren	18,1	16,1	20,2	21,7	21,2	21,7	20,4	20,4
Doorbuiging tak (cm)	18,7	17,6	17,9	32,1	22,8	31,5	21,3	25,1
Gewicht 70 cm (g)	106	86,3	97,5	88,1	110,1	95,5	106,2	101,0
Vanaf potjes (g)	121	99,9	107,3	96,8	120,4	104,4	118	111,4
Groene hart	3,5	3,7	4	4	5	5	3	3,5

De factoren waarop DPC meestal beter scoorde dan PB1 is het versgewicht en het aantal cm doorbuiging, ofwel de steelstevigheid (Tabel 4). De steelstevigheid is bij DPC steeds een opvallende eigenschap geweest. De voor de sierwaarde van Baltica bepalende groenheid van het bloemhart was bij DPC gelijk of minder dan bij PB1.

### 3.1.5 Drogestof

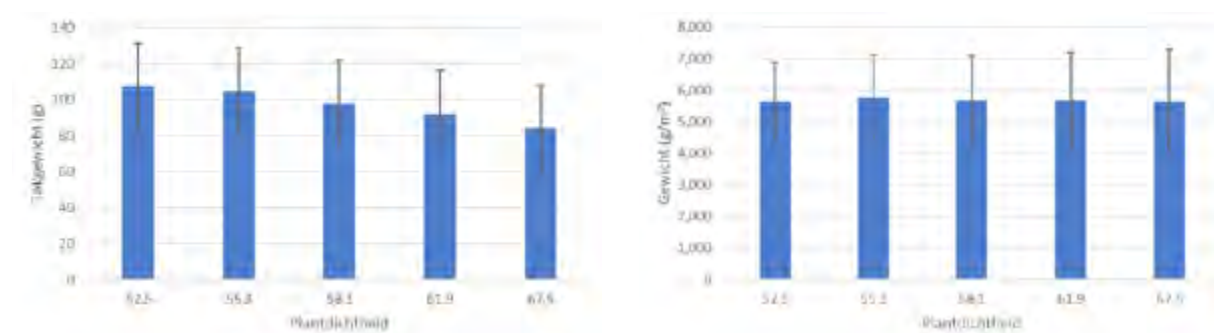
Naast versgewicht productie zoals weergegeven in Figuur 3 is gekeken naar de droge stof productie en het drogestofpercentage. Een geregeld terugkerend verschijnsel bij de vergelijking tussen DPC en het praktijkbedrijf is het hogere drogestofpercentage bij DPC aan het einde van de LD periode. Een verklaring hierin kan worden gezocht in de hogere belichtingsintensiteit en de lagere luchtvochtigheid tijdens de LD periode van DPC, maar mogelijk heeft het (ook) te maken met verschillen in weerstand in het watertransport tussen kasbodem en perskruit. Aan het einde van de teelt was het drogestofpercentage van DPC in voorgaande teelten meestal hoger dan het praktijkbedrijf, maar bij de laatste vier teelten was dat niet het geval.



**Figuur 7** Drogestofpercentages van 19 teelten bij DPC en het praktijkbedrijf (PB) tijdens het einde van de LD-periode (links) en tijdens de oogst (rechts).

### 3.1.6 Plantdichtheidsproeven

Tijdens teelt 17 zijn proefvelden uitgezet met verschillende plantdichtheden Baltica. De resultaten van de totale takgewichten in g/tak en in g/m<sup>2</sup> zijn weergegeven in Figuur 8. Hieruit is af te lezen dat de totale productie per m<sup>2</sup> niet meetbaar wordt beïnvloed door de plantdichtheid, waardoor het gewicht per tak proportioneel afneemt bij een hogere plantdichtheid. Ook blijkt de standaard deviatie ten opzichte van het gemiddelde en daarmee het aantal 'tweetjes' iets toe te nemen bij een hogere plantdichtheid. De plantdichtheid is dus sturend voor de takkwaliteit gegeven de lichtsom tijdens de teelt.

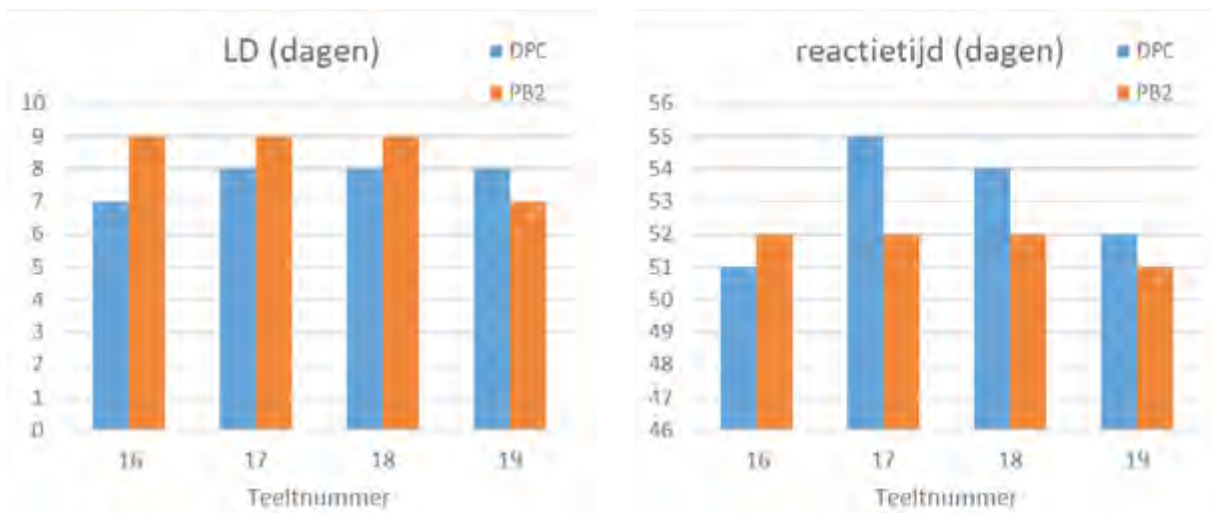


**Figuur 8** Takgewicht en productie per m<sup>2</sup> bij verschillende takgewichten tijdens teelt 17. De foutbalken geven de standaarddeviatie aan.

## 3.2 Teeltresultaten Chic

### 3.2.1 LD periode en Reactietijd

De LD-periode bij DPC verschilde telkens 1 of 2 dagen met die van het praktijkbedrijf (PB2). De keuze voor een relatief korte LD periode bij DPC was gebaseerd op de verwachting dat dit bij Baltica niet tot te lage takgewichten zou leiden en het gunstig is voor de bladkwaliteit bij Chic. De reactietijd van Chic lag bij zowel DPC als PB2 rond 52 dagen. DPC lijkt tijdens de twee winter teelten 17 en 18 iets trager te zijn. Mogelijk reageert Chic in de winter sterker op de iets kortere nachtlengte, welke op Baltica was afgestemd. Andere mogelijke oorzaken van de langere reactietijd ten opzichte van het praktijkbedrijf zijn het lichtspectrum en de beperkte hoeveelheid warmtestraling van de LED, of de lagere buistemperatuur ten opzichte van die van het praktijkbedrijf.

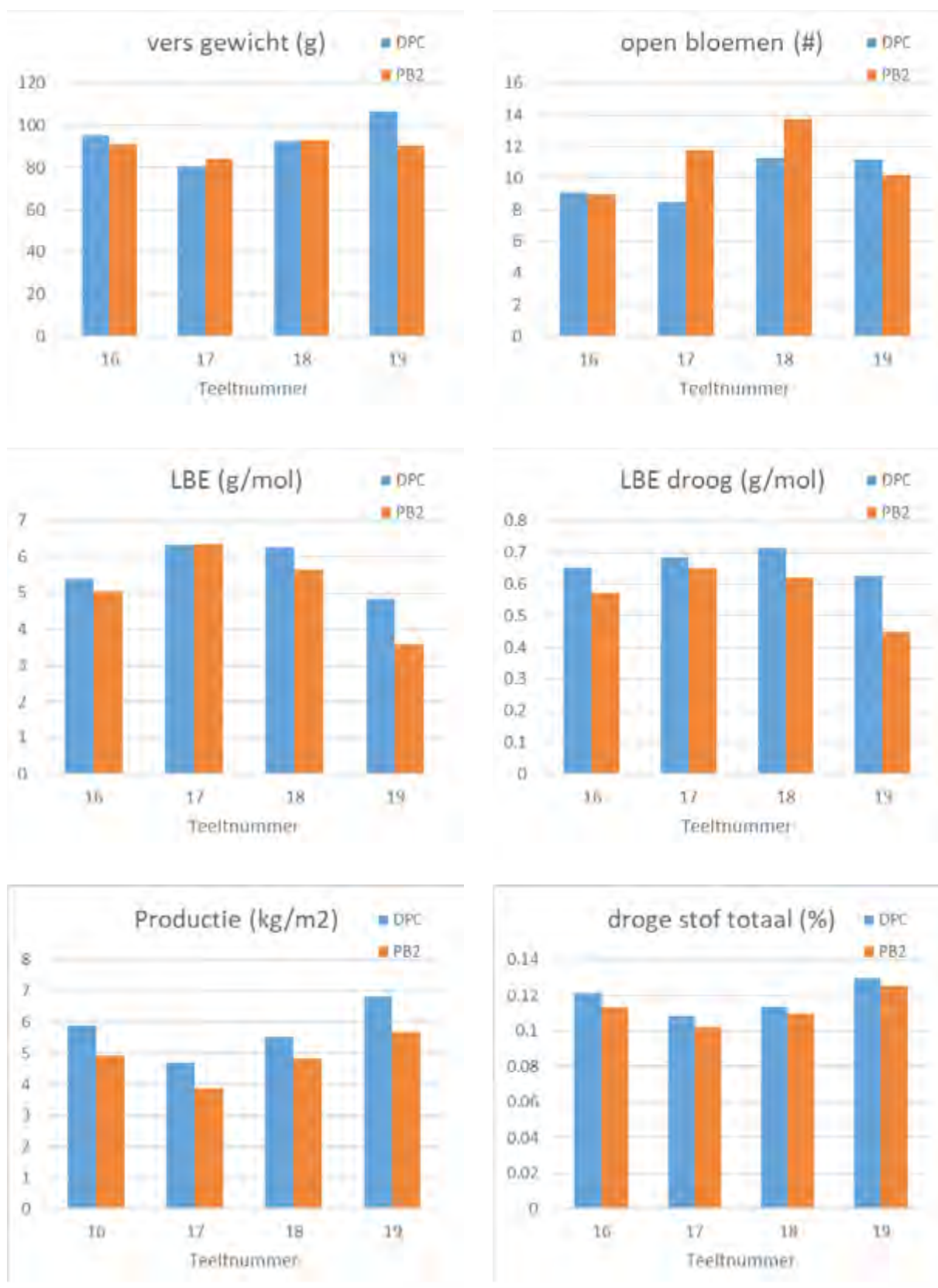


**Figuur 9** Reactietijd (in dagen) van alle teelten met Chic van DPC en het praktijkbedrijf (PB2).

### 3.2.2 Productie en LBE

Met een lichtintensiteit van 185 ten opzichte van 120  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$  en met meer belichtingsuren, mag worden verwacht dat bij DPC een hogere productie wordt gerealiseerd dan bij het praktijkbedrijf. In Figuur 10 zijn de belangrijkste productie-kentallen van beide kassen in grafiekvorm weergegeven. De LBE is bij DPC meestal hoger dan bij PB2. Het aantal open bloemen ligt tijdens de winterteelten bij PB2 hoger dan bij DPC. Het gegeven assimilatie licht werd bij DPC dus efficiënt omgezet in productie.





**Figuur 10** Versgewicht en aantal open bloemen per tak, Lichtbenuttingsefficiëntie (LBE vers- en drooggewicht), Productie per m<sup>2</sup> en het gemiddelde drogestofpercentage van alle teelten met Chic van DPC en het praktijkbedrijf (PB2).

### 3.2.3 Perfectiescore

Ondanks het hogere drogestofpercentage, ligt de perfectiescore van Chic lager dan bij het praktijkbedrijf (PB2). Dit kan liggen aan de teeltstrategie, die bij DPC vooral op Baltica is gericht. Uitgesplitst naar onderdeel, bleek Chic bij DPC veelal minder bloemen, minder bladeren, minder takgewicht te hebben dan bij PB2. Ook de doorbuiging was kleiner, wat betekent dat de steelstevigheid in verhouding met het bloemgewicht beter was.



**Figuur 11** Objectieve beoordeling van Chic bij DPC en praktijkbedrijf PB2 (metingen Chic van teelt 19 ontbreken).

De hoeveelheid bruin blad per tak van het bladgevoelige ras Chic is telkens groter bij DPC dan bij het praktijkbedrijf (zie Tabel 5). Dit is opgetreden ondanks de kortere LD periode (zie Tabel 1) en kan zijn veroorzaakt door de hogere plantdichtheid (zie Tabel 1), de hogere luchtvochtigheid (zie Figuur 26), of de beperkte warmtestraling van de LED lampen bij DPC. Mogelijk heeft ook het gebreksblad, dat tijdens de LD periode is ontstaan (zie paragraaf 2.5), hiermee te maken. De hogere lichtintensiteit van de assimilatiebelichting was niet voldoende om verlies aan bladkwaliteit te voorkomen.



Tabel 5

Opbouw van de perfectiescores voor een monster van 30 takken van DPC en een PB2 voor de teelten 16 tot en met 18.

	Teelt 16		Teelt 17		Teelt 18		Teelt 19	
	DPC	PB2	DPC	PB2	DPC	PB2	DPC	PB2
Perfectiescore	8,3	9	8,5	8,9	7,7	8,3		
Bloeibare bloemen	7,8	9	8,2	9,4	8,8	10,5		
Volgroeide bloemen	5	6,3	6	7,1	6	7,6		
Knoppen	4	4,3	4,8	4,7	3,7	3,7		
Bloemsteellengte (cm)	8,7	8,8	6,1	5,5	6,9	6		
Aantal bladeren	20,9	24,9	23,2	28,3	22,7	26,2		
Doorbuiging tak (cm)	17,3	19,5	20,7	24,7	20,1	21,6		
Gewicht 70 cm (g)	82	85	87,9	87,6	82,9	93,6		
Vanaf potjes (g)	105,5	109,1	96,9	90,6	93,9	102,5		
bruin blad (aantal) <sup>2</sup>	12,3	9,8	20,2	14,8	15,5	12,0	9,8	6,8

### 3.3 Andere cultivars

Hoewel geen hoofdonderwerp van het onderzoek worden in dit hoofdstuk de resultaten van de andere cultivars kort besproken. Bij bezoeken van de BCO was het opvallend dat de telers naast de aandacht voor Baltica en Chic in de kas toch altijd lang stilstonden bij de proefvelden van de overige cultivars.

Naast de cultivars Baltica en Chic zijn telkens 5 andere cultivars geplant en beoordeeld. De klimaatomstandigheden bleven erop gericht om de Baltica optimaal te telen en er zijn (buiten de Alar behandelingen) geen concessies gedaan naar deze andere cultivars. Omdat Baltica niet zo gevoelig is voor bruin blad, en daardoor nauwelijks problemen heeft gehad met het uitblijven van een minimum buis in het ondernet, is het interessant om te zien of andere rassen meer problemen opleveren. Bij de beoordelingen van de cultivars is daarom het aantal cm bruin blad gemeten. Dat kan een indicatie zijn voor een te doods klimaat (zie Tabel 6). De rassen met veel bruin blad bleken veelal ook een relatief lage LBE te hebben.

<sup>2</sup> Niet opgenomen in perfectiescore door Delphy maar gemeten tijdens de eindogst door WUR.

Tabel 6

Gegevens van de andere cultivars tijdens de teelten 16 t/m 19.

Teelt	Ras	Reactie- tijd	Lengte	Bruin blad	Gewicht		LBE		% <70 gr		Opmerkingen
					vanaf pot	op 70 cm	vanaf pot	op 70 cm	vanaf pot	70 cm	
		dagen	cm	cm	gr	gr	gr/mol	gr/mol	%	%	
16	Baretti	54	90	25	98	88	5.1	4.6	10%	17%	
	Pastella rosa	54	86		109	96	5.7	5	0%	13%	
	Pina Colada	54	82		104	90	5.5	4.7	7%	20%	
	Zembla	56	75		102	95	5.2	4.9	17%	23%	
	Romance	57	81	15	94	85	4.8	4.3	7%	17%	
17	Baretti	57	81	26	82	77	5.9	5.6	27%	27%	incl. 18% uitval door slechte start
	Pastella rosa	58	90	17	99	85	7.1	6.1	10%	20%	
	Pina Colada	58	81	15	96	83	6.9	5.9	13%	30%	
	Hardwell	60	84	22	88	77	6	5.2	17%	40%	
	Prosecco	60	88	22	89	78	6	5.3	10%	40%	
18	Pastella rosa	56	90	6	116	103	7.7	6.8	0%	3%	
	Pina Colada	56	82	12	111	95	7.3	6.3	3%	7%	
	Hardwell	55-58	84	22	97	76	6.4	5	17%	37%	ongelijke bloei
	Prosecco	56	89	22	98	84	6.4	5.5	7%	20%	groene takken
	Romance	61	86	33	100	92	6	5.5	13%	17%	slecht blad
19	Pastella rosa	54	89	0	119	105	4.5	3.9	3%	3%	
	Pina Colada	54	86	3	122	105	4.6	3.9	0%	3%	
	Hardwell	53	103	15	103	75	3.9	2.8	7%	37%	teveel lengte
	Prosecco	53	91	14	115	100	4.3	3.8	7%	13%	
	Romance	53	84	15	113	96	4.2	3.6	0%	10%	

Direct na het planten van teelt 17 en teelt 18, is in de jongste bladeren een groeistoring opgetreden. Dit was bij teelten waarbij weinig instraling is van buiten, en in de lange dag met LED gedurende meer dan 22 uur met een intensiteit boven de  $185 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  wordt belicht. Deze groeistoring is beperkt tot de dan net ontwikkelende bladeren. De hogere bladeren, die al wel in het groeipunt zijn aangelegd, groeien normaal uit. De bij de stekopkweek uitgegroeide bladeren hebben geen schade. Deze schade treedt niet op in de periode dat er overdag voldoende instraling is, ook niet als er dan nog 20 uur per etmaal belicht wordt.

Uit elementen analyses van beschadigd en gezond blad komen de volgende indicaties naar voren.

Lagere hoeveelheid N-totaal, K, S en P in  $\text{mmol}/(\text{kg d.s})$  en aanwezigheid van Na in beschadigd blad.

Een hypothese van de oorzaak van dit gebreksblad luidt, dat de balans tussen fotosynthese en verdamping (aanvoer van nutriënten) verstoord is. Als dit de oorzaak is zou een mindere intensiteit van belichten met LED en een kortere periode van belichten gewenst zijn om dit probleem te voorkomen.

## 4 Inzet van middelen

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de inzet van de middelen warmte, koude, CO<sub>2</sub> en elektriciteit (voor belichting) bij DPC en in de praktijk. Figuur 12 geeft het verloop per etmaal weer van het gerealiseerde gebruik van deze middelen ten opzichte van een Kaspro simulatie (met dezelfde klimaatinstellingen als gebruikt voor de vorige teelten). Voor beide praktijkbedrijven is ook het verbruik voor verwarming, en voor praktijkbedrijf 1 (Baltica) het elektriciteitsverbruik voor belichting toegevoegd.

Het totale warmtegebruik van de buizen en de LBK over de vier teelten bij DPC is 18,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> aan aardgasequivalenten geweest. Als dit wordt teruggerekend naar een jaar met 5 teelten, komt dit neer op ongeveer 21 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. De warmtepomp, die is ingezet voor de ontvochtiging, levert 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> aan warmte, maar door ongelijktijdigheid tussen warmteoogst en warmtevraag over het jaar is 7,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> aan warmte nodig uit een ketel en kan 6,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> aan warmte uit de warmtepomp niet nuttig worden ingezet. Het hogere warmtegebruik in de winter en het warmteoverschot in de zomer is het gevolg van de lagere luchtvochtigheid die is nagestreefd, met het idee om hiermee een betere (blad)kwaliteit te verkrijgen. Om in de winter een lagere luchtvochtigheid te bereiken wordt of de kaslucht sterker ontvochtigd of meer buitenlucht ingeblazen. Bij sterker ontvochtigen moet meer lucht, die tot onder het dauwpunt afgekoeld is, weer worden opgewarmd. Bij meer buitenlucht inblazen moet meer koude lucht worden opgewarmd. In de zomer ontstaat het overschot omdat ook dan de warmtepomp meer wordt ingezet om koude te maken om de lucht te drogen. In de zomer kan de warmte die door de warmtepomp wordt geproduceerd niet nuttig worden gebruikt. Het opwekken van een warmteoverschot van 6,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> heeft 14 kWh/m<sup>2</sup> aan elektriciteit gekost. Naast een iets koeler en droger klimaat heeft dat ook geleid een iets hogere CO<sub>2</sub>-concentratie.

Het gebruik aan verwarming door DPC is vooral tijdens de zomerteelten (16 en 19) lager dan bij PB1. Bij PB2 is het warmtegebruik het hele jaar door veel hoger doordat daar de WKK een overcapaciteit heeft. In de Kaspro simulaties is evenals bij DPC een lager RV-setpoint gehanteerd dan bij voorgaande teelten. Ten opzichte van de Kaspro simulatie is het warmteverbruik vrijwel gelijk.

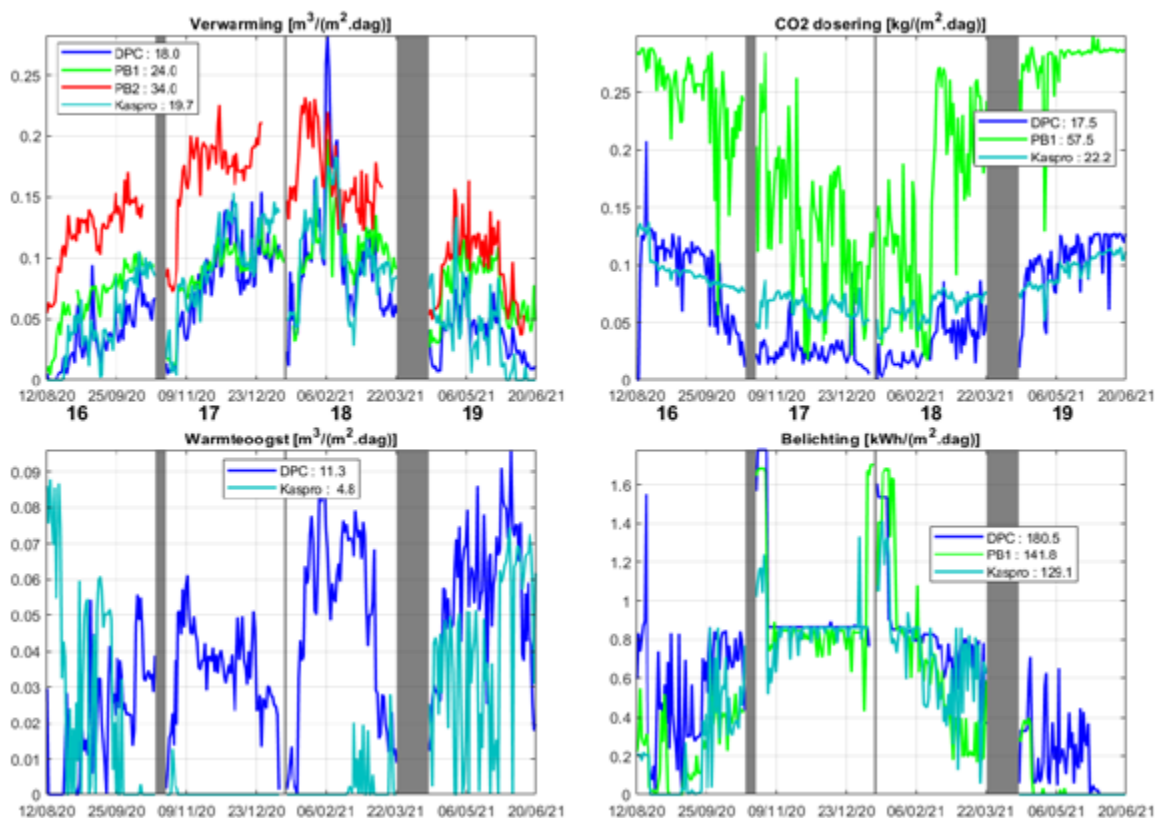
Voor de start van teelt 16 is de grond gestoomd. Deze energie is niet meegenomen in dit overzicht.

Het gebruik aan koude (=warmteoogst) is in de winter hoger dan wat door Kaspro is berekend. De settings van het gebruikte Kaspro-model zijn namelijk alleen gericht op het koelen van een warmte-overschot, terwijl bij DPC ook koude is ingezet om vocht te onttrekken aan de kaslucht. De warmte-oogst van vier teelten is 11,3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> aan aardgasequivalenten. Geëxtrapoleerd naar ruim 5 teelten zou dit op jaarbasis neerkomen op ±15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Het inzetten van de LBK en warmtepomp in de zomer voor koeling en ontvochtiging, waarbij een warmteoverschot ontstaat kan teelttechnisch met een andere aanpak worden verminderd.

De CO<sub>2</sub>-dosering van DPC is met 17,5 kg/m<sup>2</sup> voor vier teelten lager dan in voorgaande jaren. Voor een heel jaar wordt de totale dosering geschat op 23 kg/m<sup>2</sup>. Met name in de winterperiode is een lagere CO<sub>2</sub>-dosering gemeten dan wat bij Kaspro is gesimuleerd en zeker wat bij PB1 is gemeten. Mogelijk heeft dit te maken met de gesloten luchtramen (zie Figuur 19) dankzij de actieve ontvochtiging en door de verneveling. De CO<sub>2</sub> concentratie (zie Figuur 30) is niet laag geweest.

Het elektriciteitsverbruik voor belichting van DPC zoals bij het Improvement Centre is gebruikt is 182 kWh/m<sup>2</sup> (wat bij een jaarrondteelt neerkomt op ±2700 belichtingsuren, ofwel 200 kWh/m<sup>2</sup>.jaar) is 40% hoger dan volgens de instellingen in de Kaspro simulatie. Ook het praktijkbedrijf gebruikte meer energie voor belichting dan waar in de simulaties vanuit werd gegaan. In de Kaspro simulatie is namelijk uitgegaan van een streefverbruik van 120 kWh/m<sup>2</sup>.jaar aan elektriciteitsverbruik met hybride belichting. Dat is gebaseerd op 10% besparing ten opzichte van het elektriciteitsgebruik voor belichting van een gemiddeld chrysantenbedrijf in 2017 met SON-T lampen. De lampgroepen worden dan uitgeschakeld als de globale straling meer dan 200 respectievelijk 300 W/m<sup>2</sup> is.

De inzet van belichting om de productie te verhogen is met fluctuerende energieprijzen een economische afweging. Dat geldt ook voor de LED belichting bij DPC, waarbij de elektriciteit veel efficiënter in PAR wordt omgezet dan bij een SON-T installatie. Daar komt nog bij dat LED lampen relatief minder warmte in de kas brengen, waardoor de ramen langer dicht kunnen blijven en de CO<sub>2</sub>-concentratie op peil blijft. Omdat het aanschakelen van LED sneller en frequenter kan worden uitgevoerd (geen opwarmtijd nodig en minder slijtage door schakelen) dan van SON-T lampen leidt dit in de praktijk tot meer belichtingsuren van LED lampen.



**Figuur 12** Verloop van de hoeveelheid verwarming, CO<sub>2</sub>-dosering, koeling (=warmteoogst) en belichting per etmaal, voor De Perfecte Chrysant (DPC), de praktijkbedrijven (PB1 en PB2, voor zover gemeten) en volgens de simulaties met Kaspro.

Tabel 7

Gebruikshoeveelheden per teelt voor verwarming, CO<sub>2</sub>-dosering, koeling (=warmteoogst) en belichting per etmaal, voor De Perfecte Chrysant (DPC), een praktijkbedrijf (PB1) en volgens de simulaties met Kaspro.

Teelt	Verwarming (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ae)			Warmteoogst (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ae)		CO <sub>2</sub> dosering (kg/m <sup>2</sup> )			Elektriciteit voor belichting (kWh/m <sup>2</sup> )		
	DPC	PB1	Kaspro	DPC	Kaspro	DPC	PB1	Kaspro	DPC	PB1	Kaspro
16	2.8	2.8	3.2	1	1.9	5.8	17.4	6.6	40	14	15
17	6.4	6.8	6.9	2.6	0	1.9	9.8	4.9	70	67	63
18	7.1	7.1	7.5	2.9	0.2	2.3	11.1	2.7	60	50	46
19	2.2	2.5	5.4	3.9	3.4	7.1	19.1	5.6	14	3	2

## 4.1 Energie input in onderzoek is niet gelijk aan praktijk

Het relatief hoge elektriciteitsverbruik voor belichten heeft met twee aspecten te maken. In de afdeling hangen verhoudingsgewijs meer armaturen (ca 15% meer), dan op een groot bedrijf om het gewenste lichtniveau overal in de afdeling te bereiken vooral bij de gevels.

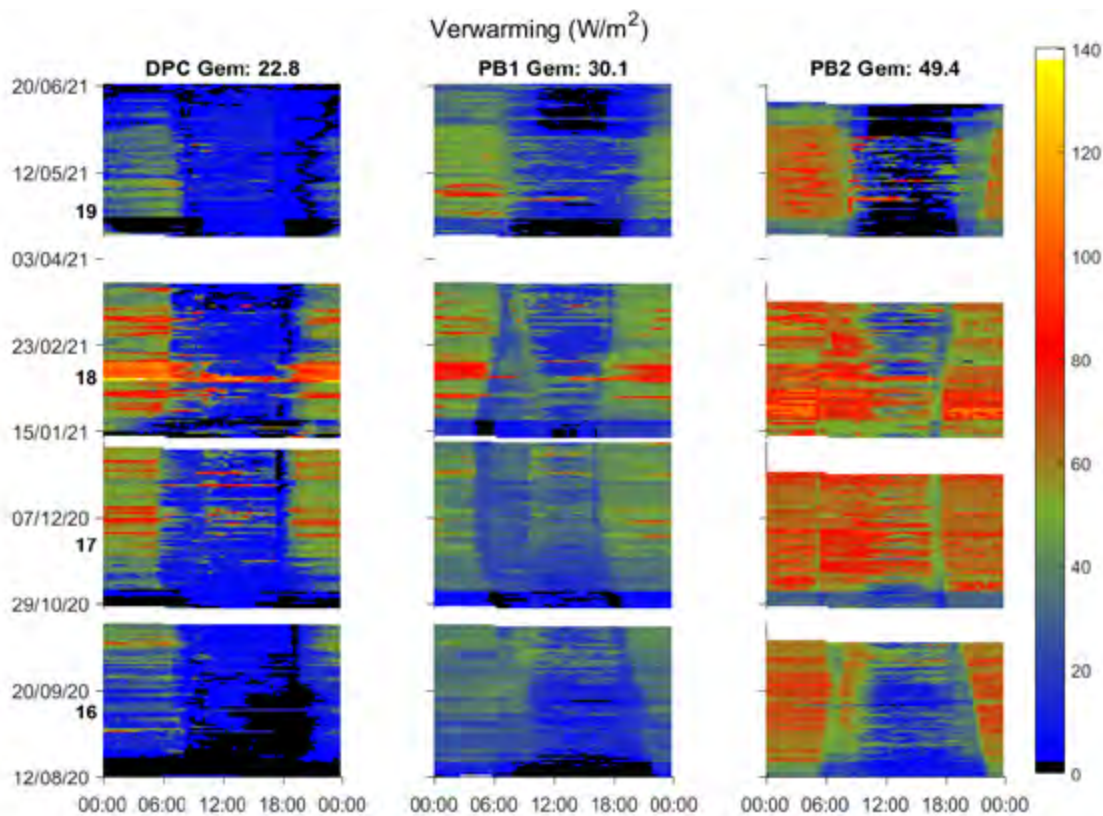
Het rendement van de lampen is met  $2,9 \text{ J}/\mu\text{mol}$  weliswaar hoger is dan dat van SON-T, maar lager dan de LED-lampen die praktijkbedrijven kunnen aanschaffen. Meer lampen met een iets lagere efficiëntie dan thans mogelijk is betekent dat er meer warmte van de lampen in de kas komt. Verwacht mag dus worden dat op een groter praktijk oppervlak met efficiëntere LED lampen meer warmte nodig zal zijn om de gewenste kastemperatuur te realiseren.

Bij de warmte spelen nog twee effecten. Een praktijkbedrijf heeft een hogere lichttransmissie en krijgt dus meer energie van de zon binnen en een praktijkbedrijf heeft een ander geveloppervlak in verhouding tot het oppervlak aan kasdek. De afdeling bij het Improvement Centre ligt met 3 van de 4 gevels tegen andere afdelingen of de kascorridor.

De combinatie van deze verschillen tussen de proefafdeling en een praktijkbedrijf maakt dat de omzetting van de energiecijfers van het onderzoek naar praktijk situatie lastig is. Daarom worden in dit onderzoek alleen de gegevens van de afdeling vermeld. Bij toepassing op praktijkschaal zullen model berekeningen nodig zijn.

## 4.2 Warmte

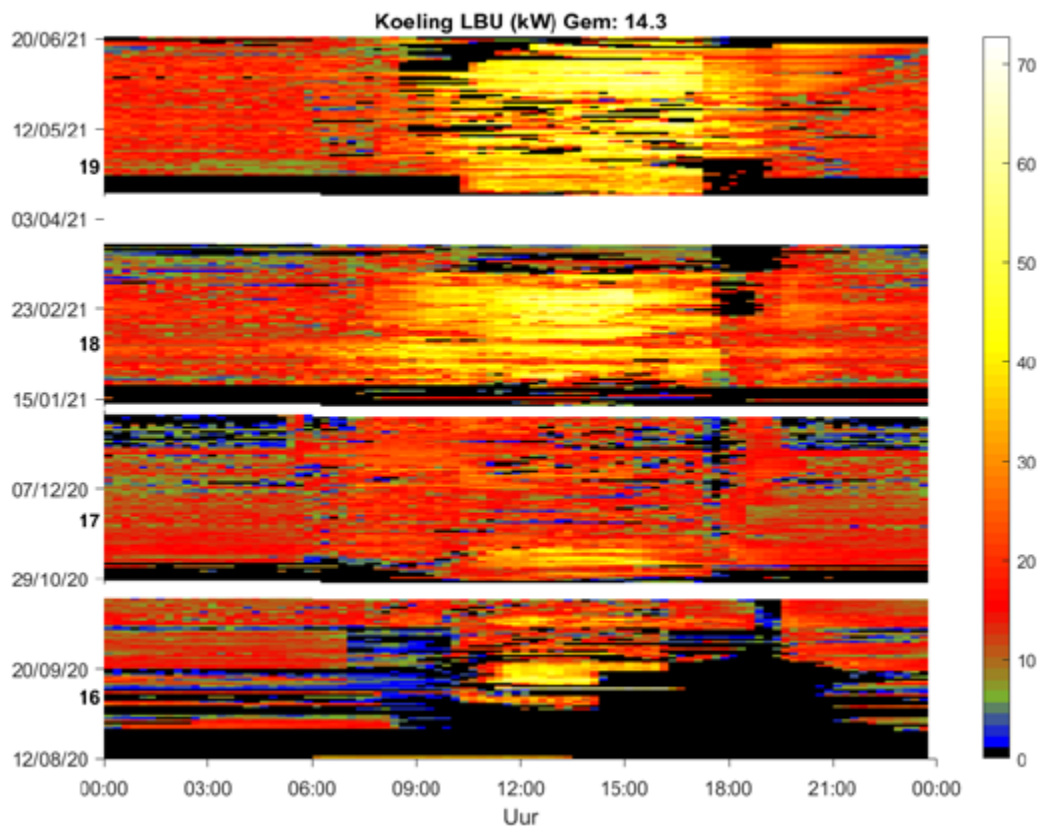
De verdeling van de hoeveelheid warmte over het etmaal nodig in de buizen of de LBK komt naar voren in het vijftienminutenoverzicht (Figuur 13). Het warmtegebruik van DPC komt het meest overeen met dat van PB1. Ondanks het gemiddeld lagere warmtegebruik van DPC blijkt het verbruik 's winters in de nacht hoger dan dat bij PB1, terwijl DPC een extra scherm heeft (zie Figuur 24). Dit heeft te maken met het ontvochtigen van de kaslucht waarbij de lucht in de LBK eerst wordt afgekoeld en vervolgens weer wordt opgewarmd. Dit actieve ontvochtigen heeft geleid tot een forse warmteoogst (zie paragraaf 3.2), maar dus ook tot een hogere warmtevraag dan bij PB1. Netto is er op dag basis in de winter wel een lagere warmtevraag, daarvoor is dan wel elektriciteit voor de warmtepomp nodig.



**Figuur 13** Vijftienminutenoverzicht van de hoeveelheid ingezette warmte ( $\text{W/m}^2$ ) bij DPC en de praktijkbedrijven (PB1 en PB2).

### 4.3 Koeling/Warmteogst

In Figuur 14 wordt het verloop van de hoeveelheid koeling/warmteogst weergegeven. Bij de start van teelt 16 is nog nauwelijks gekoeld, omdat de geoogste warmte nauwelijks kon worden ingezet. Daarna is de koeling vrijwel continu gebruikt. Overdag is bij hogere kastemperaturen meer behoefte aan koeling. Bovendien kan door de hogere kastemperaturen meer en efficiënter warmte aan de kaslucht worden onttrokken. Het is echter de vraag of warmteogst in de zomer, die op dagbasis niet kan worden benut wel effectief is. Dan moeten de teeltvoordelen zo groot zijn dat de opbrengsten daarvan opwegen tegen de kosten van de elektriciteit voor de warmtepomp.

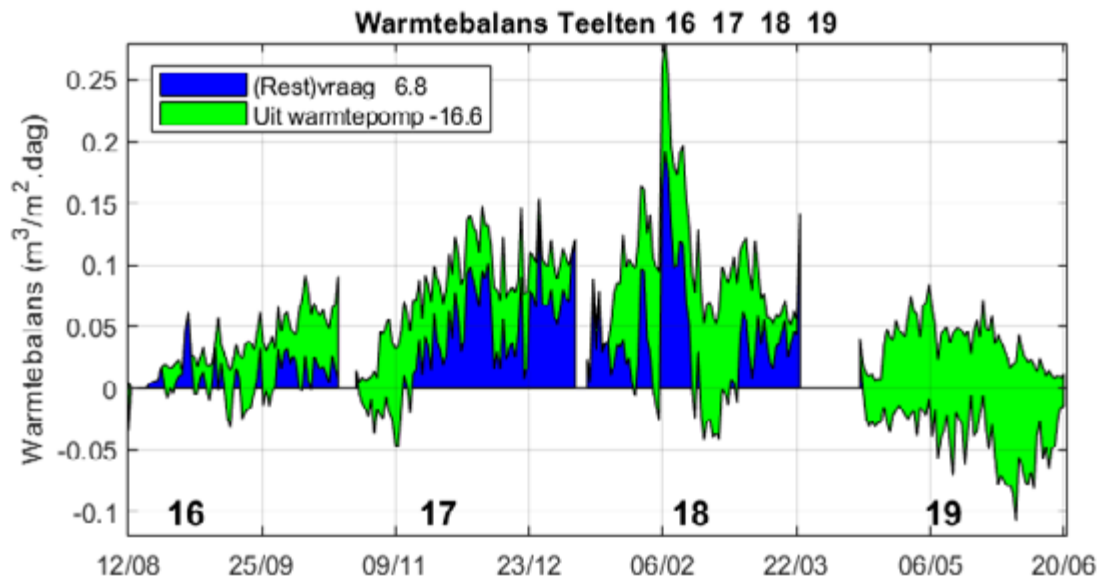


**Figuur 14** Vijftienminutenoverzicht van de hoeveelheid koeling ( $\text{kW}/1000 \text{ m}^2 = \text{W}/\text{m}^2$ ) bij DPC.

#### 4.3.1 Warmtebalans

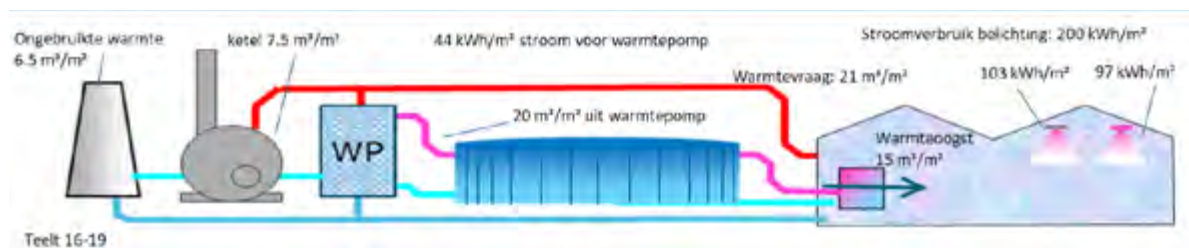
In dit project is ervan uitgegaan dat de warmtepomp iedere  $\text{m}^3$  geoogst aardgasequivalent met behulp van 2,9 kWh aan elektriciteit kan omzetten in  $1,33 \text{ m}^3$  bruikbaar aardgasequivalent. De vraag naar warmte loopt niet synchroon met de hoeveelheid beschikbare warmte. Dat is weergegeven in Figuur 15, waarin het dagelijkse verschil tussen de gevraagde warmte en de beschikbare bruikbare warmte (productie) is uitgezet in de tijd.





**Figuur 15** Dagelijks verloop van het verschil tussen de gevraagde warmte en de hoeveelheid warmte die dankzij de warmteoogst met een warmtepomp kan worden geproduceerd ( $\text{m}^3/(\text{m}^2.\text{dag})$ ). De bovenste lijn is de totale warmtevraag; het groene vlak betreft de warmte die door met behulp van warmte-oogst uit een warmtepomp kan worden onttrokken; het blauwe vlak betreft de restvraag die uit andere bronnen moet worden gehaald; en de onderste lijn is het overschot aan warmte.

Geëxtrapoleerd naar een volledig jaar komt de balans eruit te zien zoals in Figuur 16. Met de  $15 \text{ m}^3/\text{m}^2$  aardgasequivalenten (a.e.) geoogste warmte en  $44 \text{ kWh}$  elektriciteit kan een warmtepomp  $20 \text{ m}^3/\text{m}^2$  a.e. aan warmte maken. Indien deze warmte niet langer dan een etmaal in een buffer kan worden opgeslagen blijft hiervan  $6.5 \text{ m}^3/\text{m}^2$  a.e. onbenut. Om aan de totale warmtevraag van  $21 \text{ m}^3/\text{m}^2$  a.e. te voldoen moet dan nog  $7.5 \text{ m}^3/\text{m}^2$  a.e. uit een ketel (of WKK) komen.



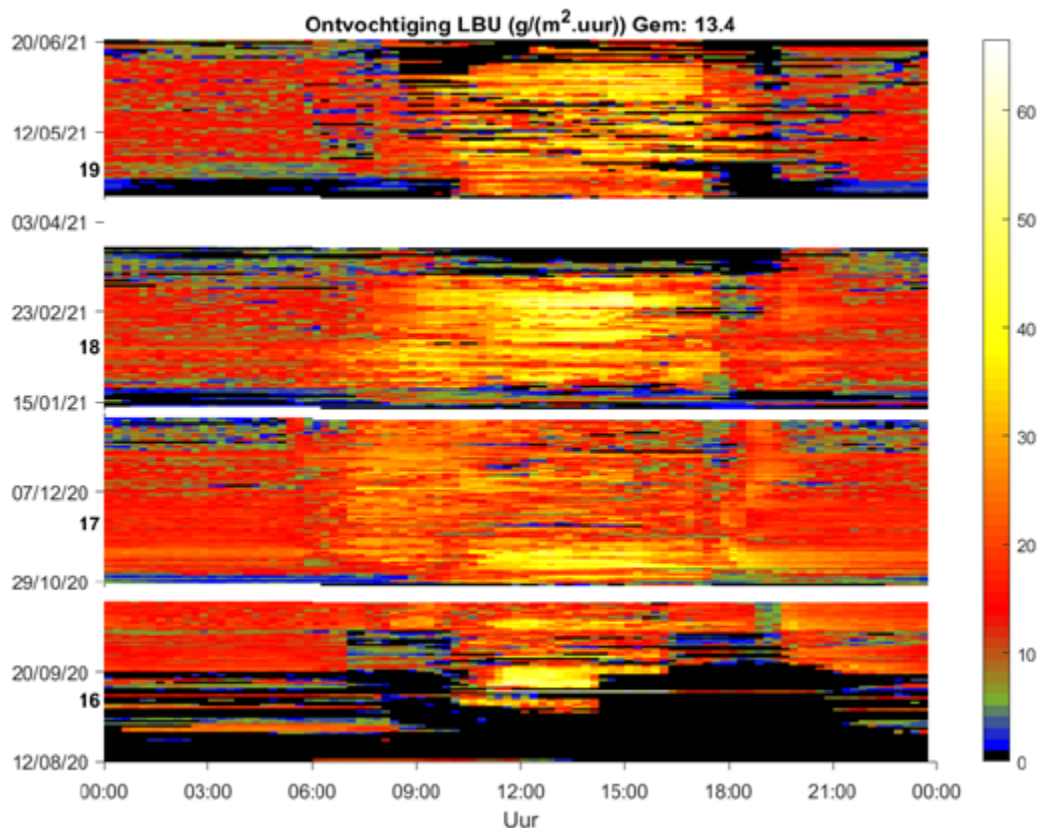
**Figuur 16** Warmtebalans en elektriciteitsverbruik voor belichting en warmtepomp voor de vier teelten, omgerekend naar een heel jaar.

Als de buffer wordt vergroot naar een opslagcapaciteit van 7 dagen, dan levert dit een besparing op van slechts  $0,45 \text{ m}^3/\text{m}^2$  op zowel de hoeveelheid koeling als op het warmtegebruik. Om de vraag en het aanbod van warmte beter op elkaar af te stemmen zal een keuze moeten worden gemaakt tussen het opslaan van warmte en koude in een seizoensopslag (bijv. aquifer), of het oogsten van meer warmte gedurende de winterperiode. De laatste keuze zal echter gepaard gaan met een grotere warmtevraag, waardoor weer meer warmte moet worden geoogst en meer elektriciteit moet worden ingezet. Evenals in voorgaande jaren bij DPC bleek dat het moeilijk is om alle winterdagen in balans te blijven. Om geen concessies te doen aan de kastemperatuur zal tijdens koude periodes extra warmte nodig blijven.



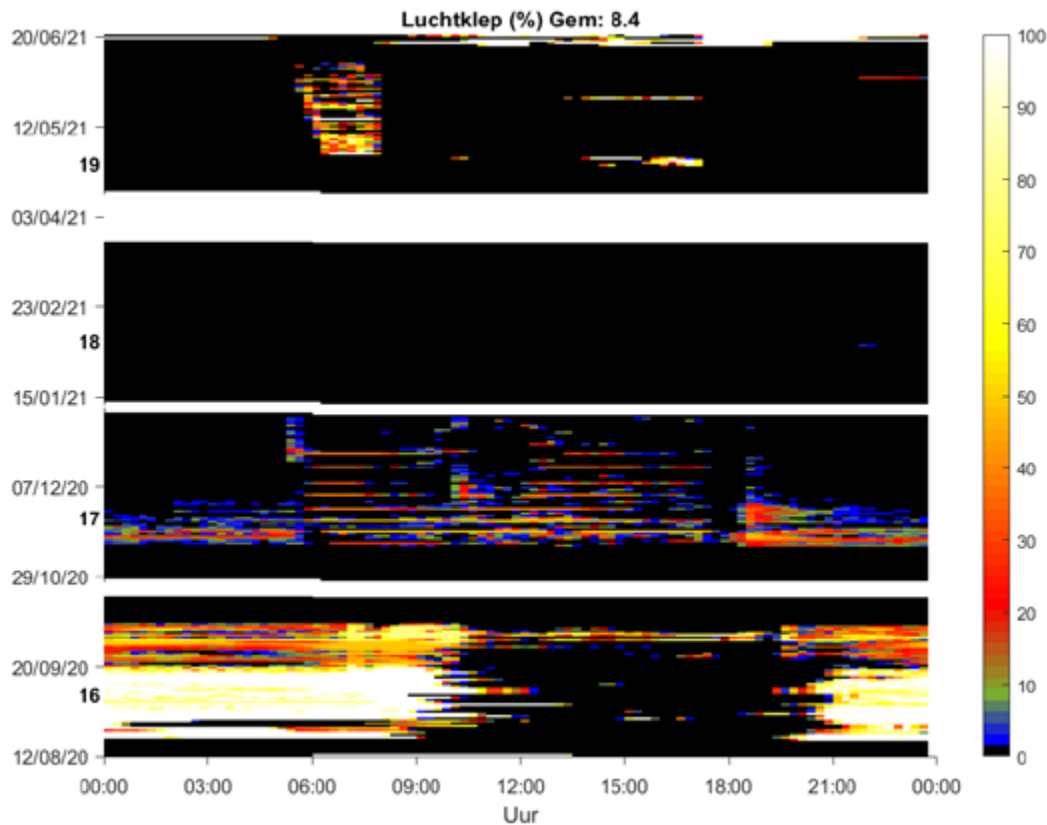
## 4.4 Vochtafvoer via LBU

Met de luchtbehandelingsunits (LBU) is het mogelijk om buitenlucht in te blazen, waardoor vocht kan worden afgevoerd. De ventilatoren in de LBU's hebben een capaciteit van  $12 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{uur})$  en de gerealiseerde ontvochtiging is weergegeven in Figuur 17. Doordat ontvochtiging en koeling vaak hand in hand gaan, lijkt deze figuur sterk op Figuur 14. In de nacht wordt veelal 5-20 gram/ $(\text{m}^2 \cdot \text{uur})$  aan vocht afgevoerd. De gewasverdamping zal waarschijnlijk iets hoger liggen, omdat vocht ook via de gevel of door transport door het scherm kan worden afgevoerd.



**Figuur 17** Vijftienminutenoverzicht van de stand van de buitenluchtklep in de LBU bij DPC.

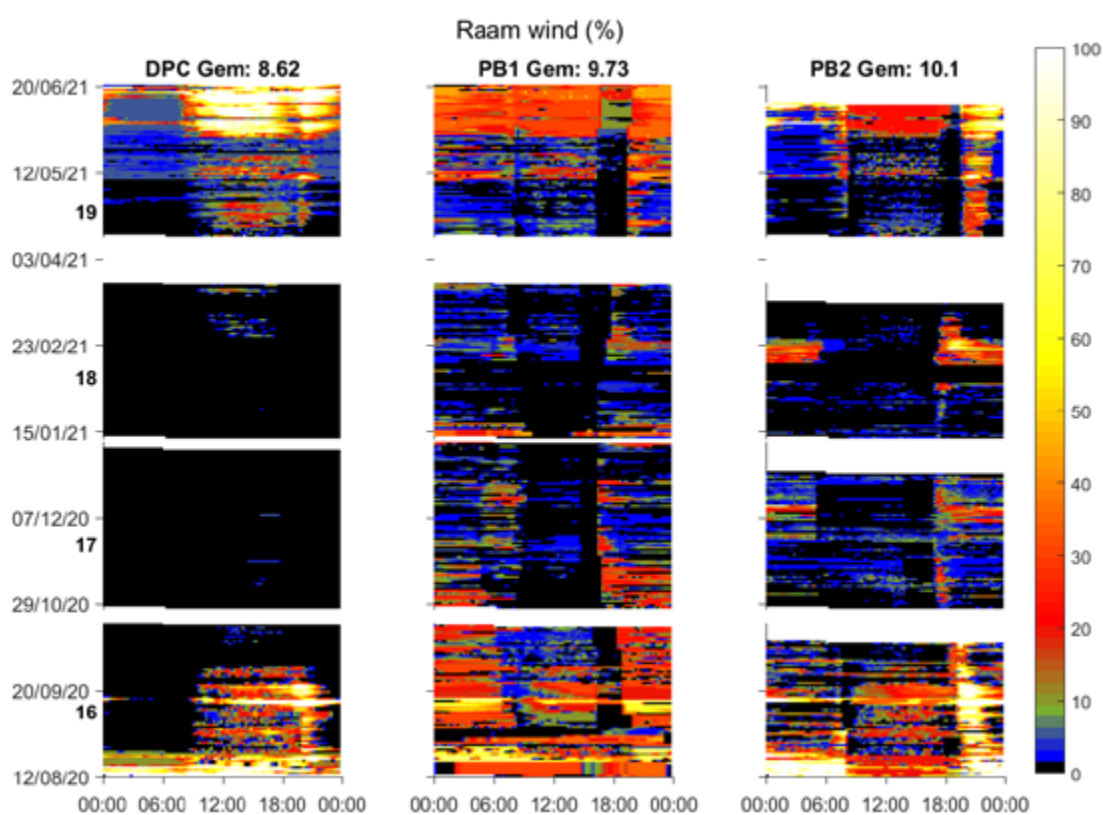
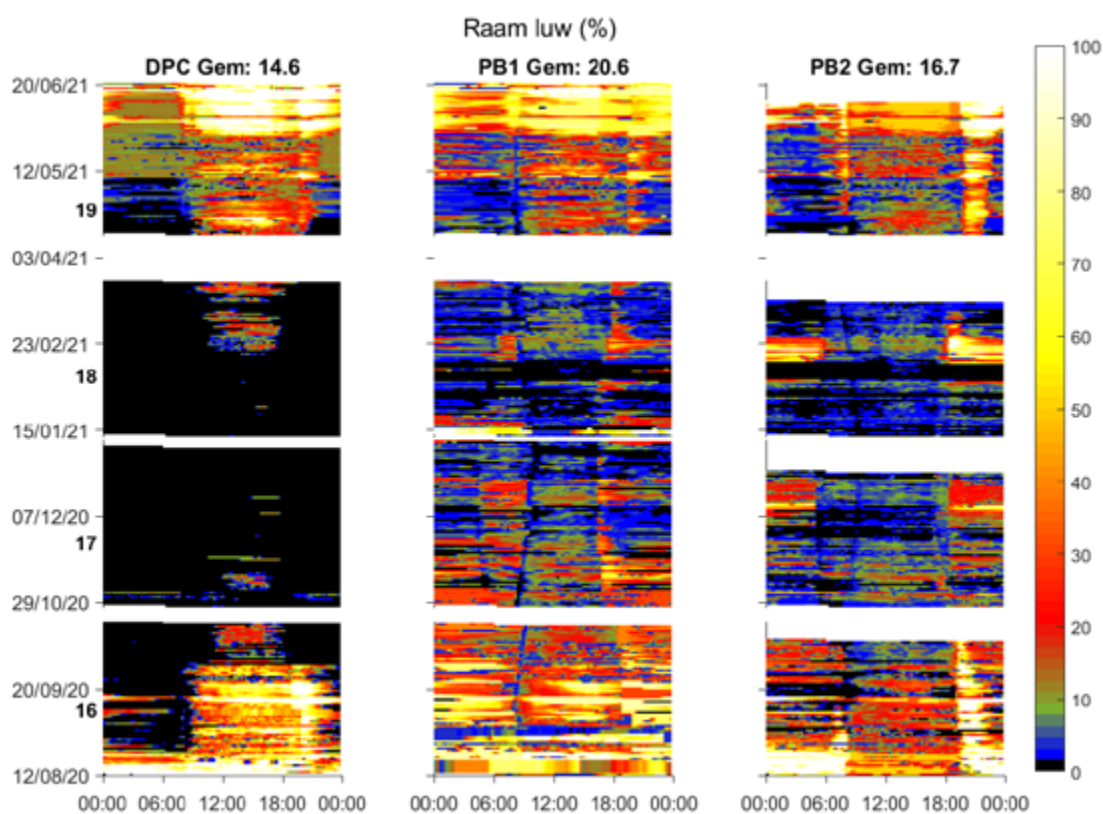
De stand van de buitenluchtklep is weergegeven in Figuur 18. Tijdens teelt 16 was niet veel warmte nodig en is de ontvochtiging grotendeels met buitenlucht gedaan. Tijdens teelt 17 is alleen op beregeningsdagen met buitenlucht ontvochtigd, omdat met droge koude buitenlucht meer vocht kan worden afgevoerd dan met gekoelde/ontvochtigde kaslucht. Teelt 18 stond in het teken van zo veel mogelijk warmte oogsten, dus is de buitenluchtklep dicht gebleven. In teelt 19 is de buitenluchtklep vrijwel alleen in de ochtend gebruikt voor het openen van het scherm. Ook aan het einde van teelt 19 is meer buitenlucht ingeblazen.



**Figuur 18** Vijftienminutenoverzicht van de stand van de buitenluchtklep in de LBU bij DPC.

## 4.5 Ventilatie

Als de raamstanden van DPC worden vergeleken met die van de praktijkbedrijven, valt vooral op dat de luchtramen bij teelt 17 en 18 van DPC vrijwel volledig gesloten zijn gebleven. Doordat de luchtbehandelingsunits droge lucht kunnen inblazen, hoeft er geen minimum raamstand aangehouden te worden. Door in de winterperiode zo veel mogelijk via de LBU's in plaats van via de luchtramen te ontvochtigen, werd bij DPC de warmteoogst ook gemaximaliseerd. Verder is bij DPC een minder duidelijk verband tussen de raamstand en de stand van het verduisteringsdoek: de overgangen tussen de geopende en gesloten verduisteringsdoeken zijn in Figuur 19 bij de praktijkbedrijven duidelijker te herkennen aan de raamstand dan bij DPC. Dat heeft niet alleen met de LBU's te maken, maar ook met het energiescherm dat de overgang tussen wel en niet verduisteren gelijkmatiger maakt.

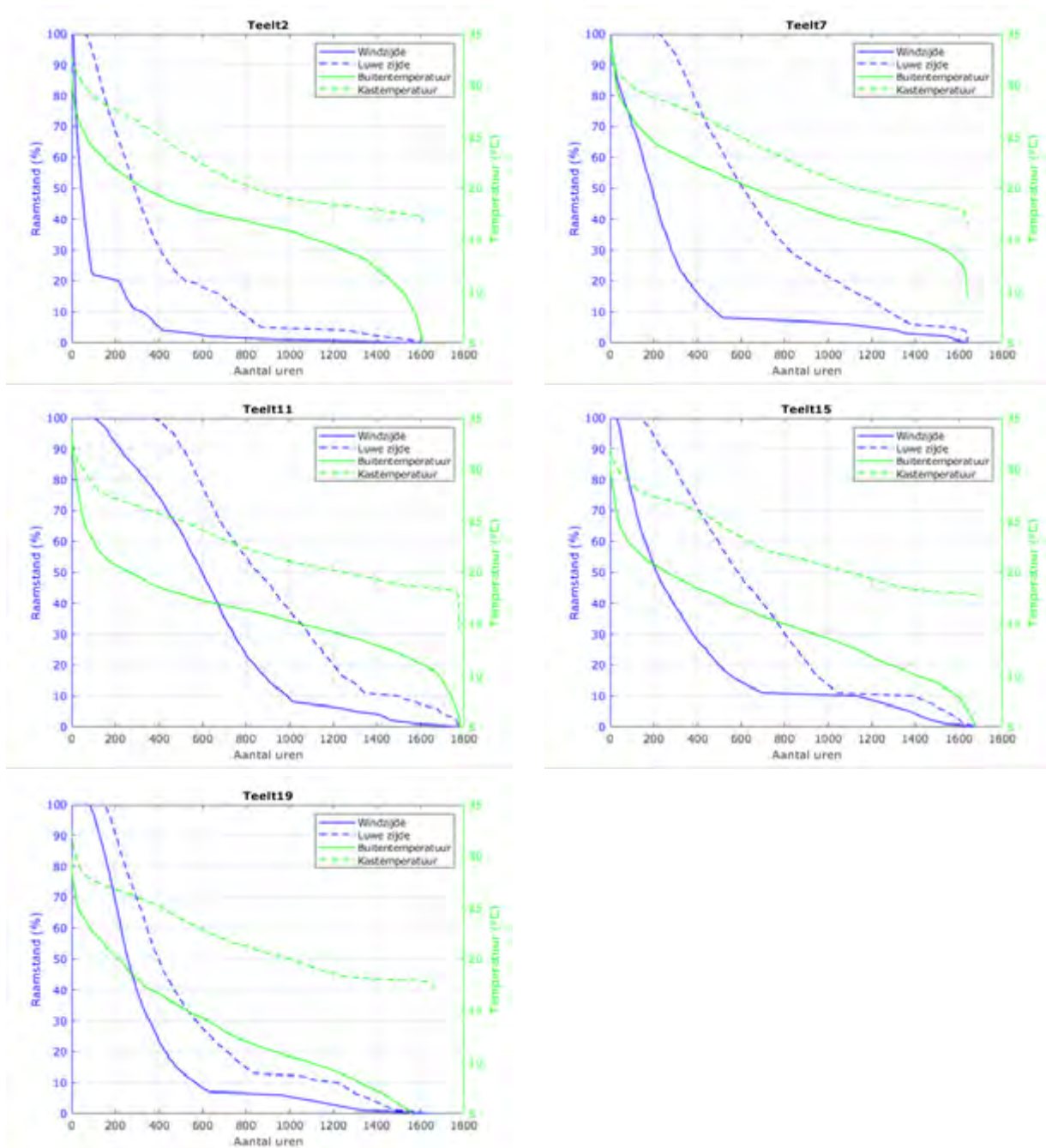


**Figuur 19** Vijftienminutenoverzichten van de raamstand (%) aan de luwe zijde (boven) en de windzijde (onder) bij DPC en het praktijkbedrijf (PB).

#### 4.5.1 Invloed insectengaas op ventilatiecapaciteit

Vijf zomerteelten (2, 7, 11, 15 en 19) zijn vergeleken op het handhaven van het kasklimaat bij hoge raamstanden. Bij teelt 11, 15 en 19 zijn de luchtramen voorzien van (0,8 \* 0,8 mm) insectengaas, wat de luchtuitwisseling kan belemmeren. Hiermee is te verwachten dat een hogere raamstand nodig is voor dezelfde luchtuitwisseling. In Figuur 20 is voor de vier zomerteelten een belastingduurkromme gemaakt van de raamstanden en de buitentemperatuur.

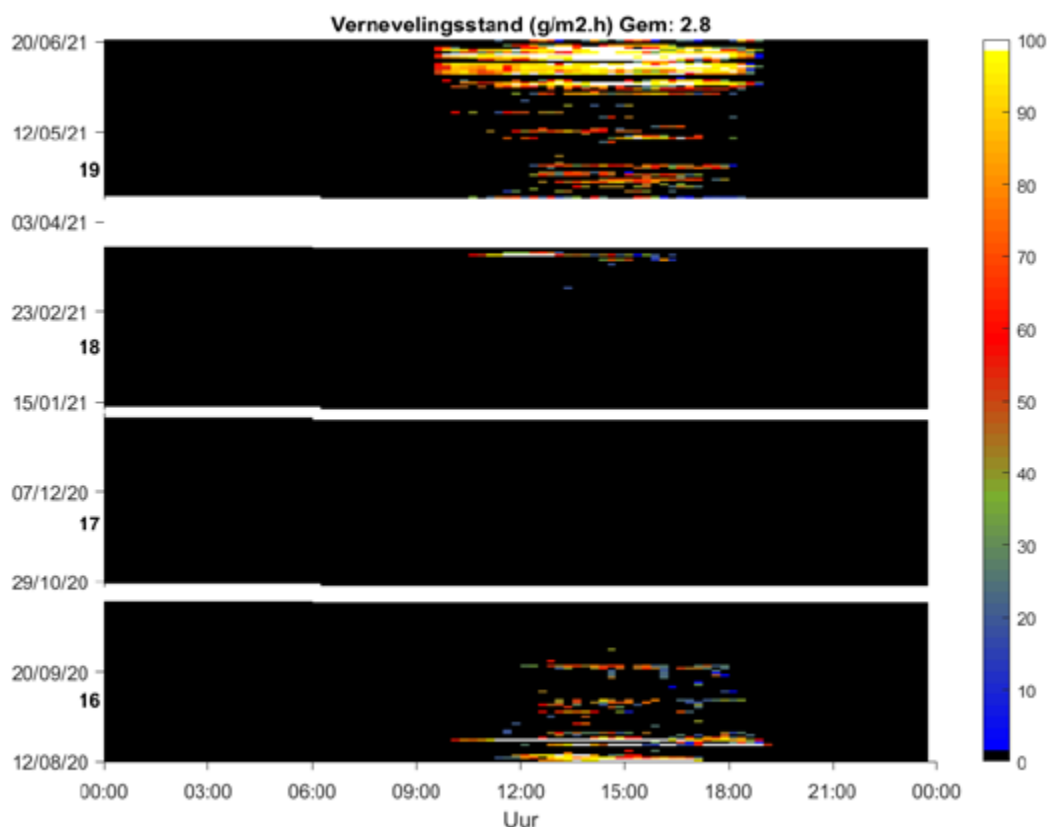
Bij teelt 15 en vooral teelten 11 en 19 blijkt een hoge raamstand (100%-100%) inderdaad vaker voor te komen dan bij teelten 2 en 7, terwijl de hoogste buitentemperaturen, maar ook de hoogste kastemperaturen zijn gerealiseerd bij teelt 7. Dit is voor een deel te verklaren door de koeling, die vooral bij teelt 2, maar ook wel bij teelt 7 is ingezet, en nauwelijks bij teelten 11, 15 en 19. Het gebruik van het insectengaas heeft invloed op de luchtuitwisseling, maar in combinatie met verneveling en de mogelijkheid om 12 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.uur) aan lucht in te blazen, blijft het aantal uren waarin de luchtramen beide zijden op 100% staan beperkt tot 20 -120 uren per teelt. Op die momenten zal de kastemperatuur iets verder stijgen om voldoende energie af te voeren.



**Figuur 20** Belastingduurkrommes van de windzijdige en luwzijdige raamstand (%) en de buitentemperatuur (°C) van de zomerteelten 2 en 7 (met actieve koeling, zonder insectengaas) en 11 en 15 (met verneveling en met insectengaas).

## 4.6 Verneveling

De verneveling is alleen gebruikt als de RV onder een bepaald setpoint kwam. Dit setpoint is nooit hoger dan 70% geweest. Ook wordt pas verneveld bij een globale straling van meer dan 400 of 500 W/m<sup>2</sup>. De gemiddelde stand van de verneveling is 2,8 g/(m<sup>2</sup>.h). Omdat tijdens de heetste periode van het jaar niet is geteeld, is dit lager dan wat je bij een jaarrondteelt zou verwachten.

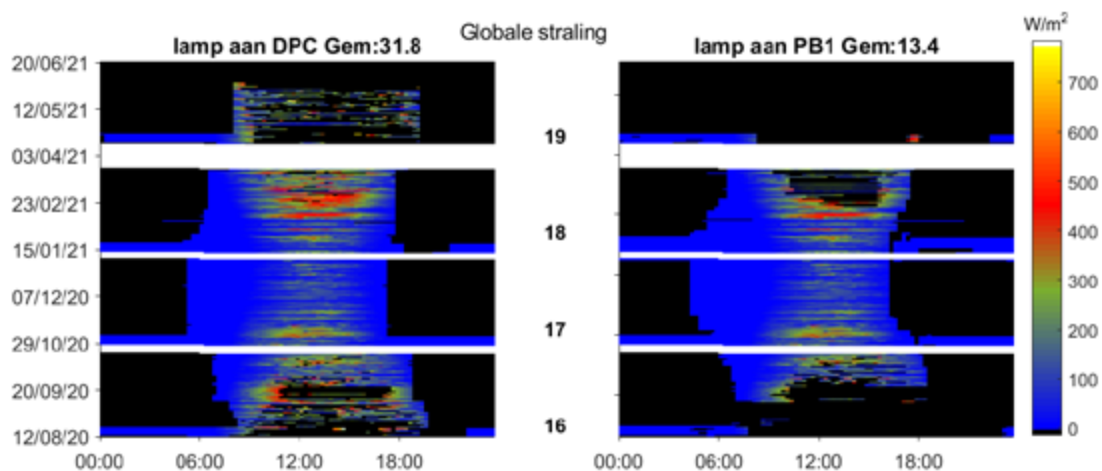


**Figuur 21** Vijftienminutenoverzicht van de vernevelingsstand ( $\text{g/m}^2\cdot\text{h}$ ) bij DPC.

## 4.7 Belichting

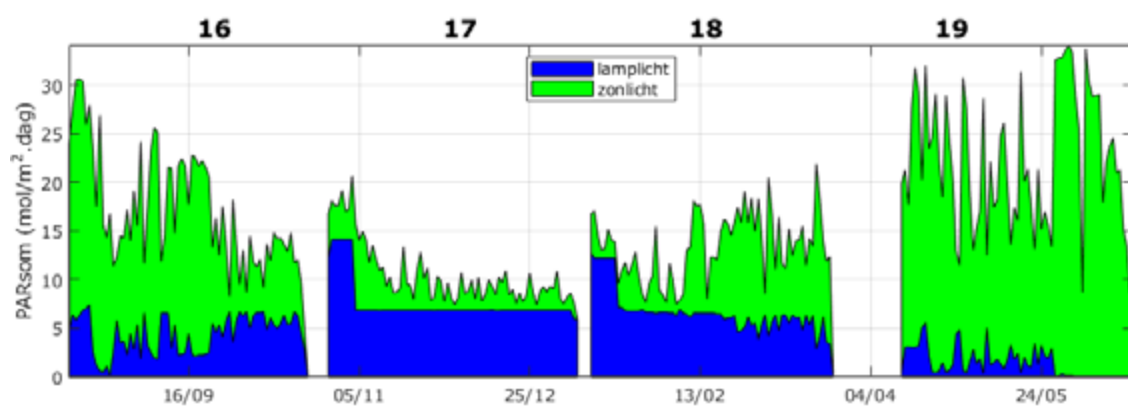
De assimilatie belichting wordt ingezet als de daglengte instelling dat toelaat en als de instraling onder de grenswaarde (tussen 100 en 350  $\text{W/m}^2$ ) is. In Figuur 22 is voor DPC en praktijkbedrijf 1 weergegeven wat de globale straling is als de lampen aan staan. Een zwarte kleur betekent dat de lampen niet branden. Een blauwe kleur betekent dat er geen of weinig globale straling is. De lampen staan dan vrijwel altijd aan, tenzij er verduisterd wordt. Bij DPC is overdag vooral meer belicht in het voor- en najaar. Het verschil met PB1 komt met name naar voren bij het begin van teelt 16, bij het einde van teelt 18 en bij teelt 19. In de zomerperioden (teelt 16 deels en geheel teelt 19) wordt bij PB1 alleen nog maar tijdens de LD periode belicht. Op deze dagen ontvangt het gewas voldoende zonlicht om tot een kwalitatief goed product te komen. Bij DPC zijn de lampen vooral afgeschakeld op momentane globale straling en nauwelijks afgeschakeld op daglichtsom. Dit was gedaan met het idee dat minder fluctuaties in PAR positief uit zouden kunnen werken op de LBE. In de zomer is de LBE bij DPC ook wel iets hoger dan op PB1, maar de LBE is duidelijk lager dan in de winter (3.1.2). De integratie capaciteit van het gewas laat toe dat in de zomer minder belicht wordt.





**Figuur 22** Vijftienminutenoverzichten van de globale straling buiten ( $W/m^2$ ) op de momenten dat de lampen aan staan bij DPC en bij PB 1.

In Figuur 23 is de hoeveelheid PAR van de lampen opgeteld bij de hoeveelheid PAR van de zon dat op het gewas terechtkomt. Hieruit valt op dat in teelt 17 en 18 het overgrote deel van de PAR afkomstig is van de lampen en in teelt 16 en 19 afkomstig van de zon.



**Figuur 23** PARsom ( $mol/m^2.etmaal$ ) uitgesplitst in lamplicht en zonlicht bij DPC.

Tabel 8

PARsom ( $mol/m^2.teelt$ ) afkomstig van de zon, de lampen en totaal.

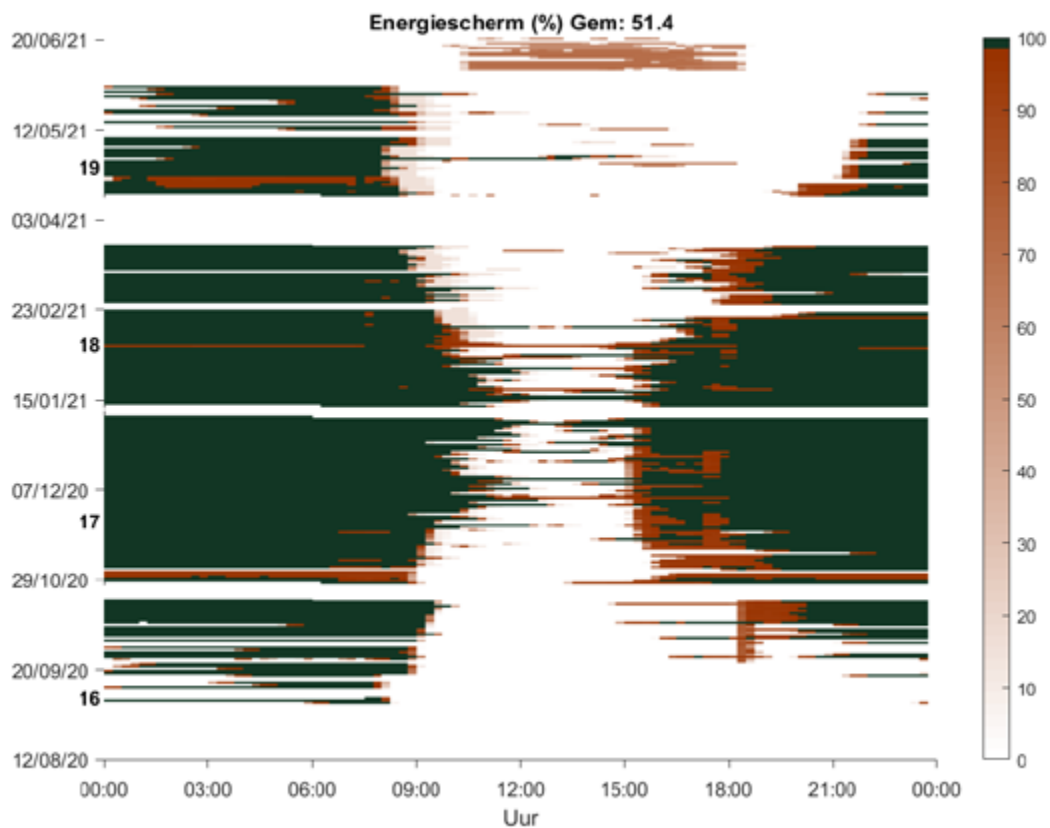
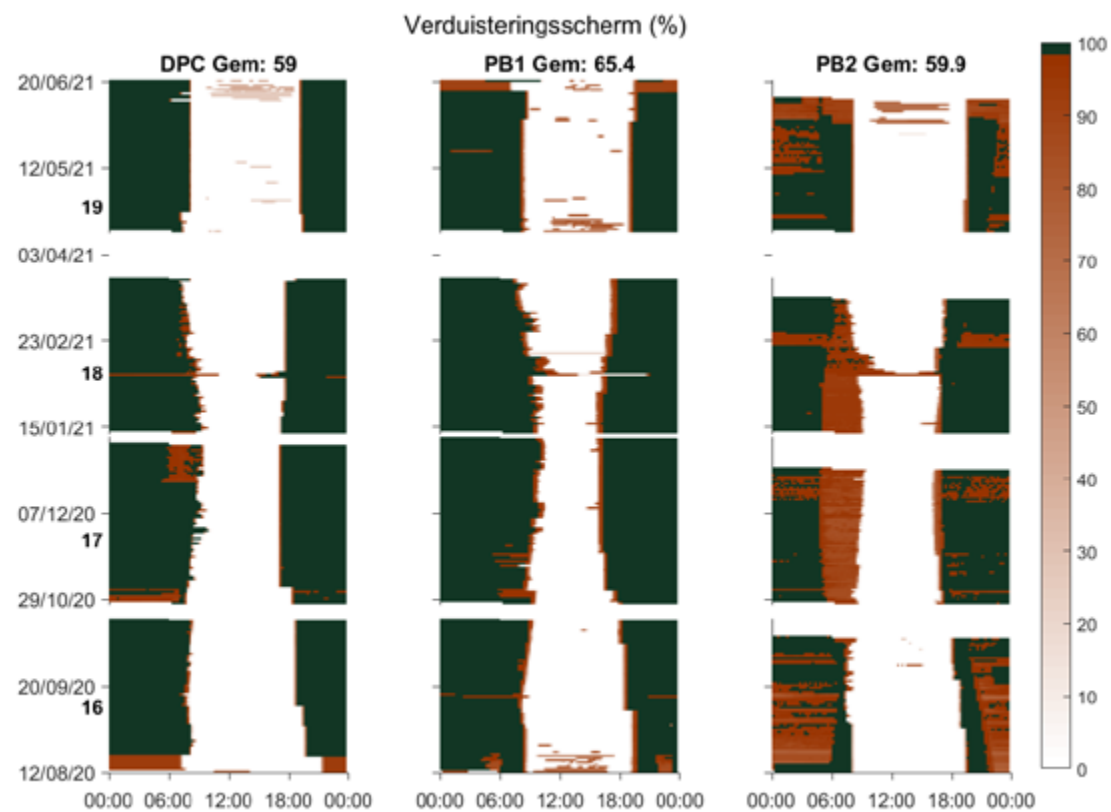
	Zonlicht	Lamplicht	Totaal
16	902	356	1258
17	220	629	849
18	480	540	1020
19	1445	107	1552

## 4.8 Schermen

Het verduisteringsschermbij DPC minder uren gebruik dan bij het praktijkbedrijf. In de winterperiode is het verduisteringsschermbij DPC eerder geopend en later gesloten, omdat het energieschermbij DPC de koude kan opvangen. In de zomerperiode is het verduisteringsschermbij DPC minder vaak gebruikt als schaduwdoek. Dat is soms opgevangen door het energieschermbij DPC, maar heeft vooral te maken met het feit dat het verduisteringsschermbij DPC op het praktijkbedrijf voor een grotere afdeling wordt ingezet, waardoor deze op meer momenten als schaduwdoek moet worden ingezet.

Het energieschermbij DPC wordt pas geopend als de buitentemperatuur en of de globale straling boven het setpoint uitkomt. Soms is het ook ingezet als schaduwdoek. Hiermee is het energieschermbij DPC ongeveer 4000 uren per jaar gesloten geweest. Het verduisteringsschermbij DPC is ongeveer 5000 uren per jaar gesloten geweest.





**Figuur 24** Vijftienminutenoverzichten van de schermstand (%) van het verduisteringsdoek (boven) bij DPC en de praktijkbedrijven (PB1 en PB2) en van het energiedoek bij DPC (onder).

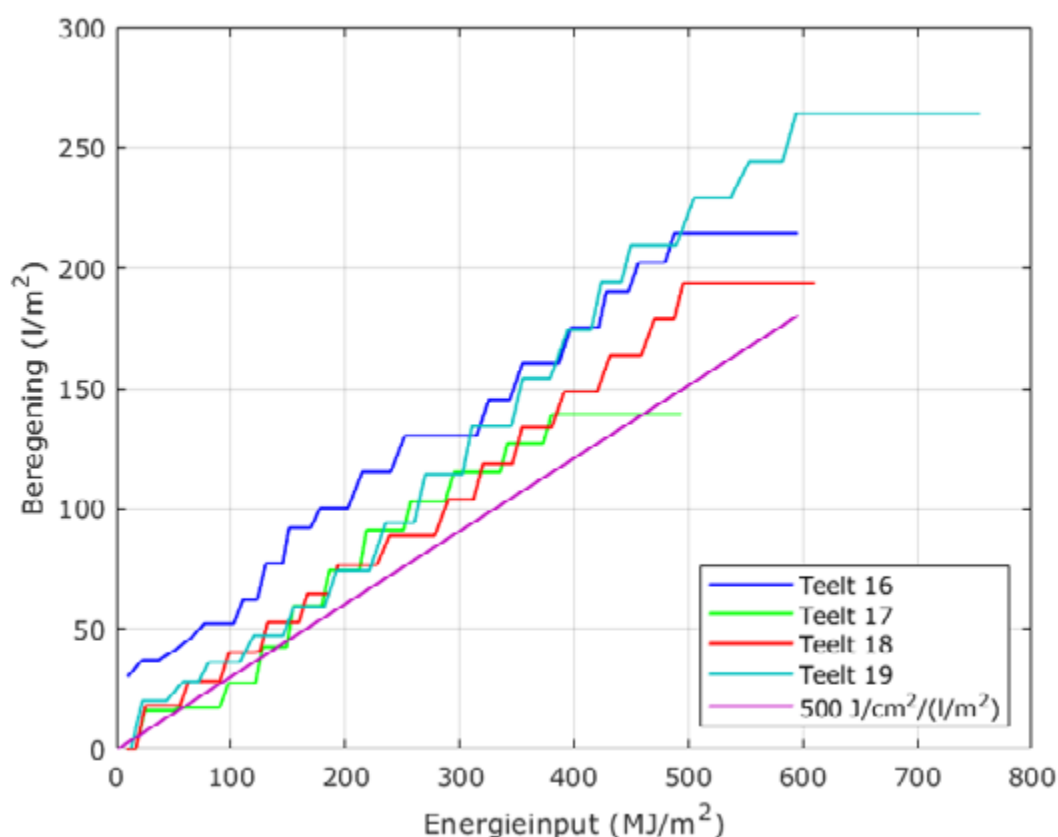
## 4.9 Berekening

De hoeveelheid verdamping is sterk gecorreleerd met de hoeveelheid energie die de kas binnenkomt. De belangrijkste energiestromen zijn die van de zon, de lampen en van de verwarming. Daarnaast is de verdamping afhankelijk van de LAI, de luchtbeweging en de luchtvochtigheid in de kas.

In Figuur 25 is de cumulatieve berekening voor zes teelten uitgezet tegenover de cumulatieve energie-input van de zon, de lampen en de verwarming. Hieruit blijkt dat de totale berekening voor iedere teelt uiteindelijk uitkomt op 1 l/m<sup>2</sup> voor iedere 500 J/cm<sup>2</sup> aan energie-input in de kas. Dat komt neer op 1 liter per 5 MJ, terwijl de verdampingsenergie van water gelijk is aan ±2,4 MJ/l.

De berekening is niet egaal verdeeld over de teeltduur. De laatste twee weken wordt vrijwel nooit beregend om de bloemen droog te houden en om te voorkomen dat het topzware gewas omvalt. Ook de eerste weken wordt voorzichtig beregend om te voorkomen dat de perspot te lang nat blijft. De rest van de teelt verloopt de lijn iets steiler dan 1 l/5 MJ.

De hoeveelheid drain is niet gemeten.



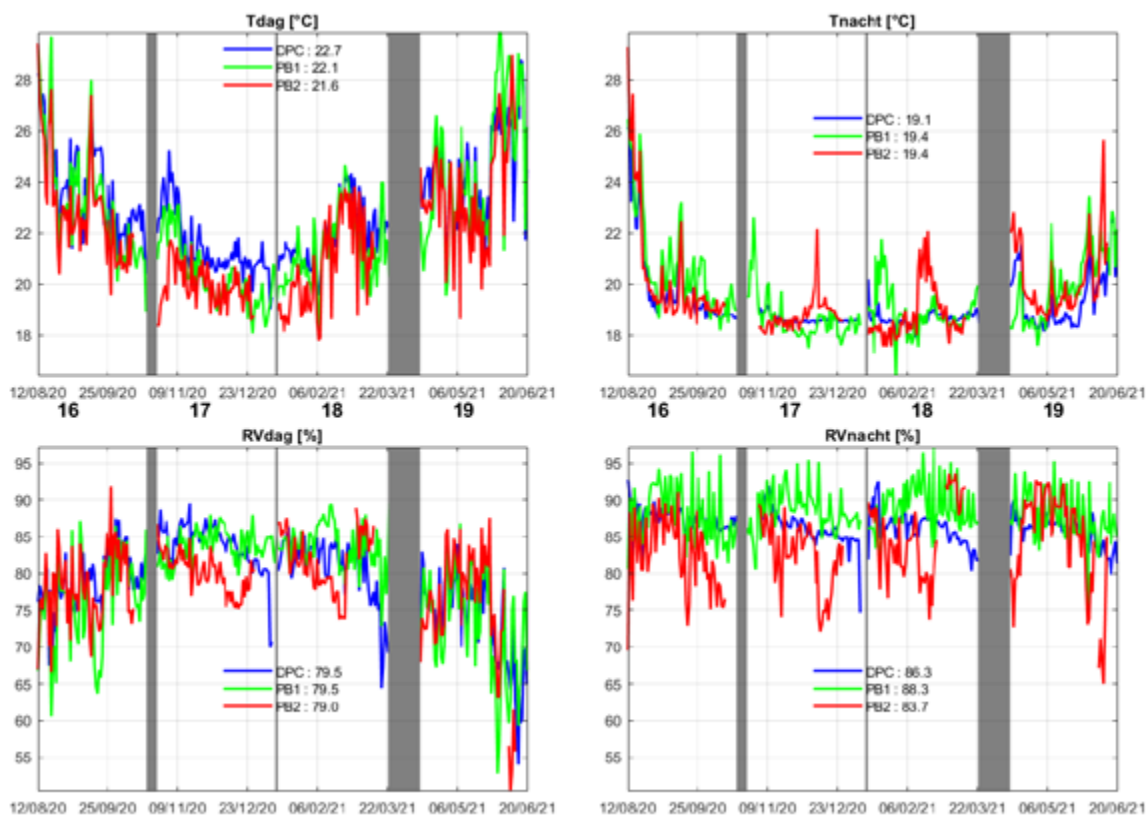
**Figuur 25** Cumulatieve hoeveelheid berekening per teelt (l/m<sup>2</sup>), uitgezet tegen de cumulatieve hoeveelheid energie die in de kas komt via zon, lampen en verwarming (MJ/m<sup>2</sup>)

## 5 Kasklimaat

### 5.1 Temperatuur en Luchtvochtigheid

De temperatuur en de luchtvochtigheid bij DPC verschillen slechts in lichte mate van die van praktijkbedrijf 1 (Figuur 26). Een paar opvallende verschillen zijn:

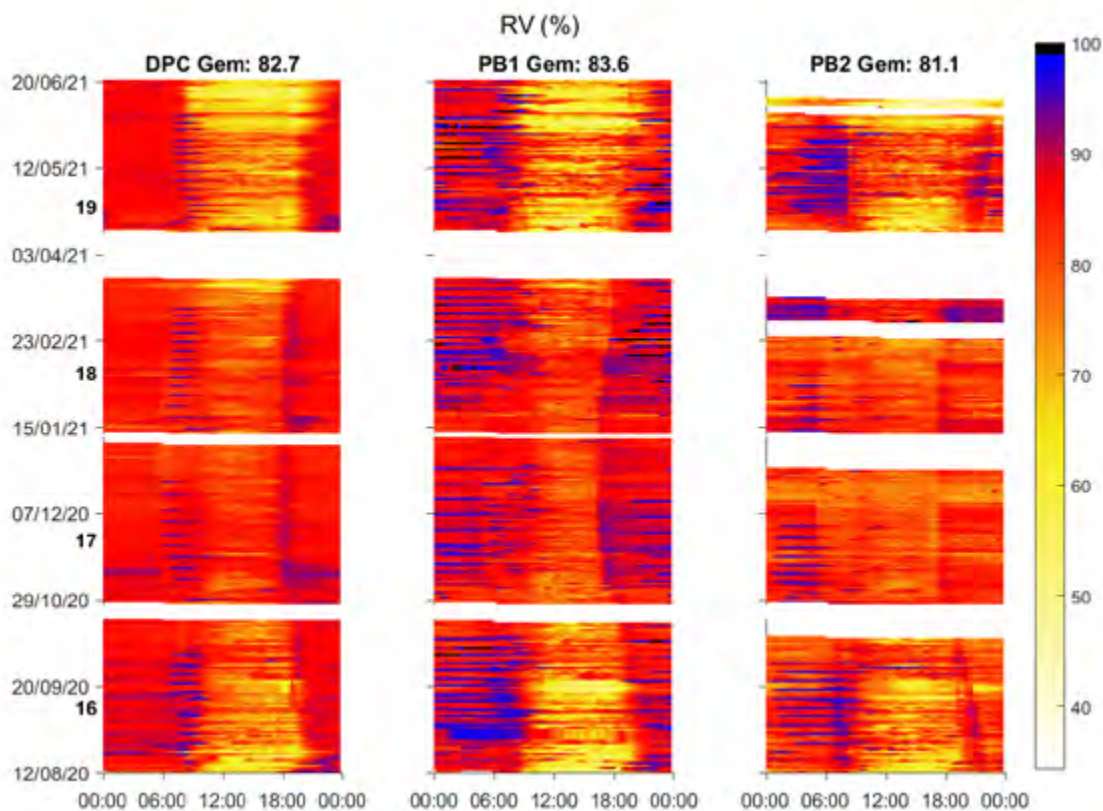
- De dagtemperatuur bij DPC is vooral bij teelt 16 en 17 hoger dan bij de praktijkbedrijven. Dit is gedaan op basis van de ervaring van eerder dat de temperatuur nodig is voor voldoende ontwikkeling van de plant.
- De nachttemperatuur bij DPC is constanter dan bij de praktijkbedrijven.
- De nacht RV is bij DPC lager dan bij PB1 (Baltica) en hoger dan bij PB2 (Chic).
- De dagtemperatuur is op zomerse dagen beter te beheersen dan bij het praktijkbedrijf. Dit wordt vooral verklaard door de verneveling.



**Figuur 26** Gemiddelde etmaaltemperatuur (°C, boven) en RV (% , onder), overdag (links) en 's nachts (rechts) bij DPC en de praktijkbedrijven (PB1 en PB2)

In Figuur 27 wordt het verloop van de RV bij DPC vergeleken met de praktijkbedrijven. De punten die opvallen zijn de kleinere extremen bij DPC. Overdag daalt de RV minder sterk dankzij de mogelijkheid tot vernevelen. 's Nachts stijgt de RV minder hoog, doordat er, in tegenstelling tot PB1, niet 's avonds, maar 's ochtends wordt beregend. Maar ook 's ochtends, voor het openen van het scherm, stijgt de RV minder hoog dan bij de praktijkbedrijven. Dat is waarschijnlijk te danken aan de ontvochtiging door koeling (zie Figuur 14) en via de buitenluchtaanzuiging bij DPC.

Het beheersen van de luchtvochtigheid was een belangrijke doelstelling van dit onderzoek en dat is goed gerealiseerd. De luchtvochtigheid werd op momenten dat dit gewenst was niet te hoog en bij veel instraling niet te laag.



**Figuur 27** Vijftienminutenoverzicht van de RV (%) bij DPC en de twee praktijkbedrijven (PB en PB2). Bij PB2 is de RV sensor een paar keer drooggevallen. Deze data zijn niet meegenomen in het overzicht.

Tabel 9

Gemiddelde Temperatuur en RV per teelt per bedrijf over de dag, de nacht en het etmaal.

Teelt	Bedrijf	Temperatuur (°C)			RV (%)		
		Dag	Nacht	Etmaal	Dag	Nacht	Etmaal
Teelt 16	DPC	23.4	19.5	22	79.3	87.3	82.3
	PB1	22.8	20.3	22	76.6	88	81.9
	PB2	22.3	19.6	21.5	79	83.2	80.6
Teelt 17	DPC	21.2	18.6	20.3	83.8	86	85
	PB1	20	18.4	19.6	84.3	88.9	85.9
	PB2	19.8	18.7	19.3	80	82.8	81.8
Teelt 18	DPC	22.1	18.6	20.3	80.5	85.7	83.4
	PB1	21.4	18.8	20	83.5	89.3	86.3
	PB2	21.1	18.9	19.8	81.5	85.3	83.9
Teelt 19	DPC	24.4	19.3	21.8	72.9	85.3	79.6
	PB1	24.8	20.2	22.2	72.6	87.3	80.1
	PB2	24.1	20.1	22.4	73.8	84.4	78.2

## 5.2 Licht - Temperatuur verhouding

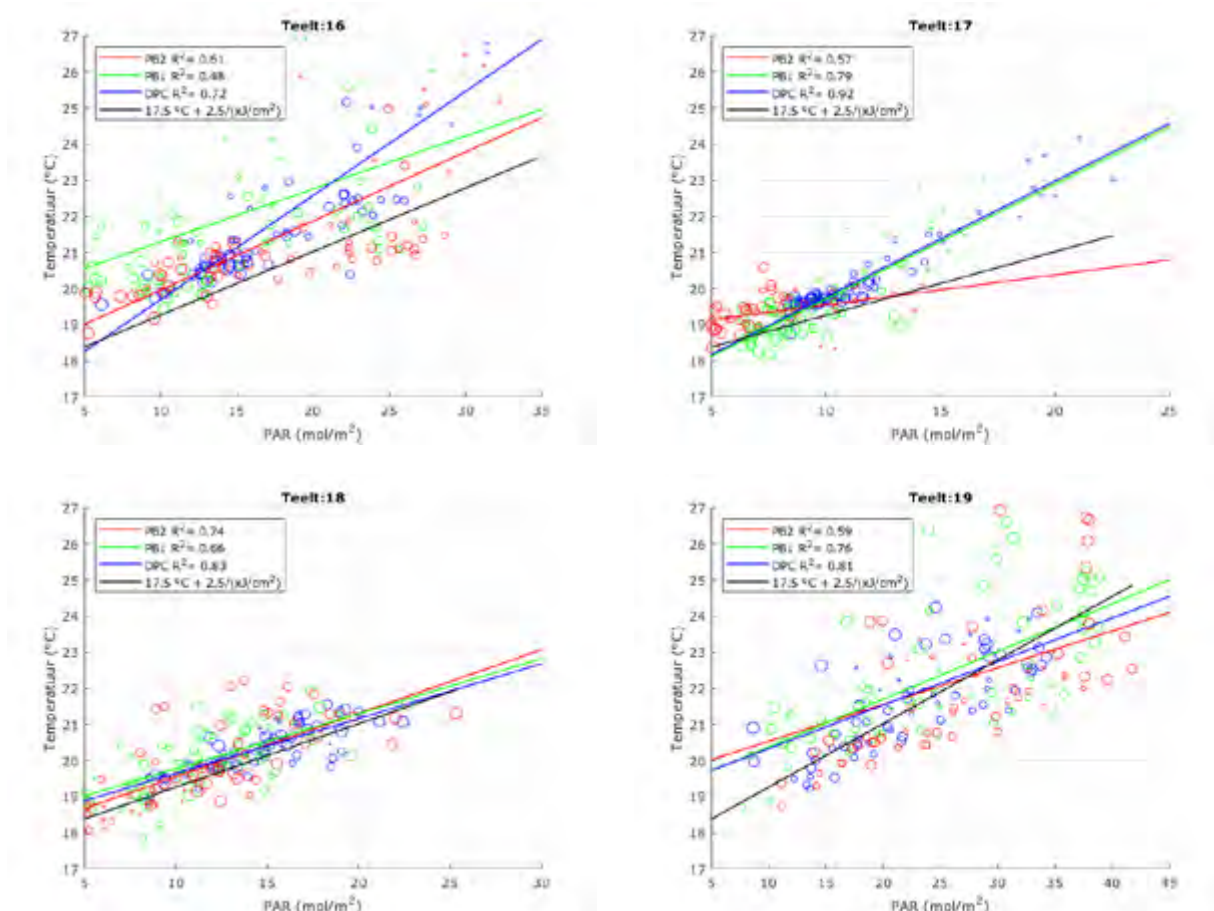
Hoe meer licht het gewas ontvangt, hoe hoger de kasttemperatuur moet zijn om de geproduceerde assimilaten te verwerken. Een referentielijn die voor Baltica wordt gebruikt is dat de etmaaltemperatuur tijdens de kortedagperiode gelijk moet zijn aan 17,5°C plus 2,5°C voor iedere kJ/(cm<sup>2</sup>.etmaal). Als wordt uitgegaan van een gemiddelde lichttransmissie van 66% door het kasdek bij praktijkbedrijven en bij gemiddeld 2,15 mmol PAR voor iedere kJ globale straling, komt dit neer op 17,5°C plus (2.5/(2.15\*0.66\*10)=) 0.176°C voor iedere mol/(m<sup>2</sup>.etmaal) PAR.

In Figuur 28 zijn voor teelt 16 tot en met 19 de gerealiseerde etmaaltemperaturen uitgezet tegen de hoeveelheid ontvangen PAR. Hierbij valt op dat tijdens teelten 16 en 17 de regressielijn van de teelttemperatuur veel steiler verloopt dan de referentielijn.

Bij deze teelten was de buitentemperatuur te hoog om de etmaaltemperatuur lager te krijgen.

Ook is in de legenda de R<sup>2</sup> van iedere regressielijn aangegeven. R<sup>2</sup> staat voor de mate hoezeer de puntenwolk overeenkomt met de regressielijn. Bij een R<sup>2</sup> van 1 ligt iedere punt precies op de regressielijn en bij een R<sup>2</sup> van 0 is er geen verband tussen de puntenwolk en de regressielijn. De R<sup>2</sup> bij DPC is altijd hoger dan die van de referentiebedrijven. Dat betekent dat bij de verhouding tussen PAR en etmaaltemperatuur bij DPC consistent is dan bij de referentiebedrijven.

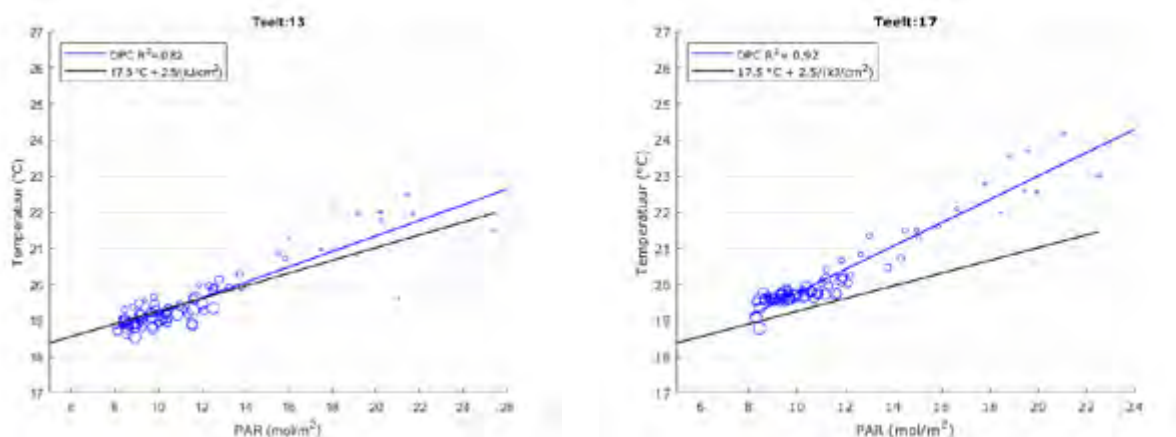
De in de grafieken gehanteerde lijn is een lineair verband tussen PAR en temperatuur, terwijl de onderliggende plantprocessen niet lineair hoeven te verlopen. Verder zou de referentielijn afhankelijk moeten zijn van de plantdichtheid en van de CO<sub>2</sub>-concentratie. Bij een hogere plantdichtheid ontvangen de individuele planten minder PAR en zou een lagere temperatuur moeten worden nagestreefd. Bij een lagere CO<sub>2</sub>-concentratie worden minder assimilaten aangemaakt en zou ook een lagere temperatuur moeten worden nagestreefd.



**Figuur 28** Verhouding tussen de etmaaltemperatuur (°C) en de hoeveelheid PAR (mol/(m<sup>2</sup>.dag)) voor teelt 16 t/m 19 bij DPC (blauw) en de praktijkbedrijven (PB1 en PB2) vergeleken met de lijn:  $T \text{ (in } ^\circ\text{C)} = 17,5 + 2,5 * \text{de hoeveelheid PAR omgerekend naar globale straling buiten (in kJ/(cm}^2\text{.dag))}$ . (De schaling van de x-as is per teelt anders).



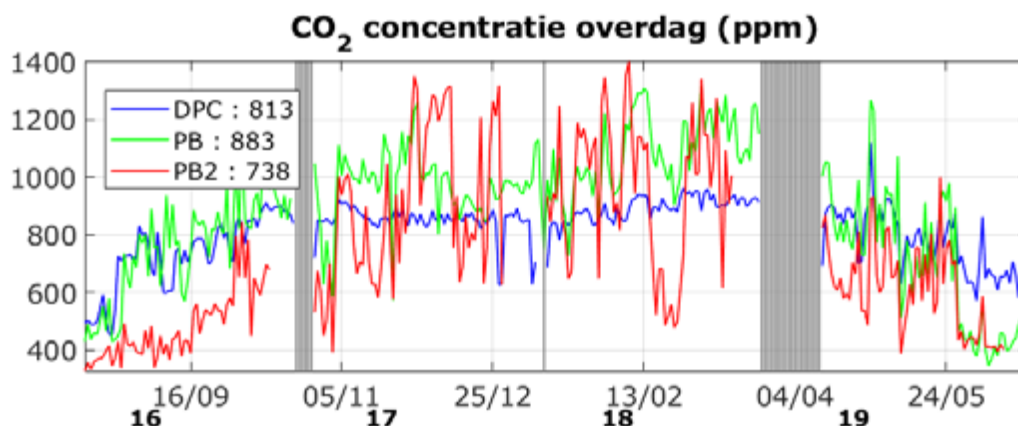
Bij de winterteelt 13 was bij DPC geconstateerd dat de groei tegenviel, hetgeen werd geweten aan de lage planttemperatuur. LED lampen geven immers minder stralingswarmte, waardoor de planttemperatuur ten opzichte van de kasttemperatuur lager wordt dan bij SON-T lampen. Bij teelt 17, die in hetzelfde jaargetijde is geteeld, is daarom een hogere kasttemperatuur aangehouden. Dit is weergegeven in Figuur 29. Met name in het begin van de teelt (herkenbaar aan de kleinere rondjes en aan de hoge PAR door de 24-urige belichting), is een hogere temperatuur aangehouden. Dit is met het doel om de vele assimilaten die bij 24-urige belichting geproduceerd worden, te verwerken tot een hogere versproductie. Gemiddeld over de hele teelt was de dagtemperatuur in teelt 17 1,0°C hoger dan in teelt 13. De nachttemperatuur is vrijwel gelijk gebleven. Het gasverbruik steeg daarmee van 5,3 naar 6,1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> in deze winterteelt, terwijl de LBE van Baltica steeg van 6,2 naar 6,8 g/mol.



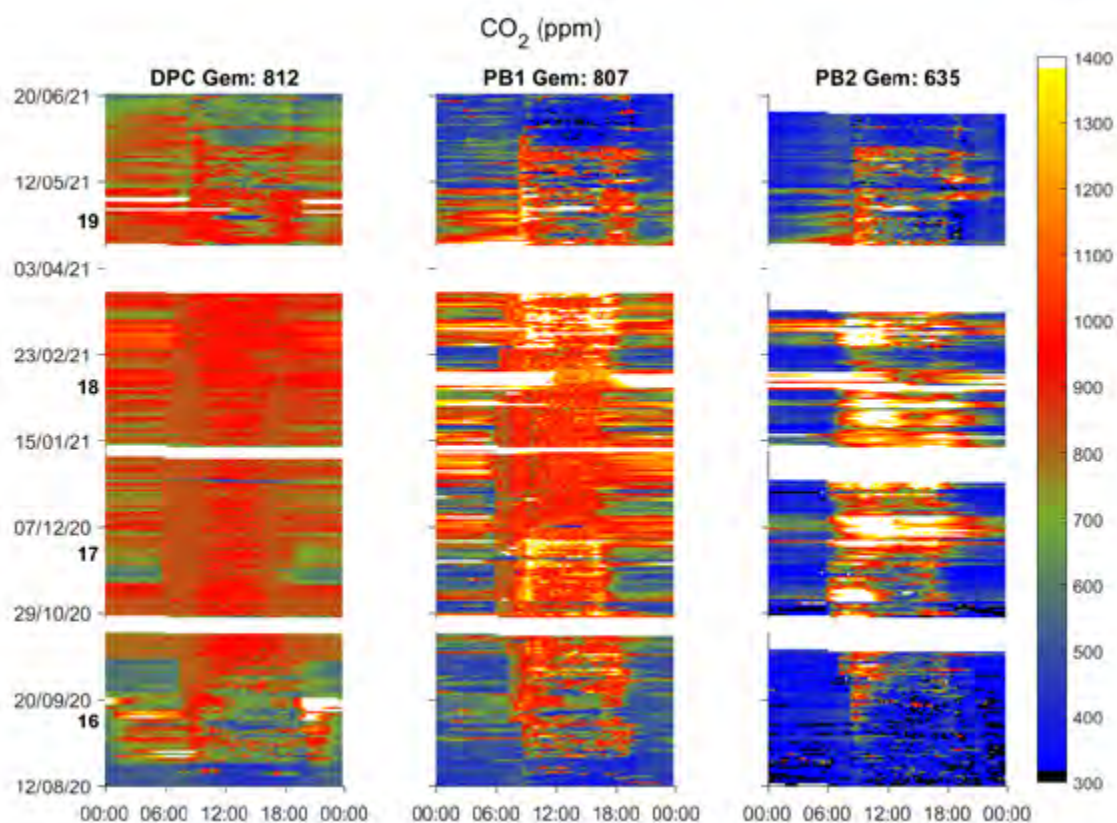
**Figuur 29** Verhouding tussen de etmaaltemperatuur (°C) en de hoeveelheid PAR (mol/(m<sup>2</sup>.dag)) voor teelt 13 en 17 bij DPC vergeleken met de lijn:  $T \text{ (in } ^\circ\text{C)} = 17,5 + 2,5 * \text{de hoeveelheid PAR omgerekend}$ .

### 5.3 CO<sub>2</sub> concentratie en verdeling

De gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie overdag bij DPC verschilt in geringe mate van die van de praktijkbedrijven. Wel is deze veel constanter aangehouden. Bij DPC kwam een concentratie hoger dan 1400 ppm nauwelijks voor, en ook kwam een concentratie lager dan 500 ppm minder vaak voor bij DPC dan bij de praktijkbedrijven. Naast een gerichter CO<sub>2</sub> dosering (bij DPC is in tegenstelling tot de praktijkbedrijven altijd CO<sub>2</sub> beschikbaar en kan voor een specifieke gewasfase worden gedoseerd), speelt ook mee dat bij DPC door verneveling de luchtramen meer gesloten konden blijven.



**Figuur 30** Gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie (ppm) overdag per etmaal bij DPC en het praktijkbedrijf (PB).



**Figuur 31** Vijftienminutenoverzicht van de CO<sub>2</sub>-concentratie) bij DPC en de twee praktijkbedrijven (PB en PB2).

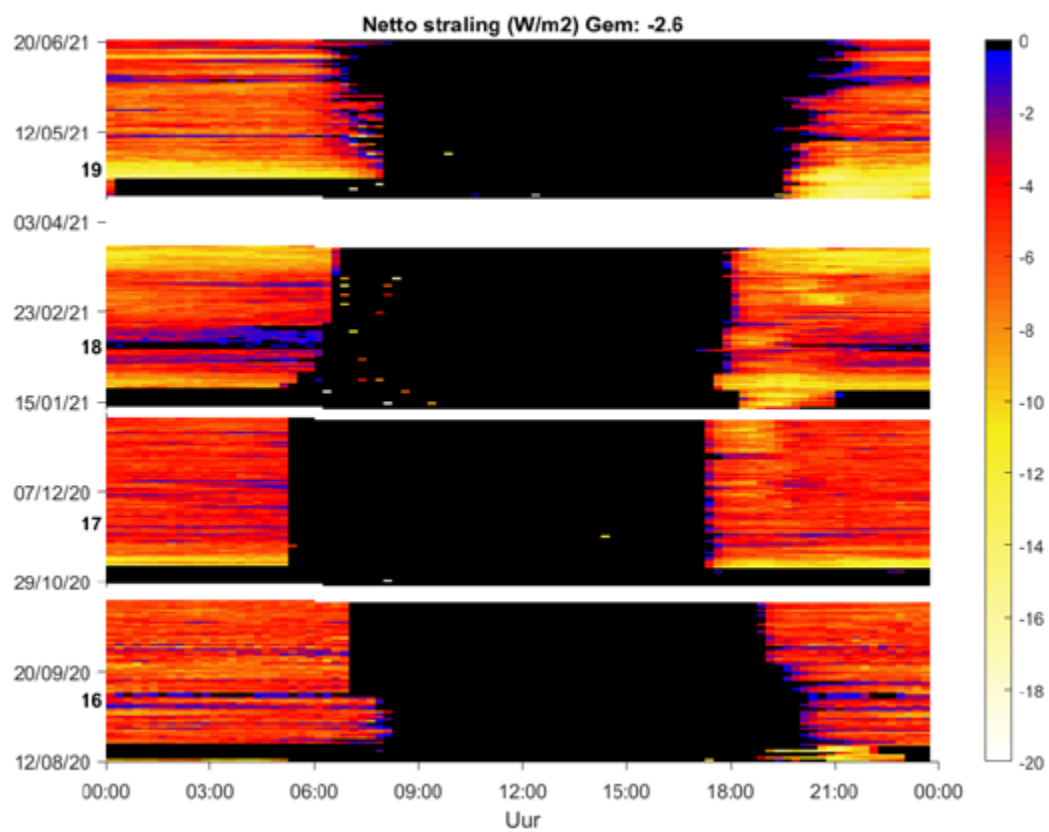
## 5.4 Netto straling

De netto stralingsmeter geeft het verschil aan tussen de uitstraling van gewas naar boven (kasdek of schermdoek) en van de straling boven naar het gewas. De momenten dat de netto straling negatief is, zijn in Figuur 32 in kleur weergegeven. Bij een sterk negatieve netto straling is er meer risico dat het gewas koeler is dan de kaslucht. In combinatie met een hoge RV kan dat leiden tot condensatie op het gewas. Dit kan optreden bij een koud kasdek of scherm en een lage buistemperatuur boven.

Het tegengestelde (absolute positieve waarde) van netto straling zou je netto uitstraling kunnen noemen. 's Nachts blijft deze meestal beperkt blijft tot 4-8 W/m<sup>2</sup>. Wel valt op dat bij het begin van iedere teelt, de netto uitstraling wat hoger is. Dat komt doordat de bodem en de verwarmingsbuizen onder dan nog niet helemaal zijn afgedekt door verdampend (en dus afgekoeld) gewas.

Aan het einde van teelt 18 blijkt de netto uitstraling ook hoger te zijn. Dit is veroorzaakt door het verlagen van de bovenbuistemperatuur, terwijl de onderbuis gelijk is gebleven. De VPD-plant geeft in deze periode echter geen bijzonder lage waarden, dus het risico op condensatie is niet groot geweest.

De netto stralingsmeter reageert meer op de temperatuur van de bodem en de buizen, dan op de temperatuur van het schermdoek.



**Figuur 32** Vijftienminutenoverzicht van de Netto straling ( $\text{W/m}^2$ ; alleen netto uitstraling weergegeven) bij DPC.



## 6 Evaluatie doelstellingen

*Realiseren van minimaal dezelfde LBE en reactietijd als in de praktijk, bij teelten onder  $185 \mu\text{mol}/(\text{m}^2.\text{s})$  full LED*

Met full LED doet de LBE niet onder voor die van praktijkbedrijven. De LBE was meestal zelfs beter. Dit kan worden verklaard doordat bij DPC met een relatief lage lichttransmissie van de kas en een hoge lichtintensiteit van de lampen een constanter PAR-niveau aan het gewas wordt gegeven. Pieken in zonlicht worden vermeden. Bovendien is de  $\text{CO}_2$ -concentratie altijd op peil gebleven en is de luchtvochtigheid door verneveling nooit diep weggezakt.

De LBE volgt per teelt een patroon tijdens de teelt van laag naar een optimum en dan weer dalend. Bij het begin van de teelt (LD fase) lijkt een optimalisatie mogelijk door met een lagere intensiteit te belichten en ook in de laatste week van de teelt lijkt hier winst te behalen.

Door in teelt 17 een hogere dagtemperatuur te realiseren in vergelijking met teelt 13, is de LBE gestegen. Dit is een indicatie dat met LED-lampen een hogere dag temperatuur moet worden aangehouden dan met SON-T lampen.

*Realiseren van minimaal dezelfde zomer kwaliteit en reactietijd als in de praktijk bij gebruik van insectengaas*

De kwaliteit in voorjaar en najaar was gelijk aan de praktijk. Een echte zomer teelt is geen onderdeel van deze reeks geweest.

De reactietijd lag iets hoger dan de praktijk, dat wordt eerder geweten aan de lage nachttemperatuur of de korte nachtlengte dan aan een te hoge dagtemperatuur door het insectengaas. De keuze van de nachtlengte is een optimalisatie die op cultivar niveau in de praktijk wordt gemaakt.

Ondanks de lagere luchtvochtigheid in vergelijking met voorgaande teelten laat bladkwaliteit bij gevoelige rassen nog te wensen over. Bij de start van de winter teelten is gebreksblad geconstateerd. Daarvoor zou waarschijnlijk met minder intensiteit belicht moeten worden. De teelt was nog sterk gericht op het hoofd ras Baltica dat niet gevoelig is voor blad problemen. Voor Chic zou een kortere periode LD gunstig zijn voor het verminderen van de bladproblemen.

*Het beperken van de inzet van fossiele warmte tot ca  $4 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{jaar})$ . Alle overige warmte (max  $11 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{jaar})$ ) is afkomstig uit de actieve ontvochtiging met inzet van een warmtepomp. Voor de warmtepomp is  $40 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{jaar})$  aan elektriciteit nodig.*

De geschatte warmte vraag voor deze afdeling door buizen en LBK is jaarlijks ongeveer  $21 \text{ m}^3/\text{m}^2$  aan aardgasequivalenten. Dat ligt hoger dan de doelstelling van  $15 \text{ m}^3/\text{m}^2$ . Dit komt door de extra ontvochtiging die is toegepast om een lagere luchtvochtigheid te realiseren. Op dagbasis kan met de warmtepomp  $13.5 \text{ m}^3/\text{m}^2$  aan warmte worden geproduceerd. Er moet nog  $7,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$  uit een andere warmtebron worden gehaald. Ook dit is hoger dan de doelstelling van  $4 \text{ m}^3/\text{m}^2$ . Daarnaast werd  $6.5 \text{ m}^3/\text{m}^2$  aan warmte geoogst die zonder lange termijn opslag niet nuttig kan worden ingezet. De warmtepomp heeft  $44 \text{ kWh}/\text{m}^2$  aan elektriciteit nodig gehad. Dit is iets hoger dan de doelstelling en klopt met het meer ontvochtigen en te veel aan warmte oogsten. De strategie voor het gebruik van de warmtepomp moet worden geoptimaliseerd.

*De belichting met  $185 \mu\text{mol}/(\text{m}^2.\text{s})$  is afkomstig van LED met een totaal energie input van  $180 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{jaar})$ .*

De inzet van elektriciteit hangt samen met het geïnstalleerd vermogen en het aantal uren dat de lampen zijn gebruikt. Als in de LD fase met de helft van het vermogen wordt belicht en in de zomer minder snel wordt aangeschakeld op donkere momenten is het goed mogelijk om de nu gebruikte  $200 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{jaar})$  te reduceren tot de doelstelling. Daarbij zijn moderne LED armaturen efficiënter dan de in de proef gebruikte lampen.

Bij toepassing van het totale teeltsysteem en de teeltaanpak op grotere schaal zal met de effecten van een ander aantal en type lampen op energie input voor belichting en de warmte rekening moeten worden gehouden.

*Testen in welke mate de plantdichtheid kwaliteit en de lichtbenuttingsefficiëntie (LBE) van chrysant beïnvloedt.*

De plantdichtheid heeft in de winterperiode nauwelijks invloed op de productie per  $\text{m}^2$  en dus ook niet op de LBE. Dit betekent dat het gemiddelde takgewicht omgekeerd evenredig is met de plantdichtheid. Een hogere plantdichtheid leidt ook tot grotere verschillen tussen de takgewichten.

*Verdere onderbouwing van de groeianalyse van Chrysant door tussentijdse waarnemingen van versgewicht, drooggewicht, bladgrootte en lengte.*

Tussentijdse gewasmetingen geven dezelfde trend aan als bij voorgaande teelten: een lage LBE in het begin van de teelt, een optimale LBE na 2-3 weken en licht dalende LBE naar het einde van de teelt toe. Dit geldt voor zowel Baltica als Chic. De lage LBE aan het begin van de teelt heeft een relatief grote invloed op de totale LBE van belichte teelten, want in de eerste week wordt door de lange dag bijna twee keer zo intensief belicht dan in de rest van de teelt.

*Beoordeling van kwaliteit op een gestandaardiseerde wijze.*

De kwaliteit van Baltica deed volgens de objectieve beoordeling niet onder voor die van de praktijk. Bij Chic deed die dat wel, en dat wordt voornamelijk geweten aan de klimaatinstellingen en de duur van de langedag periode, die bij DPC geoptimaliseerd waren voor Baltica.

*Effect van planttemperatuur en ontvochtiging op groei van chrysant beschrijven.*

Het goed meten van planttemperatuur in een chrysanten gewas blijkt met punt meters zeer lastig. De gewasreactie op de ingestelde ruimte temperatuur liet zien dat de temperatuur strategie goed was en dat door kleine aanpassingen gewenste reacties in generativiteit of vegetativiteit bereikt kunnen worden. Het via het AVS systeem beheersen van de luchtvochtigheid is goed te doen. Naar het einde van de teelt is het voor Chic gewenst om een lagere luchtvochtigheid na te streven.

# Literatuur

Raaphorst, M., de Gelder, A., Helmus, L., van der Stoep, R. en de Veld, P. (2020).

Met LED naar een Perfecte Chrysant. Teelt 10-15 energiezuinige demonstratieteelten bij Delphy Improvement Centre, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Bleiswijk.

Raaphorst, M., Elings, A., de Gelder, A., Schuddebeurs, L. en de Veld, P. (2020).

De perfecte chrysant teelt 1-9 : energiezuinige demonstratieteelten bij Delphy Improvement Centre, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Bleiswijk.

Raaphorst, M., de Zwart, F., Schuddebeurs, L. en de Veld, P. (2018).

Perfecte chrysant teelt 1-4: energiezuinige demonstratieteelten bij Delphy Improvement Centre, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw.



# Bijlage 1 Cultuurkaarten

## QMS Chrysant – De Perfecte Chrysant

## Teelt 16

Cultuur	[#/m <sup>2</sup> ]	# planten	Plant datum	Start KO	Start OND.	Einde OND.	Start Oogst	Einde Oogst	# Netto ready	Start Oogst	Einde Oogst	Gewicht prop. [g]
Baltica	61,9		33-3 2020	34-3 7			43-3 63	43-3	63	43-3	43-3	95
Chic	61,9								51	41/5		
Zembla	61,9								56	42/3		
Romance p	61,9								57	42/4		
Banetti	61,9								54	42/1		
Pastelle Rose	61,9								54	42/1		
Pina Colada	61,9								54	42/1		

	Groeireguleringsbespuiting					Watergift		Gewasbescherming			Groeiometing		
	W-D	inkost	# dagen KO	Lengte [cm]	Concentratie [g/100l]	W-D	L/m <sup>2</sup>	W-D	inkost	concentratie	W-D	Lengte [cm]	Gewicht [g]
Baltica	36/1		12	44	250	33/3	30	33/3	Vidi Parva	2 cc/m <sup>2</sup>			
	36/5		16	56	300	33/4	7	35/1	Raplo	1 liter/100l			
	37/1		19	62	400	33/6	4		Neemazal	3,75 ml/100			
	37/5		23	69	400	33/7	5		Teppeki	14/100l			
	38/1		26	74	400	34/1	6		Runner	40 ml/100l			
Zembla						34/2	8	35/4	Neemazal	3,75 ml/100			
	39/1		12	42	250	34/4	12		Botanigard	62,5 gr/100			
	37/1 kap r.		19	62	400	34/6	15	36/4	Neemazal	3,75 ml/100			
	37/5		26	62/64	400	35/2	15		Botanigard	62,5 gr/100			
	37/5		9	44	150	35/6	12	37/4	Neemazal	3,75 ml/100			
Chic	36/1		12	53	250	36/3	15		Botanigard	62,5 gr/100			
	36/3		14	60	300	36/7	15		Closer	13 ml/100			
	36/5		16	66	300	37/4	15	39/4	Conserve	75 ml/100			
	37/1		19	72	400	38/1	15	40/4	Conserve	75 ml/100			
	37/3		21	75	400	38/4	15		Teppeki	14/100l			
Romance p	37/5		23	78	400	39/1	15	42/5	Winner	30 gr/100l			
	36/1		12	44	250	39/5	15						
	36/5		16	57	300	40/2	12						
	37/1 kap r.		19	62	400	40/7	12						
	37/5		23	62/65	400								
Pina Colada	36/1		12	44	250								
	36/5		16	56	300								
	37/1		19	62	400								
	37/5		23	66	400								
Pastelle	35/3		7	40	200								
	35/5		9	44	150								
	36/1		12	53	250								
	36/5		16	60	300								
	37/1		19	64	400								
Banetti	37/5		23	69	400								
	35/5		9	44	150								
	36/1		12	53	250								
	36/3 kap L.		14	60	300								
	36/5		16	63	300								
	37/1		19	68	400								
	37/5		23	71	400								
						Totaal:	243						

## QMS Chrysant – De Perfecte Chrysant

## Teelt 17

Cultivar	[#/m <sup>2</sup> ]	# planten	Plant datum	Start KD	Start OND.	Einde OND.	Start Oogst	Einde Oogst	# Netto rechte	Start Oogst	Einde Oogst	Gewicht prog. (g)
Baltica	58,1		44/2 2020	45/3 a			1/3 63	1/3	63	1/3	1/3	92
Chic	58,1								54	5,1/1		76
Handwell	58,1											
Romance p	58,1											
Baretti/Prosecco	58,1											
Pastelle Rose	58,1											
Pina Colada	58,1											

	Groei-reguleringsbespuiting					Watergift		Gewasbescherming			Groei-meting		
	W-D	Middel	# opgr KD	Longte (cm)	Concentratie (g/100l)	W-D	L/m <sup>2</sup>	W-D	middel	concentratie	W-D	Longte (cm)	Gewicht (g)
Baltica	46/5		9	36	50	44/4	16	44/4	Rahman				
	47/4		15	49	125	45/1	8		Rizolex				
	46/1		19	61	250	45/6	10		Vid Parva				
	46/3		23	65	300	46/4	15	45/2	Raptor				
	46/5	links + rechts	23	68	350			45/6	Redomil				
Handwell	49/1		26	72	250	47/2	17		Ortiva				
	47/4		15	50	125	47/7	15	52/2	Teppeki				
	46/3		23	62	300	46/5	15						
Chic	46/5		9	38	50	50/2	12						
	47/1		12	48	150	51/2	14						
	47/4		15	51	125	52/1	12						
	46/1		19	61	250								
	46/3		23	66	300								
Romance p	46/5		23	69	350								
Pina Colada	47/4		15	47	125								
	46/1		19	62	250								
	46/3		23	65	300								
Pastelle	46/5		9	43	50								
	47/1		12	53	150								
	47/4		15	57	125								
	46/1		19	65	250								
	46/3		23	69	300								
Baretti	46/5		23	73	350								
	46/5		9	37	50								
	47/1		12	47	150								
Baretti	47/4		15	50	125								
	46/1		19	60	300								
						Totaal	166						

## QMS Chrysant – De Perfecte Chrysant

## Teelt 18

Cultivar	[#/m <sup>2</sup> ]	# planten	Plant datum	Start KD	Start OND.	Einde OND.	Start Oogst	Einde Oogst	# Netto reactie	Start Oogst	Einde Oogst	Gewicht prog. [g]
Baltica	60		2/2 2021	3/3 #			12/2 62	12/2	62			94
Chic	60						10/6		52			79
Hardwell	60						11/3		55			
Romance p	60						11/5		56			
Prosecco	60						11/3		56			
Pastelle Rose	60						11/3		56			
Pina Colada	60						11/3		56			

	Groei-reguleringsbespuiting					Watergift		Gedroogde bescherming			Groei-meting		
	W-D	Middel	# dagen KD	Leegte [mm]	Concentratie [g/100L]	W-D	L/m <sup>2</sup>	W-D	microl	concentratie	W-D	Leegte [mm]	Gewicht [g]
Baltica	5-4		15	46	75	2/4	18	2/4	Ranman				
	6/4		22	62	200	3/2	10		Rizoxin				
	7/1		26	66	300	3/2	12		Ortho				
	7/3		26	72	300	4/5	12		VitilParya				
						5/2	12	2/5	Neemazal	375/1000			
Hardwell	5-4		22	60	200	6/3	12	3/3	Organic	400/1000			
	7/1		26	72	300	6/7	15		Organic	400/1000			
						7/4	15						
	5/1		12	43	150	6/1	15						
	5/4		15	54	300	6/5	15						
Chic	6/2		20	63	300	6/2	15						
	6/4		22	66	300	6/6	15						
	6/5		23	70	300	10/2	15						
	7/1		26	76	400								
Romance p	5-4		15	46	75								
	6/4		22	62	200								
	7/1		26	72	300								
Pina Colada	5-4		15	46	75								
	6/4		22	62	200								
	7/1		26	66	300								
Pastelle	5/1		12	46	150								
	5/4		15	55	300								
	6/2		20	62	300								
	6/4		22	70	300								
	6/5		23	72	300								
	7/1		26	76	400								
						Totaal	193						

# QMS Chrysant – De Perfecte Chrysant

Teelt 19

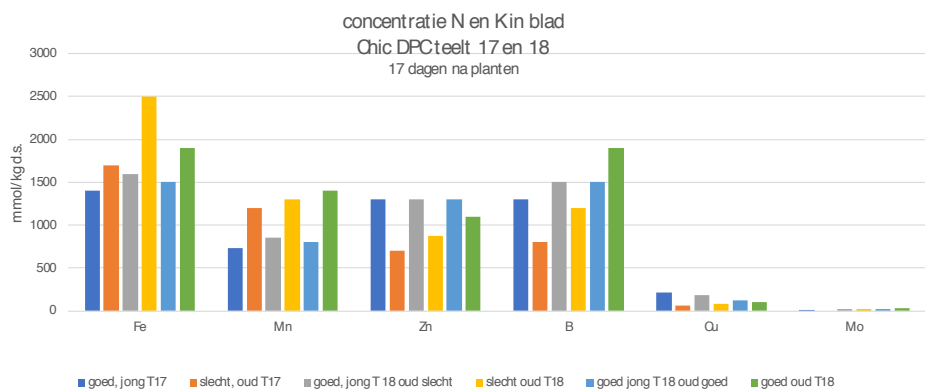
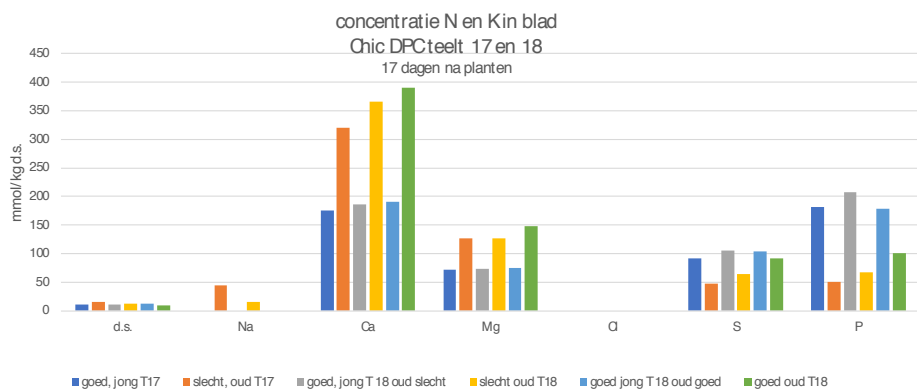
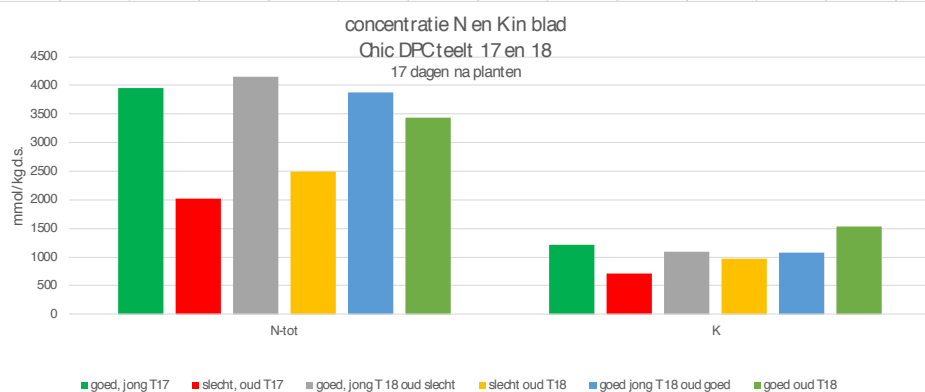
Cultivar	[#/m²]	# planten	Plant datum	Start KD	Start OND.	Einde OND.	Start Oogst	Einde Oogst	# Netto maaktje	Start Oogst	Einde Oogst	Gewicht proq. [g]
Salica	63,6		15/2 2021	16/3 8			25/1 61	12/4	61			92
Chic	63,6						23/4		50			29
Hardwell	63,6						24/1		53			
Romance p	63,6						24/1		55			
Proseco	63,6						24/1		53			
Pastella Rose	63,6						24/1		54			
Pina Colada	63,6						24/1		54			

	Groei-reguleringsbespuiting					Watergift		Gewasbescherming			Groei-meting		
	W-D	Middel	# dagen KD	Longie [cm]	Concentratie [g/100l]	W-D	L/m²	W-D	Middel	concentratie	W-D	Longie [cm]	Gewicht [g]
Salica	17/3		7		300	15/3	20	15/3	Ranman				
	17/5		9		300	15/6	8		Ruzoxe				
	18/1		12	49	400	16/1	8		Vel Parva				
	19/1		19	59	300	16/4	13	15/5	Oroganic				
	19/5		23	67	300	16/7	12		NeemAcar-T/5				
Proseco						17/3	15	16/2	Oroganic				
	17/3		7		300	17/7	20		NeemAcar-T/5				
	19/1		19	60	300			16/4	Ridomec				
	19/2		21	65	400	18/4	20	19/5	Teppel				
	17/3	Acar	5	36	300	19/1	20	21/4	Teppel				
Chic	17/3		7		300	19/5	20						
	18/1		12	51	400	20/2	20						
	18/3		14	55	400	20/5	20						
	18/5		16	60	400	21/1	15						
	19/1		19	65	300	21/6	20						
Romance p	19/3		21	70	400	22/2	15						
	19/5		23	74	300	22/5	20						
	17/3		7		300								
	19/3		21	65	400								
Pina Colada	17/3		7		300								
	18/1		12	46	400								
	19/1		19	60	300								
	19/1 rechts		21	65	400								
Pastella	17/1	Acar	5	37	300								
	17/3		7		300								
	18/1		12	53	400								
	18/5		19	56	300								
	19/1		19	63	300								
Hardwell	19/1 rechts		21	67	400								
	17/1	Acar	5	39	300								
	17/3		7		300								
	18/1		12	50	400								
	18/5		19	56	300								
	19/1		19	63	300								
	19/1		21	67	400	Totaal:	264						



## Bijlage 2 Bladanalyses

Bladanalyses jonge planten met gebreksverschijnselen aan einde LD/ begin KD															
Teelt 17 DPC		plantdatum: 44/ 2 2020		analyse: 17 dagen na start											
DPC		Pas: Chic													
		mmol/kg d.s.		umol/kg d.s.											
	N-tot	K	d.s.	Na	Ca	Mg	Q	S	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
blad jong goed	3947	1220	11,7	<10	176	72,1		91	181	1400	730	1300	1300	211	15
blad oud slecht	2016	706	16,1	44,2	320	126		47	50	1700	1200	700	800	59,2	<10
Teelt 18 DPC		plantdatum: 2/ 2 2021		analyse: 17 dagen na start											
DPC		Pas: Chic													
		mmol/kg d.s.		umol/kg d.s.											
	N-tot	K	d.s.	Na	Ca	Mg	Q	S	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
blad jong goed	4148	1089	10,9	-	186	73,4		106	208	1600	850	1300	1500	188	23,8
blad oud slecht	2489	964	12,8	15,9	365	126		65	68	2500	1300	870	1200	79	20,8
blad jong goed	3881	1075	11,9	-	190	75,6		104	178	1500	800	1300	1500	129	21,9
blad oud goed	3430	1529	9,3	-	390	148		91	101	1900	1400	1100	1900	103	27,8





## Bijlage 3 Communicatie

Tijdens elke teelt is er wekelijks een BCO-bijeenkomst geweest, hiervan werd telkens een verslag gemaakt en rondgestuurd naar de betrokkenen.

Een grote BCO is online gehouden op 17 maart 2021

Een bezoekmiddag is georganiseerd op 9 juni 2021

Van iedere teelt (4x) is een teeltverslag gedeeld met de landelijke commissie (Paul de Veld)

Internetartikelen

<https://www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/een-leerzame-winter-voor-full-led-chrysant/>

<https://www.ouderglas.nl/bij-een-hoog-vermogen-jonge-planten-niet-maximaal-belichten/>



# Bijlage 4 Teeltplannen per teelt

## Invulling 16<sup>e</sup> teelt De Perfecte Chrysant

### Doelstellingen:

- Optimale LBE.
- Maximale kwaliteit qua blad, bloem, gewicht en houdbaarheid in vergelijking met referentiebedrijven.
- Goede bladkwaliteit bij gevoelig ras (Chic).
- Meer inzicht in invloed plantdichtheid op bladkwaliteit.
- Efficiënt warmteverbruik -> voldoende warmteogst op dagbasis.
- Efficiënte omzet inzet LED in gram vers/drooggewicht.

### Teeltschema:

Plantdatum: 33/3.

Plantdichtheid: 61,9.

Dagen LD: 7 (start KD 34/2).

Reactietijd: 61.

Oogstdatum: 42/7.

Gewichtsprognose: 95 gram/tak (gemiddelde veilinggewicht).

### Belichtingsstrategie:

- LD: LED 22.00 uur tot 8.00 uur. 100%.
- Overdag 100% licht aan tot 150 W/m<sup>2</sup> 50% aan tot 225 W/m<sup>2</sup>.
- KD: 100% licht aan tot 200 W/m<sup>2</sup> 50% aan tot 275 W/m<sup>2</sup>.

### Donkertijd:

- Start KD: 12.40 uur = van 19.00 uur tot 7.40 uur donker.
- Wekelijks – 5 min.

### Klimaatregeling:

- LD: stook dag 20°C nacht 20°C. Ventilatie dag 21°C (+6°C op licht 300-600W/m<sup>2</sup>), nacht 22°C.
- LD: Etmaaltemperatuur: 20°C + 2,5° per 1000 J/cm<sup>2</sup>/dag extra.
- KD: Stooktemperatuur dag 20°C, nacht 18,5°C onderbuis, 18°C Bovenbuis Dag: 18°C.
- KD: Ventilatie nacht: 18,7°C. Min raam op vocht: tussen 85-90% RV +5% Luw en 6% Wind.
- Ventilatie dag: 20.5°C + 5°C op licht.
- Etmaal: 18°C + 2.5°C per 1000 J/cm<sup>2</sup>/dag.
- Geen min raamstanden dag en nacht.
- LD: RV-nacht: 95% (geen ventilatoren).
- KD: RV dag >80% ontvochtigen met koude/warmteblok.
  - RV avond (doek dicht – 1 uur na doek dicht) >90% ontvochtigen met koude/warmteblok.
  - RV nacht (uur dan doek dicht – doek open) >85% onvochtigen met koude/warmteblok.
- Indien koude/warmteblok de RV niet kan realiseren -> buitenlucht aanzuiging erbij.
- Bij warmtevraag: eerst onderbuis (max 30°C), dan bovenbuis (max 50°C), dan warmte door slurven.
- Verneveling:
  - aanschakelen bij meer dan 500 W/m<sup>2</sup> globale straling en onder 70% RV, pauzetijd verkorten. o.b.v. meer instraling. Laatste 3 weken teelt minder vernevelen.

## Invulling 17<sup>e</sup> teelt De Perfecte Chrysant

### Doelstellingen:

- Optimale LBE onder 100% LED (efficiënte omzet inzet LED in gram vers/drooggewicht).
- Maximale kwaliteit qua blad, bloem, gewicht en houdbaarheid in vergelijking met referentiebedrijven.
- Goede bladkwaliteit bij gevoelig ras (Chic).
- Meer inzicht in invloed plantdichtheid op LBE en bladkwaliteit.
- Efficiënt warmteverbruik -> voldoende warmteogst op dagbasis.

### Teeltschema:

Plantdatum: 44/2.

Plantdichtheid: 58, daarnaast vergelijking met 52,5/55,3/61.9/63,8 en voor Chic 67.

Dagen LD: 8 (start KD 45/3).

Reactietijd: Chic 56 en Baltica 63.

Oogstdatum: 53/3 (Chic) en 1/3 (Baltica).

Gewichtsprognose: Chic: 78 gr/tak Baltica 92 gr/tak (gemiddelde veilinggewicht).

### Belichtingsstrategie:

- LD: 24 uur 100%, niet uit op licht.
- KD: niet uit op licht.

### Donkertijd:

- Start KD: 12.10 uur.

### Klimaatregeling:

- LD: stook dag 20°C nacht 22°C. Ventilatie dag 22°C (+6°C op licht 125-250W/m<sup>2</sup>), nacht 24°C
- LD: Etmaaltemperatuur: 21°C + 2,5° per 1000 J/cm<sup>2</sup>/dag extra.
- KD: Stook dag 20,5°C, nacht 18,5°C Ventilatie dag 22°C (+6°C op licht 125-250W/m<sup>2</sup>), nacht 24°C
- Etmaal: 20°C + 2.5°C per 1000 J/cm<sup>2</sup>/dag
- Koelen (= warmte oogst) dag boven de 20,5°C kasttemperatuur + 2°C tussen 125-250W/m<sup>2</sup>
- Geen min raamstanden dag en nacht
- Minimaal/niet luchten om zoveel mogelijk warmte te oogsten.
- LD: RV-nacht: 95% (geen ventilatoren).
- KD: RV dag >80% -> ontvochtigen met koude/warmteblok
  - RV avond (doek dicht – 1 uur na doek dicht) >90% ontvochtigen met koude/warmteblok
  - RV nacht (uur dan doek dicht – doek open) >85% onvochtigen met koude/warmteblok
- Indien koude/warmteblok de RV niet kan realiseren -> buitenlucht aanzuiging erbij.
- Bij warmtevraag: eerst onderbuis (max 30°C), dan bovenbuis (max 55°C ), dan warmte door slurven.

## Invulling 18<sup>e</sup> teelt De Perfecte Chrysant

### Doelstellingen:

- Optimale LBE onder 100% LED (efficiënte omzet inzet LED in gram vers/drooggewicht).
- Maximale kwaliteit qua blad, bloem, gewicht en houdbaarheid in vergelijking met referentiebedrijven.
- Goede bladkwaliteit bij gevoelig ras (Chic).
- Efficiënt warmteverbruik -> voldoende warmteogst op dagbasis.
- Optimaliseren gewasbescherming met als extra toepassing Orius + bijvoeren.

### Teeltschema:

Plantdatum: 2/2.

Plantdichtheid: 60.

Dagen LD: 8 (start KD 3/3).

Reactietijd: Chic 53 (10/7) en Baltica 62 (12/2).

Oogstdatum: 10/7 (Chic) en 12/2 (Baltica).

Gewichtsprognose: Chic: 79 gr/tak Baltica 94 gr/tak (gemiddelde veilinggewicht).

### Belichtingsstrategie:

- LD: 21 uur 100%, niet uit op licht.
- KD: LED oude module uit op licht vanaf 10.00 uur tot 15.00 uur boven de 350W/m<sup>2</sup>.  
LED nieuwe module uit op licht tussen 10-15 uur boven de 450W/m<sup>2</sup>.

### Donkertijd:

- Start KD: 12.25u, wekelijks + 5 min.

### Klimaatregeling:

- LD: stook dag 20°C nacht 22°C. In donkerperiode stook 18,5°C. Ventilatie dag 22°C (+6°C op licht 150-300W/m<sup>2</sup>), nacht 24°C.
- LD: Etmaaltemperatuur: 21°C + 2,5° per 1000 J/cm<sup>2</sup>/dag extra.
- KD: Stooktemperatuur nacht 18,5°C Dag: 20.5°C.
- KD: Ventilatie nacht: 21°C.
- Ventilatie dag: 2 1°C + 5°C op licht.
- Koelen dag boven de 20.5C kastemperatuur met lichtverhoging +6°C tussen 150-300W/m<sup>2</sup>.
- Etmaal: 20°C + 2.5°C per 1000 J/cm<sup>2</sup>/dag.
- Geen min raamstanden dag en nacht.
- LD: RV-nacht: 95% (geen ventilatoren).
- KD: RV dag >80% ontvochtigen met koude/warmteblok.  
RV avond (doek dicht – 1 uur na doek dicht) >92% ontvochtigen met koude/warmteblok.  
RV nacht (uur dan doek dicht – doek open) >87% onvochtigen met koude/warmteblok.
- Indien koude/warmteblok de RV niet kan realiseren -> buitenlucht aanzuiging erbij.
- Bij warmtevraag: eerst onderbuis (max 30°C), dan bovenbuis (max 55°C), dan warmte door slurven.
- Verneveling: aanschakelen bij meer dan 400 W/m<sup>2</sup> globale straling en 70% RV, pauzetijd verkorten o.b.v. meer instraling. Laatste 3 weken teelt minder vernevelen.
- Energiedoek overdag open boven de 100W/m<sup>2</sup> en 10°C buitentemp en tussen 10 – 16 uur boven de 50W/m<sup>2</sup> en 5°C buitentemp. Dan met weinig stappen open.

## Invulling 19<sup>e</sup> teelt De Perfecte Chrysant

### Doelstellingen:

- Maximale kwaliteit qua blad, bloem, gewicht en houdbaarheid in vergelijking met referentiebedrijven.
- Inzicht in invloed insectengaas op klimaat met en zonder gebruik verneveling.
- Energie: balans tussen warmteoogst en warmteverbruik.
- Inzicht in efficiëntie belichten met LED bij donkere weer.
- Gewasbescherming: Orius als bestrijder van trips, naast Montdorensis.

### Teeltschema:

Plantdatum: 15/2.

Plantdichtheid: 63,8.

Dagen LD: 8 (start KD 16/3).

Reactietijd: 61.

Oogstdatum: 25/1.

Gewichtsprognose: 92 gram/tak (gemiddelde veilinggewicht, 105 gr vanaf potje).

### Belichtingsstrategie:

- LD: LED 0.00 uur tot 7.00 uur. Alleen nieuwe armaturen.
- Overdag 100% licht aan tot 150 W/m<sup>2</sup> 50% aan tot 225 W/m<sup>2</sup>.
- KD: 100% licht aan tot 150 W/m<sup>2</sup> 50% aan tot 225 W/m<sup>2</sup>.

### Donkertijd:

- Start KD: 13 uur = van 19.00 uur tot 8.00 uur donker.

### Klimaatregeling:

- LD: stook dag 20°C nacht 19°C. Ventilatie dag 22°C (+6°C op licht 275-550W/m<sup>2</sup>), nacht 22°C.
- LD: Etmaaltemperatuur: 21°C + 2,5° per 1000 J/cm<sup>2</sup>/dag extra.
- KD: Stooktemperatuur nacht 18,0°C dag : 19°C.
- KD: Ventilatie nacht: 18.5°C.
- Ventilatie dag: 19.5°C + 5°C op licht.
- Koelen dag boven de 21°C kastemperatuur.
- Etmaal: 17,5°C + 2.5°C per 1000 J/cm<sup>2</sup>/dag.
- Min raamstanden dag en nacht op buitentemp eruit.
- LD: RV-nacht: 95% (geen ventilatoren).
- KD: RV avond (doek dicht – 1 uur na doek dicht) >92% ontvochtigen met buitenlucht.  
RV nacht (uur dan doek dicht – doek open) >87% met buitenlucht, hierna met koude/warmteblok.
- Verneveling aanschakelen bij meer dan 500 W/m<sup>2</sup> globale straling en 70% RV, pauzetijd verkorten o.b.v. meer instraling. Ook al in de LD. Laatste 3 weken teelt minder vernevelen.
- Bij warmtevraag: eerst onderbuis (max 30°C), dan bovenbuis (max 50°C).









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  
[www.wur.nl/glastuinbouw](http://www.wur.nl/glastuinbouw)

Rapport WPR-1135

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research 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.