Met LED naar een Perfecte Chrysant Teelt 10-15

Energiezuinige demonstratieteelten bij Delphy Improvement Centre

Marcel Raaphorst[1], Arie de Gelder[1], Lisanne Helmus[2], Richard van der Stoep[2] en Paul de Veld[3]

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

Rapport WPR-988

WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

Productschap Tuinbouw

Ministerie van Economische Zaken

KAS ALS ENERGIEBRON

Referaat
Zes teelten met chrysant cv 'Baltica' in een kas uitgerust met actieve ontvochtiging, full LED assimilatie belichting en insecten gaas hebben inzicht gegeven voor het telen van een perfecte chrysant met minder energie input. In de teelten is intensief de groei gevolgd en aan het eind van de teelt is met een perfectie score de kwaliteit geobjectiveerd. Onder LED trad geen bloeivertraging op. In de winter was de groei onvoldoende, wat leidde tot te lichte takken. De vochtbeheersing was met de actieve ontvochtiging goed te sturen. Insecten gaas in de luchtramen gecombineerd met hoge druk nevel en geforceerde ventilatie zorgde voor een binnen een gewenste bandbreedte te sturen zomerklimaat. De teelten in na- en voorjaar hebben laten zien dat telen onder 100% LED goede resultaten kan geven.

Abstract
Six crops with chrysanthemum "Baltica" in a greenhouse equipped with active dehumidification, full LED assimilation lighting and insect mesh have provided insight for growing a perfect chrysanthemum with less energy input. The growth was followed intensively with frequent sampling and at the end of the cultivation the quality was objectified with a perfection score. There was no flowering delay under LED. In winter, growth was insufficient, which led to branches that were too light. Moisture level could be controlled with the active dehumidification. Insect mesh in the air windows combined with high pressure mist and forced ventilation ensured a summer climate that was controlled within a desired range. The crops in autumn and spring have shown that growing under 100% LED can give good results.

Rapportgegevens

Rapport WPR-988
Projectnummer: 3742274200
PT nummer: 20109
Doi-nummer: 10.18174/537104
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, Dümmen 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

© 2020 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.
Kamer van Koophandel nr.: 09098104
BTW nr.: NL 8113.83.696.B07
Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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

Samenvatting **5**

1 Inleiding **7**

1.1 Probleemstelling 7
1.2 Doelstellingen 8
1.3 Methode 8
1.3.1 Teelten 8
1.3.2 Belichting 9
1.3.3 Ontvochtiging en warmte-oogst 9
1.3.4 Insectengaas 10
1.3.5 Beregening 10
1.3.6 Bodem en bemesting 10
1.3.7 Groeiremming 11
1.3.8 Productie en kwaliteit 11
1.3.9 Gewasbescherming 11
1.3.10 BCO 12
1.3.11 Metingen 12

2 Teeltuitvoering **13**

2.1 Teeltplan en uitvoering 14
2.1.1 Daglengte 15
2.2 Samenvatting teeltresultaten 15
2.3 Reactietijd 16
2.4 Productie en LBE 17
2.5 Drogestof 19
2.6 Houdbaarheid 19

3 Inzet van middelen **21**

3.1 Verwarming 23
3.2 Koeling 23
3.2.1 Warmtebalans 24
3.3 Vochtafvoer via LBU 25
3.4 Ventilatie 26
3.5 Verneveling 28
3.6 Belichting 29
3.7 Schermen 30
3.8 Beregening 32

4 Kasklimaat **33**

4.1 Temperatuur en Luchtvochtigheid 33
4.2 Kas- en planttemperatuur 35
4.3 Licht - Temperatuur verhouding 36
4.4 CO_2 concentratie en verdeling 38
4.4.1 CO_2 verdeling 38
4.5 Netto straling 40

5 Gewasgroei en kwaliteit 43

5.1 Objectivering van de kwaliteit 43
5.2 Ontwikkeling van een praktisch toepasbare methode voor het gedetailleerder volgen van de groei van de chrysant 45
5.2.1 Resultaat en discussie intensieve metingen 45
5.2.1.1 Lengte 45
5.2.1.2 Versgewichten 46
5.2.1.3 Gewicht en lengte in de tijd. 47
5.2.1.4 Drogestof gehalte 48
5.2.1.5 LBE in de tijd 49
5.2.1.6 Praktische toepassing. 50
5.3 Cropobserver 50

6 Andere cultivars 51

7 Evaluatie doelstellingen 54

8 Literatuur 57

Bijlage 1 Voorbeeld objectieve kwaliteitsmeting 59

Bijlage 2 Grondmonsters 61

Bijlage 3 Principe van de actieve ontvochting 63

Bijlage 4 Communicatie 65

Samenvatting

Voor de teelt van chrysant is een volgende stap gezet in om deze energiezuinig en onder led belichting uit te voeren. In zes teelten tussen begin 2019 en zomer 2020 is de cultivar Baltica geteeld. Voor de assimilatie belichting is de kas voorzien van een combinatie van rood-blauwe en rood-wit-blauwe led met een totale intensiteit van 185 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$. Om de bodemstructuur te verbeteren is er 10 cm compost toegevoegd. Voor de beheersing van de luchtvochtigheid is een systeem van actieve ontvochtiging met slurven boven het gewas en luchtbehandelingskasten in de gevel geïnstalleerd. Voor het uniform toedienen van remstof en eventuele chemisch gewasbescherming is een spuitboom aangeschaft. Om de invlieg van motten en wantsen te beperken is in de luchtramen grofmazig insecten gaas toegepast. De kas was al uitgerust met twee scherminstallaties en een hoge druk nevel installatie. Al deze technieken zijn in de loop van een teeltjaar nodig om het kasklimaat te kunnen sturen.

De teelten zijn zo praktijkconform mogelijk uitgevoerd wat betreft plantdichtheid, watergeef strategie, en daglengte sturing. Voor de begeleiding was er een BCO van telers die de proef wekelijks volgden. De gewasbescherming werd intensief gevolgd door een adviseur van Koppert. Voor de trips bestrijding werd daarbij gebruik gemaakt van een aanpak met aaltjes (Steinernema feltiae- Entonem) en roofmijten (Transeius montdorensis Montdo-mite) die bijgevoerd werd met voermijten (Carpoglyphus lactis). In de voorjaarteelt – april-juli - 2020 is een experiment gedaan met de bestrijding van trips met Orius laevigatus.

In alle teelten werd geen vertraging of versnelling van de bloei gezien. De afbloei aan het eind van de teelt was in het algemeen snel. In de meeste teelten was de groei voldoende met een normale lichtbenutting. In de teelt van oktober tot begin januari was de groei onvoldoende wat resulteerde in te lichte takken met een lagere lichtbenutting dan een praktijkbedrijf met SON-T. De hypothetische verklaringen hiervoor zijn dat de kastemperatuur te laag was of dat de plantdichtheid te hoog was gekozen. De blad kwaliteit bij Baltica was altijd goed, maar bij de rassen, die in kleinere vakken werden geteeld, werd geregeld afstreven van de onderste bladeren gezien, o.a bij de cultivars Chic, Romance en Woodpecker.

Er is meer inzicht ontwikkeld in de groei van de chrysant in de tijd tussen planten en oogst door in elke teelt tussentijdse metingen te verrichten. Daarin is te zien dat de groei in de eerste 40 dagen vooral plaatsvind in het blad, daarna in de stengel en tenslotte in de bloemen. In de opeenvolgende fases van de ontwikkeling worden de gevormde assimilaten anders over de plantendelen verdeeld. De lichtbenutting neemt toe tot ongeveer 30 dagen daarna neemt het rendement van de lichtbenutting af. Voor een praktische toepassing om te beoordelen of de groei voldoende is kan een teler ook tussentijdse metingen doen. Voor Baltica moet het takgewicht bij een lengte van 40 cm ongeveer 23 gram zijn.

Voor het beoordeling van de kwaliteit van de geoogste takken is een systeem opgezet om een perfectie score te geven. Daarvoor worden 30 takken beoordeeld op 12 eigenschappen die via een score systeem met gewogen waardes leidt tot een score op een schaal van 1 tot 10. Zowel het tussentijdse meten als de perfectie score dragen bij aan het objectiveren van de verschillen in teeltresultaten die worden gezien tussen teelten en een praktijkbedrijf.

Een belangrijke doelstelling van het onderzoek is de energiebesparing. LED belichting is door de technische uitvoering efficiënter in het omzetten van elektriciteit in licht. Daardoor kan met dezelfde hoeveelheid stroom een hogere lichtsom worden gerealiseerd. Daarnaast kan LED makkelijker worden aan/uit geschakeld wat zorgt dat de LED in de zomer op donkere dagen en in de ochtend uren makkelijker wordt gebruikt. De hoeveelheid elektriciteit voor belichting in de 6 teelten was 224 kWh/m^2 voor de vochtbeheersing is daarnaast 34 kWh/m^2 nodig voor een warmtepomp. Aan gas was er nog 7.1 m^3/m^2 aan aardgas nodig.

De klimaatregeling met het insectengaas, de hoge druk nevel en de geforceerde ventilatie met buitenlucht aanzuiging zorgde voor een goede beheersing van de temperatuur en luchtvochtigheid. Bij ventileren met het insectengaas is een aandachtspunt dat de eerste procenten raam opening weinig effect hebben op de ventilatie.

De teelten met Baltica hebben bijgedragen aan het beter begrijpen hoe we een perfecte chrysant met minder energie input kunnen telen. Voor de winter is de belangrijkste uitdaging wat de beste combinatie is van plantdichtheid bij toepassing van LED. Daarnaast moet bij de toepassing van LED de ruimtetemperatuur hoger zijn dan bij toepassing van SON-T belichting. Dat zijn dan ook de belangrijkste uitdagingen voor het vervolg onderzoek.

De teelten in na- en voorjaar hebben laten zien dat telen onder 100% LED goede resultaten kan geven.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

In 2017 en 2018 is onderzoek gedaan naar de teelt van de Perfecte Chrysant, waarbij ontvochtiging en koeling middels OPAC's en aanzuiging van lucht van boven de doeken is gebruikt [Raaphorst *et al.* 2020]. Er belicht is met LED en SON-T (hybride). CO_2 is beperkt gedoseerd en de warmte-inzet is geminimaliseerd door een extra schermdoek te gebruiken en geen standaard ondernet (minimumbuis) te hanteren.
Door gebruik van kasluchtkoeling en verneveling kan het CO_2 verlies worden beperkt en ruim voldoende warmte worden geoogst om hiermee de kas jaarrond met een warmtepomp en warmte koude opslag (WKO) te kunnen verwarmen. Met hybride belichting is elektriciteit bovendien effectiever benut dan met alleen SON-T belichting. Energetisch kan daardoor een grote stap worden gezet, maar dat vergt wel hoge investeringen zowel in de OPAC's als in de seizoensopslag van warmte en koude (WKO).

Het doel een perfecte chrysant is in dat onderzoek niet gerealiseerd. De sierwaarde van de geoogste chrysanten is door de begeleidende telers als minder dan de praktijk beoordeeld, al werd de kwaliteit per teelt zeker in het tweede jaar beter.
Vanwege het ontbreken van kwantitatieve normen voor kwaliteit waren de beoordelingen van de kwaliteit tot op heden visueel en daarmee subjectief. Dit bemoeilijkt vergelijkingen tussen opeenvolgende teelten en het inschatten van het effect van wijzigingen in de teeltomstandigheden op de kwaliteit van de bloemtak. Er zijn wel gegevens over takgewicht en blad- en bloemmassa maar bijvoorbeeld bloemgrootte, bloemtekening, takopbouw en steelstevigheid worden niet bepaald en die maken wel onderdeel uit van de visuele kwaliteit. Een eerste aanzet voor een meer kwantitatieve beoordeling van kwaliteit is gemaakt door de consultants van Delphy. Daaruit komt naar voren dat **De** perfecte chrysant, bekeken kan worden vanuit verschillende gezichtspunten. Per cultivar kunnen de criteria anders worden gewogen en daarom is het beter om te spreken van **een** perfecte chrysant, waarbij de factor cultivar kan worden verdisconteerd.

Het onderzoek "De Perfecte Chrysant" heeft vragen opgeroepen over de effecten van de verschillende instrumenten op groei en ontwikkeling van de planten. Is de luchtbeweging vanuit de OPAC's een reden voor meer generatieve groei met kleiner blad? Leidt een hoge RV tijdens de eerste weken van de korte dag tot een minder goede bloemvorming? Waarom is in alle teelten meer biomassa in de steel gekomen in verhouding tot blad en bloem dan bij de referentiebedrijven. Dit zijn vragen die alleen in aparte onderzoeken zijn te beantwoorden. Integrale demonstratieteelten zijn daarvoor niet geschikt. Omdat OPAC's met WKO een hoge investering vragen, wordt voor de praktische toepassing meer verwacht van een systeem van ontvochtiging in combinatie met een warmtepomp waarbij de warmte op dagbasis weer in de teelt wordt gebruikt. Deze techniek is in dit vervolg onderzoek toegepast. Daarvoor is de kasinrichting aangepast.

Verwacht wordt dat LED-belichting met hogere intensiteit de toekomst zal worden in veel teelten, ook in de chrysant. Dit moet leiden tot een efficiëntere inzet van elektriciteit voor belichting. Jaarrond zal dit bij chrysant tot een gelijke plantdichtheid en eindkwaliteit leiden, waardoor de teelt nog beter planbaar is. LED biedt de mogelijkheid om het lichtspectrum af te stemmen op chrysant. Uit meerdere onderzoeken zijn aanwijzingen dat het standaard spectrum: 95% rood en 5% blauw vrij goed voldoet. Een kleine verschuiving naar iets meer blauw en groen/geel licht in het spectrum is mogelijk nog beter en heeft bij toevoeging van geel/groen licht een voordeel voor de werkomstandigheden [Arkesteijn, 2019]. Er zijn ook aanwijzingen dat dit beter past bij geïntegreerde gewasbescherming. Een volgende fase in deze ontwikkeling is het per fase van de teelt of fase van de dag sturen van de lichtkleur. Om hierin voorop te gaan in de ontwikkeling zou gewerkt moeten worden met 2 type modules die afzonderlijk schakelbaar zijn. In dit onderzoek is naast de geïnstalleerde R/B 95%/5% module de bestaande SON-T belichting vervangen door een LED R/W/B (73%/6%/22%) module.

Om de groei van het gewas optimaal te kunnen volgen en beoordelen zijn meer metingen aan gewasontwikkeling in de tijd nodig. In onderzoek is dit wel vaker gedaan, maar niet vertaald in praktische instrumenten voor de praktijk.

Naast de teelttechniek is gewasgezondheid een essentieel onderdeel van de productie van perfecte chrysanten. Voor trips wordt dit vooral via geïntegreerde gewasbescherming bereikt, maar voor andere plaaginsecten als motjes en wantsen is dit veel moeilijker. Toepassing van insectengaas met een maaswijdte die grotere insecten tegenhoudt zou een belangrijke bijdrage aan deze ontwikkeling kunnen zijn. De vraag is wel wat dit voor de beheersing van het klimaat betekent in de zomer en of met verneveling en lagere koelcapaciteit voldoende warmte kan worden afgevoerd en een gunstig groeiklimaat kan worden bereikt.

1.2 Doelstellingen

Voor het onderzoek zijn een aantal doelstellingen geformuleerd.

1. Uitvoeren van een perfecte chrysantenteelt onder een hogere belichtingsintensiteit met full LED bij een gelijkblijvende of hogere lichtbenuttingsefficiëntie (LBE) dan bij SON-T. Als referentiewaarden dienen de gegevens van het project De Perfecte Chrysant en die van een referentiebedrijf.
2. Productie van uniforme kwaliteit chrysanten, die voldoen aan de eisen van een perfecte chrysant.
3. Het objectiveren van de kwaliteit van de chrysant. Monitoren van de groei van de plant gedurende de gehele teelt. Ontwikkeling van een praktisch toepasbare methode voor het gedetailleerder volgen van de groei van de chrysant.
4. Beheersing van de luchtvochtigheid door het inblazen van droge buitenlucht met eventueel actieve ontvochtiging met een warmtepomp waarbij de geoogste warmte op dagbasis wordt benut om de kas te verwarmen. De aanvullend benodigde warmtevraag gaat in deze benadering naar minder dan 5 m^3 aan aardgas per m^2 kas. Voor de warmtepomp is 35 kWh/m^2 aan elektra nodig.
5. Het demonstreren van het effect op het kasklimaat van insectengaas met een maaswijdte dat geschikt is voor het tegenhouden van grotere insecten in de luchtramen in combinatie met verneveling.

1.3 Methode

1.3.1 Teelten

In afdeling 5 van het Delphy Improvement Centre zijn 6 teelten met chrysant culivar Baltica uitgevoerd. Deze zijn begeleid door een vaste groep telers (BCO). Om te monitoren of de gehanteerde strategie naast Baltica positief uitwerkt voor andere cultivars, zijn telkens 4 andere cultivars (2 * 10 m teeltbed per cultivar) geplant in de linker en rechter tralie van de kas.
Deze cultivars zijn aan het einde van de teelten kwalitatief beoordeeld op bloem en blad en op lengte en takgewicht bij oogst.

De plantdata, LD en plantdichtheden van alle teelten van De Perfecte Chrysant (DPC) en een praktijkbedrijf (PB), zoals deze zijn beschreven in [Raaphorst *et al.* 2018] en [Raaphorst *et al.* 2020] en van de voor dit project uitgevoerde teelten 10 t/m 15 zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1

Plantdatum, plantdichtheid en aantal dagen langedag (LD) van de 15 teelten bij De Perfecte Chrysant (DPC) en bij het praktijkbedrijf (PB).

	Plantdatum		LD		Plantdichtheid	
Teelt	Datum	wk.dag	DPC	PB	DPC	PB
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

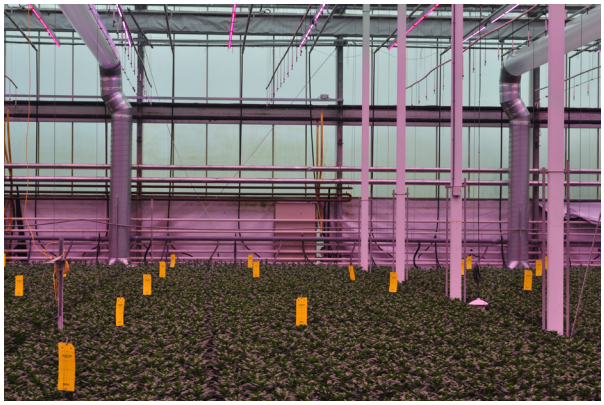
1.3.2 Belichting

In 2019 voor de start van de 10^{e} teelt is in de kasfaciliteit bij het Delphy Improvement Centre de belichting aangepast. De hybride belichting van 65 µmol/(m^2.s) SON-T en 95 µmol/(m^2.s) LED, is vervangen door Full LED (± 185 µmol/m^2). Naast de geïnstalleerde 95 µmol/(m^2.s) R/B (94%/6%) is een module R/W/HB geïnstalleerd (ca 73%/6%/22%) met een intensiteit van 90 µmol/(m^2.s). Door de keuze voor een module met meer blauw en wit licht is er de mogelijkheid om in de loop van de dag of teelt te wisselen met het gekozen spectrum. Blauw licht zorgt voor iets compactere planten en wit licht is gunstig voor de arbeidsomstandigheden, terwijl ook de takopbouw iets kan worden beïnvloed.
Het geïnstalleerd elektrisch vermogen blijft gelijk met totaal 75 W/m^2. Onderzocht is wat de invloed van de LED belichting op de teeltduur, de LBE en de kwaliteit is. Belangrijk is of bij een hogere lichtintensiteit de plantdichtheid in de winter kan toenemen, zonder dat op takgewicht wordt ingeleverd.

De belichting kan in twee delen worden aan- en afgeschakeld onder andere afhankelijk van de lichtintensiteit buiten. De keuze voor de schakelgrenzen is gemaakt in overleg met de begeleidingscommissie. Als uitgangspunt was geformuleerd dat de belichting afgeschakeld wordt bij een buitenstraling van meer dan 200 W.m^{-2} respectievelijk 300 W.m^{-2}. Tijdens de LD-periode en de laatste twee weken voor de bloei wordt al afgeschakeld bij een buitenstraling van 100 W.m^{-2} respectievelijk 200 W.m^{-2}. De werkelijke schakelgrenzen en de belichtingsuren worden gegeven in paragraaf 2.1 respectievelijk paragraaf 3.6

1.3.3 Ontvochtiging en warmte-oogst

Er is bij de wisseling tussen de 10^{e} en 11^{e} teelt in april 2019 een nieuw systeem geïnstalleerd (Figuur 1) voor actieve ontvochtiging gebaseerd op warmtewinning en hergebruik hiervan op dagbasis (Van Dijk heating: AVS met slurven boven het gewas). Een belangrijk aandachtspunt hierbij was de inpassen van de slurven tussen de belichting, regenleiding en hogedruk nevel installatie. Dit is gedaan met minimale aanpassing van de overige installaties. Bij nieuwbouw is een betere integratie in de totale kasconstructie mogelijk.



Figuur 1 *AVS systeem met slurven midden hoog in de tralie en luchtbehandelingskast laag in de gevel. Over de bodem achterin de kas is een verdeelkanaal geïnstalleerd.*

De installatie kan maximaal 12 m^3/m^2.uur rondblazen, waarbij het mogelijk is om in plaats van kaslucht ook buitenlucht aan te zuigen.
De warmtevraag wordt hiermee verlaagd doordat:

- De ontvochtigingsinstallatie ervoor zorgt dat er geen minimum buistemperatuur nodig is.
- Het energiedoek is ingezet met een optimale afweging tussen besparing op warmte en verlies van zonlicht.
- HNT is toegepast: met name betreffende de assimilatenbalans, het met het licht meetelen.
- De LED verlichting meer dan voldoende warmte afgeeft om de kas overdag op temperatuur te houden. Door het warmteoverschot overdag te oogsten kan dit 's nachts worden ingezet om de kas te verwarmen. Dit kan dan met de verwarmingsbuizen tussen het gewas worden gedaan.

1.3.4 Insectengaas

De luchtramen zijn in april 2019 tussen de 10e en 11e teelt voorzien van grofmazig insectengaas (0.8 * 0.8 mm). Door vergelijking met het kasklimaat in de afgelopen jaren is te beoordelen in hoeverre de beperking van de luchtuitwisseling kan worden gecompenseerd met verneveling en grotere ventilatie opening en welk effect dit heeft op de CO_2 concentratie.

1.3.5 Beregening

De bodemvochtigheid is gevolgd door sensoren die on-line inzicht geven in het verloop van de bodemvochtigheid in de bovenste lagen. De sensoren zijn van Sensoterra, waar Delphy contacten mee heeft.

1.3.6 Bodem en bemesting

Na teelt 11 is er 10 cm compost door de bodem verwerkt om de hoeveelheid organische stof in de bodem te verhogen. Volgens de consultants van Delphy en telers zou dit gunstig zijn voor een betere start van de teelt, waarbij de grond fijner uit elkaar zou vallen na de grondbewerking.

De voedingssamenstelling van de bodem is geregeld bemonsterd (zie Bijlage 2) en zo nodig praktijkconform aangepast.

1.3.7 Groeiremming

Remstof bespuitingen zijn vanaf teelt 11 met een spuitboom uitgevoerd, afhankelijk van de lengte ontwikkeling van het gewas en verwachte klimaat. De spuitboom is nieuw ten opzichte van de eerdere teelten. Hiermee kan gelijkmatiger remstof gespoten worden. Selectief spuiten van individuele planten wat in de praktijk wel wordt toegepast is bij Delphy niet gedaan.

1.3.8 Productie en kwaliteit

De doelstelling met uniforme kwaliteit is voor Baltica takken met een gewicht van 95 gram bij een reactietijd van 60 dagen, met 4-5 open bloemen met een diameter van tenminste 7 cm, die na een week transportsimulatie nog minstens 14 dagen houdbaar zijn. De bloemen zijn gevormd vanuit de bovenste 25 cm van de steel. De steel buigt maximaal 25 cm door als deze horizontaal aan de onderzijde op 60 cm van de top van de bloemen wordt vastgehouden.

Tijdens de teelten is aandacht besteed aan het optimaal uitvoeren van alle handelingen en klimaatregeling om tot een uniform product te komen. Daarbij is als basis gebruik gemaakt van de ook bij vorige teelten gebruikte methode om te groei te volgen

- Lengte ontwikkeling.
- Visuele beoordeling van de stand van het gewas.
- Met een grondboor en vochtsensoren beoordelen van de bodemvochtigheid.

Tijdens elke teelt is de ontwikkeling van de takken gevolgd door planten te meten op een aantal plantkenmerken. Daarvoor zijn bij de start, bij begin korte dag en daarna na 1,2,4,6 en 8 weken KD 100 takken (5 veldjes van 20 planten) gemeten. Dit zijn in totaal 6 meetmomenten met 100 planten. Aan het eind van de teelt zijn 250 takken (5 veldjes van 50 takken) gemeten. Voor een referentiebedrijf zijn steeds 50 takken per keer gemeten.

De visuele kwaliteit is met een protocol van Delphy beoordeeld door chrysanten adviseurs van Delphy

1.3.9 Gewasbescherming

De gewasbescherming heeft als basis biologische bestrijding van trips met nematoden (Steinernema feltiae- Entonem) en roofmijten (Transeius montdorensis Montdo-mite) die bijgevoerd werd met voermijten (Carpoglyphus lactis). Ook andere insecten zoals spint en luis zijn zoveel mogelijk biologisch bestreden.
Tussen teelt 11 en 12 is de grond gestoomd. Bij start van elke teelt werd een bodembehandeling met Trianum, Rizolex en Vidi Parva gegeven. De ziektedruk is door Koppert intensief gemonitord en er is steeds door hun consultant een advies gegeven over de aanpak van plagen.

Zo nodig is er luis bestreden en aan het einde van elke teelt is een chemische behandeling gegeven die alle plagen zou kunnen bestrijden. In één teelt werd aan het begin wolluis waargenomen, deze is chemisch succesvol bestreden.
Belangrijke constatering is dat er geen rupsen (motvlinders) of groene wantsen in het gewas zijn waargenomen. In dat opzicht lijkt de toepassing van insectengaas afdoende te hebben gewerkt om deze plagen buiten de kas te houden.

In de 15^{e} teelt is een experiment gedaan met de bestrijding van trips met Orius laevigatus die werd bijgevoerd met Artemia (Biobee). Dit onderzoek wordt in een apart verslag van onderzoek naar generalistische bestrijders beschreven door Gerben Messelink en Ada Leman.

1.3.10 BCO

Het kasklimaat en de inzet van verwarming, ontvochtiging, CO_2-dosering en belichting zijn dagelijks vastgelegd en met de BCO gedeeld o.a. via LetsGrow en middels weekrapporten.

Wekelijks is een groep met begeleidende telers, een teeltvoorlichter, onderzoekers en proefleider bijeen geweest om de strategie en de ontwikkelingen in de teelt te bespreken. Van de wekelijkse bijeenkomsten zijn verslagen gemaakt, die aan alle geïnteresseerden ter beschikking zijn gesteld.

De gewasbescherming, de watergift en de bemesting zijn in het wekelijks overleg geëvalueerd. De strategie voor gewasbescherming heeft goed gewerkt. Er zijn geen ziekten of plagen die het gewas onverhandelbaar maakten of grote oogstderving gaven voorgekomen.

Vanwege de 'Corona crisis' die in maart 2020 ons land bereikte is het bezoek van de BCO vanaf toen via videobellen georganiseerd. Daarbij gingen de consultant van Delphy en één teler naar de kas. Hun bevindingen samen met een video-opname door de gewasmanager van Delphy en de rapportage van de consultant van Koppert vormden de input van deze gesprekken. Dit verliep op een constructieve wijze. Bij teelt 15 is aan het eind een algemeen bezoek aan de proef van de gehele BCO geweest.

1.3.11 Metingen

Met draadloze sensoren zijn de kasluchttemperatuur, de RV en de gewastemperatuur op verschillende hoogten in het gewas gemeten. Met een CO_2 gasanalyser en multiplexersysteem zijn de CO_2 concentraties op 8 plaatsen tussen het gewas gevolgd.

Met een cropobserver is tussen 1 juni 2019 en 19 juli 2019 in teelt 11 gemonitord op welke momenten en in hoeverre lichtstress optreedt.

Uit de kasklimaatgegevens zijn gegevens over energiegebruik per teelt berekend en vergeleken met waarden van de warmtemeters. De resultaten zijn vergeleken met die van de teelten voor het project De Perfecte Chrysant, zodat het effect van full LED kan worden bepaald op de LBE, reactietijd en bladkwaliteit.

De teelten zijn vergeleken met die van een referentiebedrijf.

2 Teeltuitvoering

Het onderzoek kent een aantal doelstelling (zie 1.2). De verschillende doelstellingen zijn echter niet in elke periode van het jaar even belangrijk. Daarom is per teelt gekeken waar het accent in het onderzoek op moest worden gelegd. Omdat bij teelt 10 al wel de LED was geïnstalleerd maar nog niet de actieve onvochtiging is in die teelt vooral gekeken naar het sturen op van de etmaaltemperatuur in de verhouding tot de lichtsom. Dit is daarna in alle teelten toegepast en wordt besproken in 4.3.

Aan het eind van teelt 10 (april 2019) is besproken waarom er relatief veel assimilaten naar de stengel gaan. Zware stengels zijn geen probleem, maar de vraag is of er niet meer assimilaten naar de bloemen of bladeren gestuurd kunnen worden en hoe dat dan zou moeten. Als één van de mogelijkheden is genoemd dat de bodem meer organische stof zou moeten bevatten. Daarom is dat na teelt 10 de organische stof in de bodem aangevuld door het inbrengen van compost. Ondanks deze aanvulling bleven de stelen relatief zwaar in de volgende teelten. Positief effect was dat het bewerken van de grond beter gaat na het toevoegen van de zandrijke compost. Hiermee viel de bovenlaag fijner en kon de teeltstart beter verlopen. De start van elke teelt blijkt voor een goede groei een essentiële fase. Dit bleek vooral bij teelt 15 toen de grond structuur in de eerste meters van de tralies niet goed was. Dit gaf achterstand in groei waardoor de eerste meters van de tralies minder remstof moesten krijgen om niet te korte planten te telen. Een andere reden voor relatief zware stelen zou kunnen zijn dat er een groter verschil tussen dag en nacht temperatuur is geweest dan bij het praktijk bedrijf.

In het voorjaar, zomer en herfst was de beheersing van de temperatuur een belangrijk aandachtspunt. In de herfstteelt komt daar dan nog bij het voorkomen van te hoge luchtvochtigheid. Dit wordt besproken in 4.1. De conclusie was in alle teelten dat de combinatie van verneveling en buitenlucht aanzuiging en ventilatie met grof insecten gaas in de luchtramen tot een goed te beheersen temperatuur leidde. Bij de ventilatie met gaas in de luchtramen moeten de luchtramen voor een eerste mate van ventilatie enkele procenten worden open gestuurd, omdat het doekpakket de ventilatie in dit eerste deel van de raamopening nog sterk belemmerd. In de herfstteelt moest na beregening in de morgen ondanks het AVS systeem voor ontvochtiging warmte worden ingebracht en meer worden geventileerd om het gewas voldoende droog te krijgen.

In de discussies tijdens de BCO is geregeld gesproken over de werking en optimale inzet van het AVS-systeem voor ontvochtiging en warmteoogst. De regeling hiervan was niet eenvoudig en er is geen standaard protocol ontwikkelt om dit in te zetten. Het principe van de ontvochtiging en warmteoogst wordt beschreven in een bijlage (Bijlage 3).

Een aandachtspunt van de klimaatregeling was ook de uniformiteit van de luchtverdeling bij inblazen via de slurven. Uit vergelijking van meetboxen die op verschillende plaatsen in de kas hingen kwam naar voren dat de luchtvochtigheid bij de regelmeetbox tussen het gewas lager was dan bij andere meetboxen. Aan het gewas werden echter geen verschillen gezien. Bij een rookproef die is uitgevoerd op 18 september 2019 werd geconstateerd dat de luchtverdeling in de afdeling goed was. De rook trok deels onder het gewas door. De luchtbeweging was gelijkmatig en niet lokaal sterk. Het AVS systeem gaf daarmee geen aanleiding meer tot discussie over te sterke lokale luchtbeweging, wat met het OPAC systeem wel het geval was.

Een teelt technisch spannende teelt was die van eind oktober 2019 tot begin januari 2020. Dit is in de donkerste periode van het jaar. Daarbij is omdat er meer licht gegeven kan worden uitgegaan van een hogere plantdichtheid (60 pl/m²) dan het praktijkbedrijf (48.5 pl/m²). Het begin was een uniforme start, maar wel met klein blad en een gedrongen groei. Dit werd in de teelt niet beter, wel ging de uniformiteit niet achteruit, maar aan het eind van die teelt was het takgewicht en het aantal bloemen per tak te laag. Een mogelijke oorzaak is de lage gewas- en bodemtemperatuur bij de start, omdat niet met SON-T maar met LED is belicht, is er geen warmtestraling. Dit kan geleid hebben tot een matige wortel ontwikkeling in het begin. Aan het eind van de teelt viel de groei nog wel mee, maar het herstel was niet genoeg om de trage begin ontwikkeling te compenseren. In de daarop volgende teelt van januari 2020 tot maart 2020 was de start ook traag maar werd in de loop van de teelt dit weer gecompenseerd. Bij de start van de teelt vraagt het handhaven van voldoende hoge etmaal temperatuur voor een goede ontwikkeling extra aandacht.

Een punt wat opvalt in de beoordeling van het gewas is dat de uniformiteit als matig wordt beoordeeld. In de metingen aan het einde van de teelt wordt maar weinig verschil gezien met de uniformiteit van het praktijkbedrijf. Per teelt is de spreiding in versgewicht (standaard afwijking) bij de perfecte chrysant wel iets groter dan van het praktijkbedrijf, maar tussen teelten is de variatie groter. Er zijn teelten met een betere uniformiteit en met een slechtere uniformiteit. Er zijn bij DPC lichte en zware takken in de metingen, maar dat is ook het geval bij het praktijkbedrijf. Blijkbaar is de wens steeds een uniformer product dan de werkelijkheid is.

2.1 Teeltplan en uitvoering

Tijdens elke teelt is opnieuw gekeken naar wat praktisch de beste aan- en uitschakel niveaus voor de beide LED systemen zijn. Daarnaast is de daglengte tijdens de teelt praktijkconform aangepast. De samenvatting daarvan staat in Tabel 2. Het LED systeem met R/W/B werd steeds het eerste aangedaan en het laatste uit gedaan. In Tabel 2 staan ook de basisinstellingen voor stoken, ventileren, koelen en vernevelen, de realisaties worden besproken in hoofdstuk 3 en 4

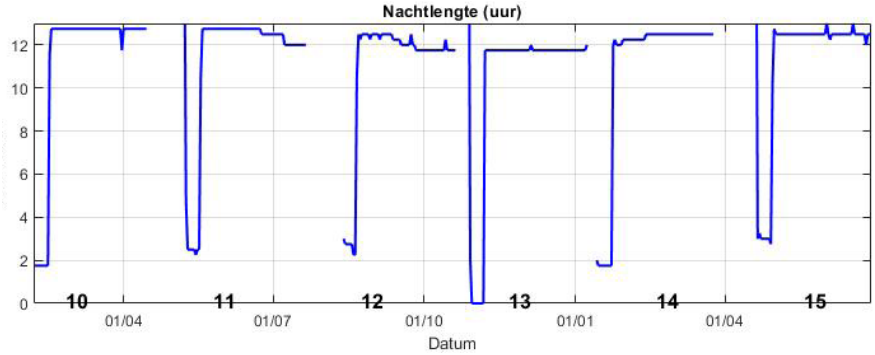
Tabel 2
Schakel grenzen van de LED systemen en de daglengte tijdens de KD samen met de basis instellingen voor stoken, ventileren, koelen en vernevelen.

		Teelt 10	Teelt 11	Teelt 12	Teelt 13	Teelt 14	Teelt 15
Belichtingsinstellingen							
LD start	uur	20:00	0:00	22:00	22:00	20:00	0:00
LD einde	uur	18:00	18:00	18:00	22:00	18:00	21:00
LD 50%	W/m²	300	300	225	-	-	225
LD 100%	W/m²	200	200	150	-	-	150
KD 50%	W/m²	400	400	275	-	450	225
KD 100%	W/m²	300	300	200	-	350	150
KD donkertijd	uur	13:00	13:00	12:40	12:00	12:25	13:00
Klimaatinstellingen							
LD dag stook	°C	19	19	19	19	19	19
LD nacht stook	°C	19	19	19	19	19	20
LD dag vent	°C	21	21	21	22	22	22
LD nacht vent	°C	21	21	21	22	22	22
LD lichtverhoging	°C	6	6	6	6	6	6
KD dag stook	°C	18	18	18	18	18	19
KD nacht stook	°C	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18
KD dag vent	°C	19	19	19	21	21	19.5
KD nacht vent	°C	18.7	18.7	18.7	21	21	18.5
KD lichtverhoging	°C	5	5	5	5	5	5
Koeltemperatuur	°C				19.5	19.5	21
LD: RV nacht	%	95	95	95	95	95	95
KD: RV avond	%				92	92	92
KD: RV nacht	%	87	87	87	87	87	87
Verneveling	%	70%	70%	70%	-	70%	70%
Verneveling	W/m²	300	300	500	-	400	500

Tijdens de duur van de proef zijn diverse instellingen van de ontvochtiging, verneveling en het gebruik van schermstanden getest om de beste afstemming van de regelingen te bereiken. Zo is bijvoorbeeld in de 15e teelt gekeken naar het effect van verneveling en CO_2 dosering op het niveau van de CO_2 in de kas. Deze ervaringen worden niet in dit rapport beschreven. Het zijn wel belangrijke leerpunten geweest in het onderzoek. De regeling van het actieve ventilatie systeem kun je te veel inzetten zodat er een overschot aan warmte wordt geoogst. Het gaas in de luchtramen leidde er toe dat voor enige ventilatie de luchtramen al snel naar meer dan 5% raamstond moesten worden gestuurd. Het gaas in de luchtramen in combinatie met de verneveling leidde niet tot ongewenst hoge temperatuur in de kas. Eerder tot een betere klimaat omdat de luchtvochtigheid niet laag werd.

2.1.1 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 assimilatie licht. Tussen de winterteelten en zomerteelten kan er bijna een uur verschil in nachtlengte zijn. In de winterteelt volstaat een kortere nachtlengte om voldoende bloei te induceren. Tijdens de lange dag fase is tussen de 0 uur donker bij de winterteelt en 3 uur donker bij zomerteelt aangehouden (Figuur 3). In deze demonstratie teelten is het verlengen en verkorten van de nachtlengte toegepast op basis van de praktijkkennis hierover.



Figuur 2 *Nachtlengte in de teelten 10-15 voor de lange dag en korte dag periode.*

2.2 Samenvatting teeltresultaten

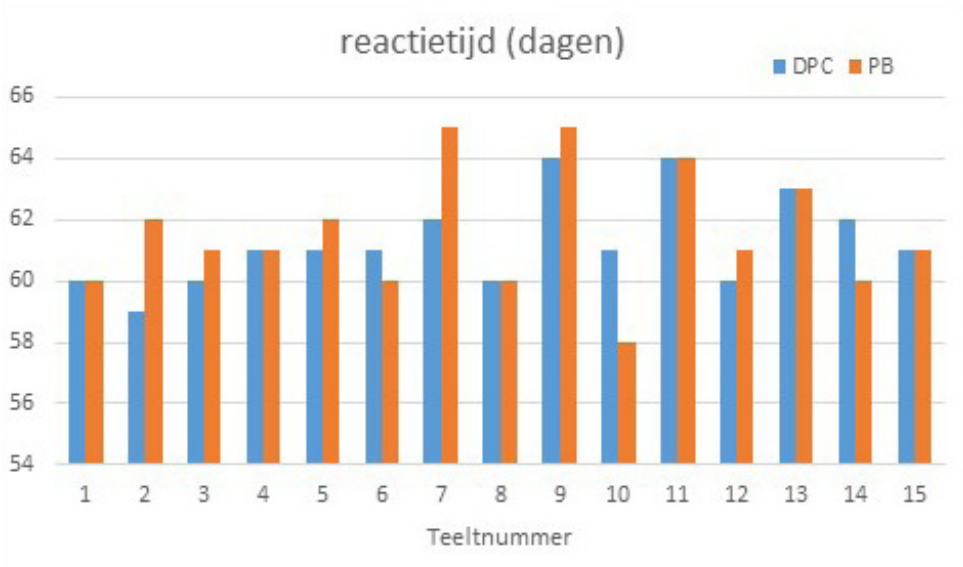
In Tabel 3 worden de realiseerde teeltduur, reactie tijd, takgewichten en productie per m^2 gegeven.
Hierin is te zien dat in teelt 13 het takgewicht te laag bleef in verhouding tot de norm die gesteld was. De andere 5 teelten laten goede gemiddelde takgewichten zien. Op de onderliggende waarden wordt verder ingegaan in hoofdstuk 5.

Tabel 3 Samenvatting van een aantal teeltkenmerken en het gewicht

Teelt	Jaar	Start	Teeltduur	Reactietijd	Lange dag	Plantdichtheid	Gewicht		Lichtsom	LBE
		Week-dag		[dagen]		[#/m²]	[g/tak]	[g/m²]	[mol/m²]	[g/mol]
1	2017	W07-2	69	60	9	60.0	98	5880	1078	5.5
2	2017	W18-4	67	59	8	67.0	98	6566	1626	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

2.3 Reactietijd

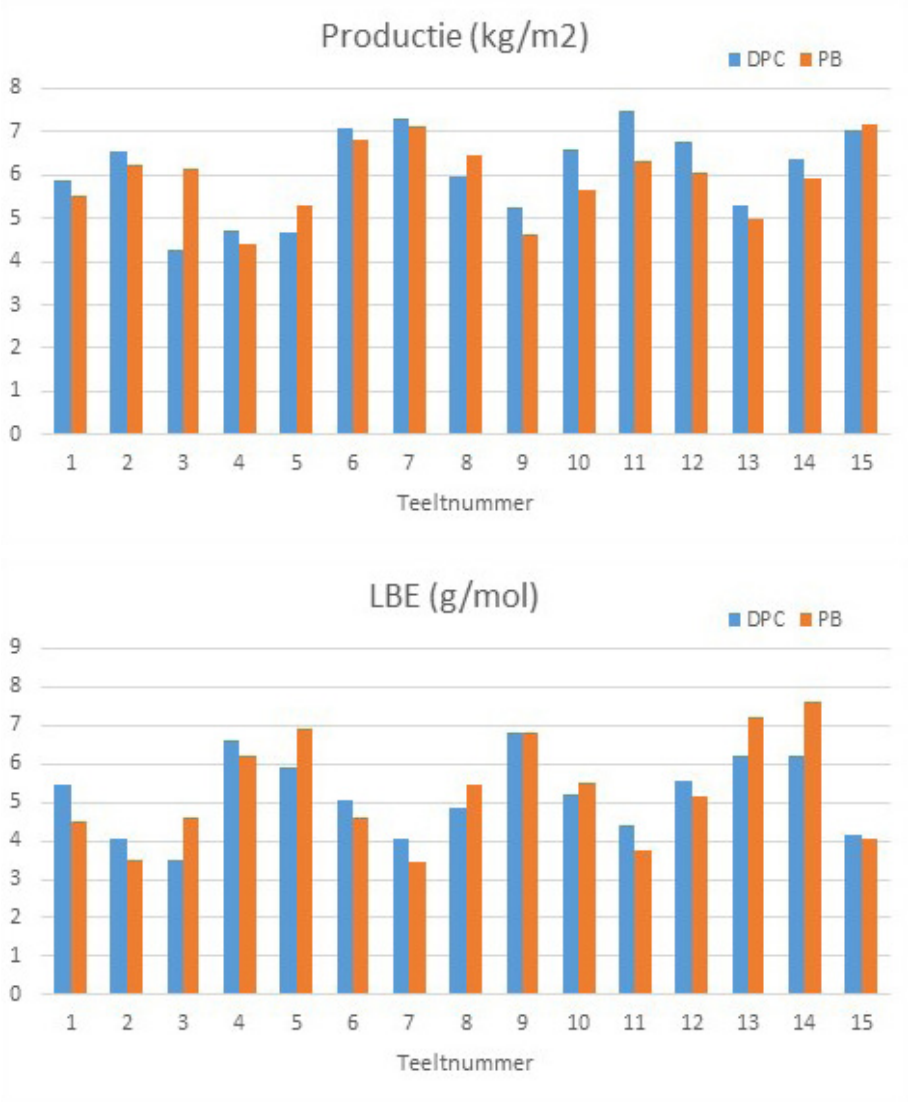
De reactietijd bij DPC was bij teelten 10 en 14 langer en bij teelt 12 korter dan de reactietijd bij het praktijkbedrijf. Tijdens het kleuren van de eerste knoppen van teelt 13 en 14 dreigde DPC te vertragen, maar in de laatste week werd dat verschil weer ingehaald. In het algemeen lijkt de bloei bij DPC een fractie trager te zijn dan bij het praktijkbedrijf, maar een verklaring voor dat verschil wordt eerder gezocht in de iets lagere nachttemperatuur, dan in het lichtspectrum van de full LED installatie bij DPC. In teelt 15 had de oogst één of twee dagen later kunnen zijn en dus met een één of twee dagen meer reactietijd. De reactietijd bij DPC en het praktijkbedrijf is in teelt 10 tot en met 15 gemiddeld 61.8 resp 61.2 en daarmee iets langer dan de gewenste 60 dagen. De full LED assimilatie belichting leidt niet tot een langere reactie tijd.



Figuur 3 *Reactietijd (in dagen) van alle teelten van DPC en het praktijkbedrijf (PB).*

2.4 Productie en LBE

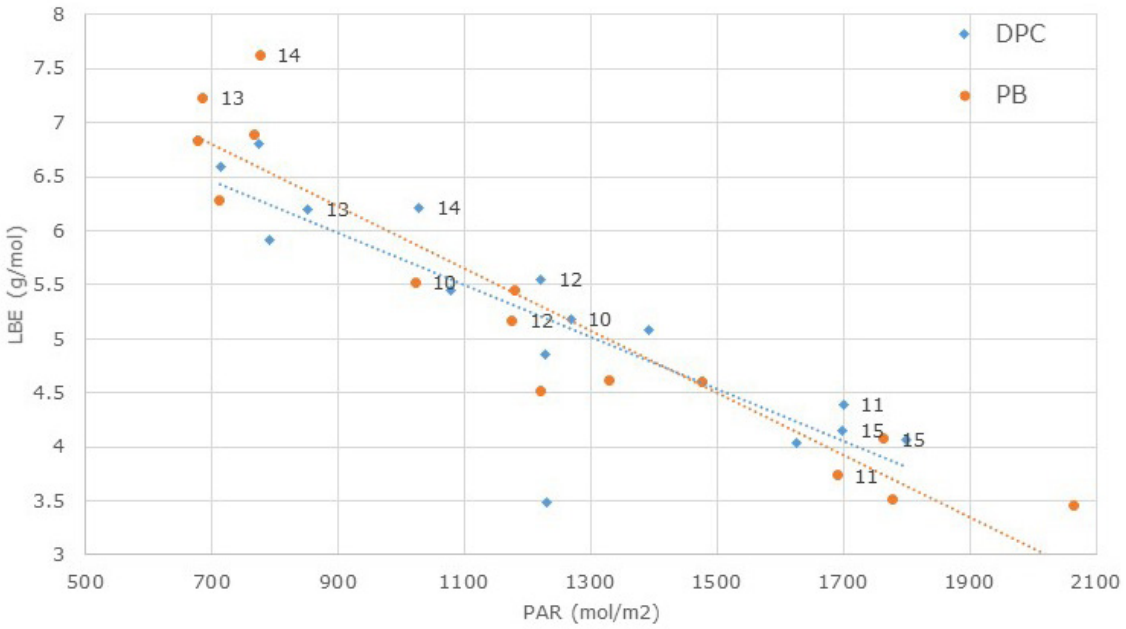
De productie en de LBE is voor iedere teelt van zowel DPC als het praktijkbedrijf weergeven in Figuur 4. Hier is te zien dat de productie en de LBE door de seizoenen een tegengesteld golfpatroon laten zien. Bij de voorjaars- en zomerteelten is de productie hoog en de LBE laag, en in de winter is dat andersom. Bij de laatste zes teelten (10-15) 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.
De productie in kg/m^2 is onafhankelijk van de plantdichtheid en in de teelten 10,12,13,en 14 hoger bij DPC dan op het praktijkbedrijf. Bij verschil in plantdichtheid kan het takgewicht een ander beeld geven dan de productie in kg/m^2. Het vergelijk in lichtbenutting (LBE) heeft ook als nadeel dat hierin de plantdichtheid niet wordt meegenomen. De takken moeten in de eerste plaats voldoen aan de kwaliteitscriteria en dat moet gecombineerd worden met een goede LBE.



Figuur 4 *Productie (boven) en LBE (onder) van 15 teelten bij DPC en het praktijkbedrijf (PB).*

In Figuur 5 is de LBE van alle teelten voor PDC en PB uitgezet tegen de hoeveelheid PAR die tijdens die teelten op het gewas is gekomen. LBE en PAR hebben een duidelijk negatieve correlatie, zowel voor DPC als het praktijkbedrijf. In Figuur 5 zijn de teelten 10 t/m 15 genummerd. Aangezien alle gelabelde punten van DPC boven de blauwe regressielijn liggen, kan worden aangenomen dat het telen onder full-LED niet negatief is voor de LBE. Een andere verklaring voor het feit dat de punten hoger liggen dan de gefitte lijn voor alle teelten van DPC is dat de teeltprestatie bij DPC in de loop van de proeven is verbeterd, waarbij met LED ten minste dezelfde prestatie is behaald als met hybride belichting van SON-T en LED, met een lagere intensiteit. De LBE met LED is daarmee niet slechter dan met SON-T. Daarmee is aan de eerste doelstelling van het onderzoek voldaan.

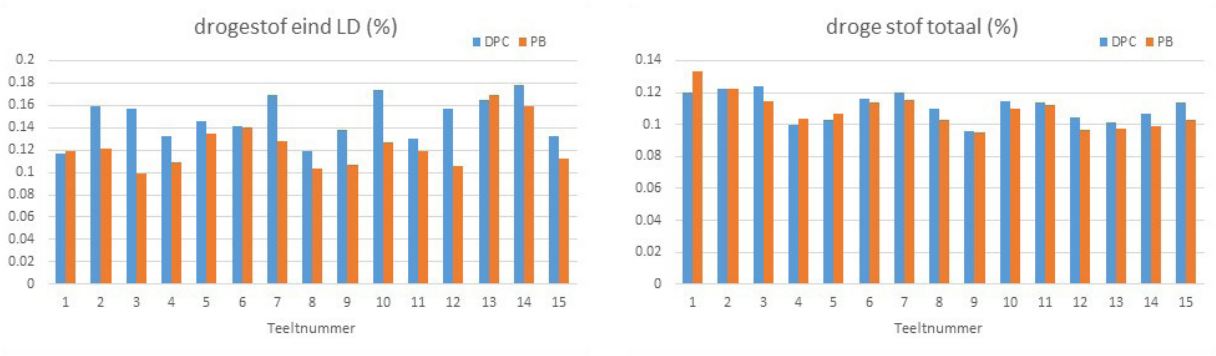
Er kan op grond van dit onderzoek niet geconcludeerd worden dat de LBE met full LED beter is dan SON-T. Want als naar teelt 13 en 14 wordt gekeken, teelten waarin relatief veel kunstlicht wordt gebruikt, blijkt uit de vergelijking met het praktijkbedrijf dat een lagere intensiteit SON-T heeft, dat de conclusie eerder andersom is. In die teelten was de LBE van het praktijkbedrijf met SON-T hoger dan van DPC, maar wel met minder PAR. Het onderzoek laat duidelijk zien dat de LBE in de loop van het jaar anders is. Bij meer natuurlijk licht neemt de LBE af.
De voorlopige conclusie is dat de LBE met full LED vergelijkbaar is aan die van SON-T.



Figuur 5 *LBE van alle teelten van DPC en PB, uitgezet tegen de hoeveelheid PAR gedurende de teelt. Teeltnummers 10-15 zijn gelabeld.*

2.5 Drogestof

Een geregeld terugkerend verschijnsel bij de vergelijking tussen DPC en het praktijkbedrijf is het hogere drogestofgehalte bij DPC. Dit verschil openbaart zich het sterkst aan het einde van de LD periode, en wordt daarna minder groot. Een verklaring hiervoor 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 perskluit.



Figuur 6 *Drogestofpercentages van 15 teelten bij DPC en het praktijkbedrijf (PB) tijdens het einde van de LD-periode (links) en tijdens de oogst (rechts).*

2.6 Houdbaarheid

Bij alle teelten was de houdbaarheid voldoende (meer dan 14 dagen na een transportsimulatie in de koeling van 7 dagen). Bij alle teelten was een licht verschil – één tot enkele dagen- in houdbaarheid te zien tussen DPC en PB in het voordeel van DPC. Dit heeft mogelijk te maken met de iets hogere droge stof gehaltes zodat de takken wat langer goed blijven.

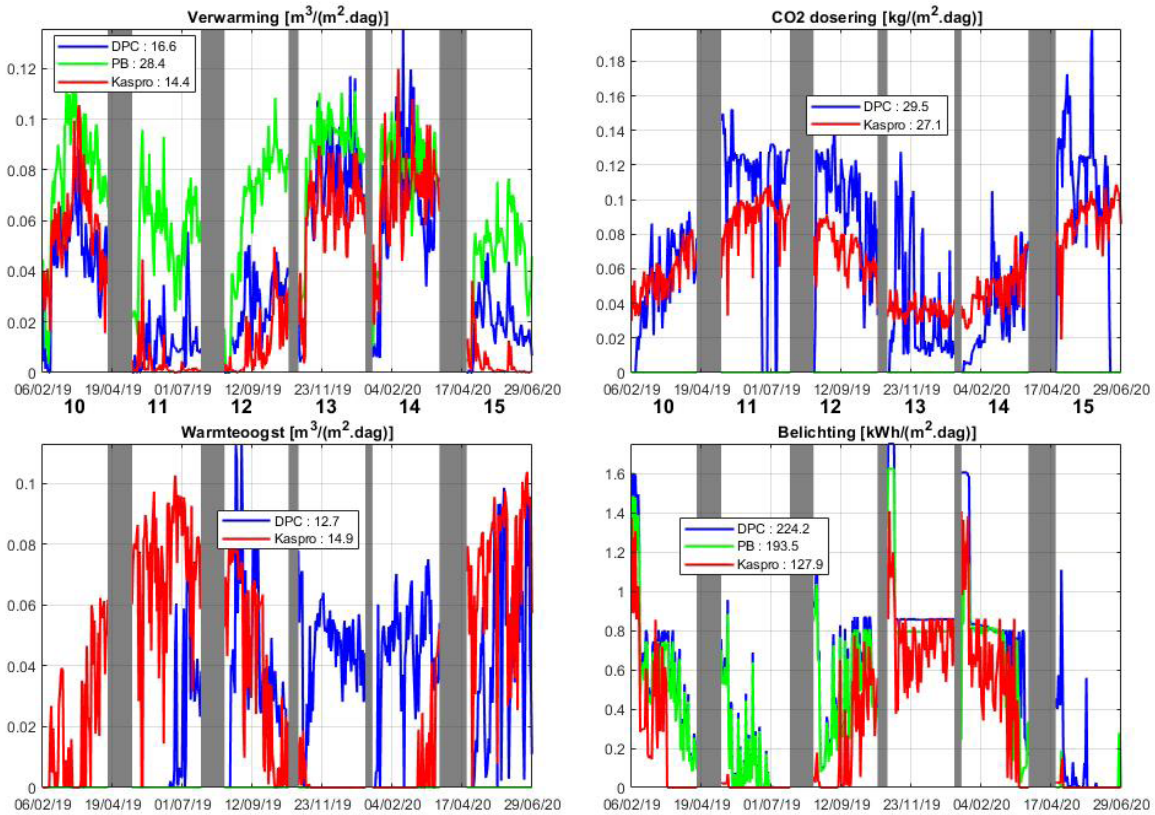
3 Inzet van middelen

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de inzet van de middelen warmte, koude, CO_2 en elektriciteit (voor belichting). Figuur 7 geeft het verloop per etmaal weer van het gerealiseerde verbruik van deze middelen ten opzichte van een Kaspro simulatie (met dezelfde klimaatinstellingen als gebruikt voor de vorige teelten). Voor wat betreft de verwarming en de belichting is ook het verbruik door het praktijkbedrijf weergegeven.
Het totale warmtegebruik over de zes teelten bij DPC is 16,6 m^3/m^2 aan aardgasequivalenten geweest. Als dit wordt teruggerekend naar een jaar met 5 teelten, komt dit neer op ongeveer 13,3 m^3/m^2. Het gebruik aan verwarming door DPC is vooral tijdens de zomerteelten (11, 12 en 15) duidelijk lager dan bij het praktijkbedrijf. Ten opzichte van de Kaspro simulatie is het verbruik vooral tijdens teelt 15 hoger (Tabel 4). Dit is veroorzaakt door het instellen van een lagere streefwaarde voor de RV, waardoor meer vocht is afgevoerd en dus meer verdampingswarmte is verloren gegaan.
Voor de start van teelt 12 is de grond gestoomd. Deze energie is niet meegenomen in dit overzicht.

Het gebruik aan koude (Warmteoogst) is ’s zomers lager dan wat door Kaspro is berekend. Dit komt doordat in de simulatie is uitgegaan dat altijd wordt geoogst als er een temperatuuroverschot in de kas is, terwijl tijdens teelten 11 t/m 15 vooral is gestreefd om niet meer warmte te oogsten dan de vraag. Bij teelt 10 was het nieuwe ontvochtigingssysteem nog niet geïnstalleerd. In de winterperiode (teelten 13 en 14) is juist meer warmte geoogst dan in de Kaspro simulatie. Hier is ook op momenten met een normale kastemperatuur actief ontvochtigd.

De CO_2-dosering van DPC ligt in de zomer iets hoger en in de winter iets lager dan die van de Kaspro simulatie. Het totale gebruik is 29,5 kg/m^2 wat neerkomt op ongeveer 25,5 $kg/(m^2.jaar)$.

Het elektriciteitsverbruik voor belichting is met 229 kWh/m^2 hoger dan volgens de instellingen in een Kaspro simulatie. Ook het praktijkbedrijf gebruikte meer energie voor belichting dan in de simulaties vanuit werd gegaan. In de Kaspro simulatie is uitgegaan van een streefverbruik van 120 $kWh/m^2.jaar$ aan elektriciteit met hybride belichting. De Kaspro simulatie is gebaseerd op 10% besparing ten opzichte van het elektriciteitsgebruik voor belichting van een chrysantenbedrijf dat 1800 uur per jaar met SON-T lampen belicht. De praktijk van belichting is in de loop van de tijd toegenomen zodat een praktijkbedrijf met SON-T al naar 2200 uur belichting op jaar basis gaat. Verder is de elektriciteitsprijs gedaald en kan belichting vaker rendabel worden ingezet om de productie te verhogen. Dat geldt nog meer voor de LED belichting bij DPC, waarbij de elektriciteit efficiënter in PAR omgezet wordt dan bij een SON-T installatie. Daarnaast kan LED in op dagen met wisselend weer makkelijker worden ingeschakeld om donkere momenten op te vangen. Er wordt daardoor relatief meer belicht in voorjaar, zomer en herfst.



Figuur 7 *Verloop van de hoeveelheid verwarming, CO_2-dosering, koeling (=warmteoogst) en belichting per etmaal, voor De Perfecte Chrysant (DPC), het praktijkbedrijf (PB) en volgens de simulaties met Kaspro.*

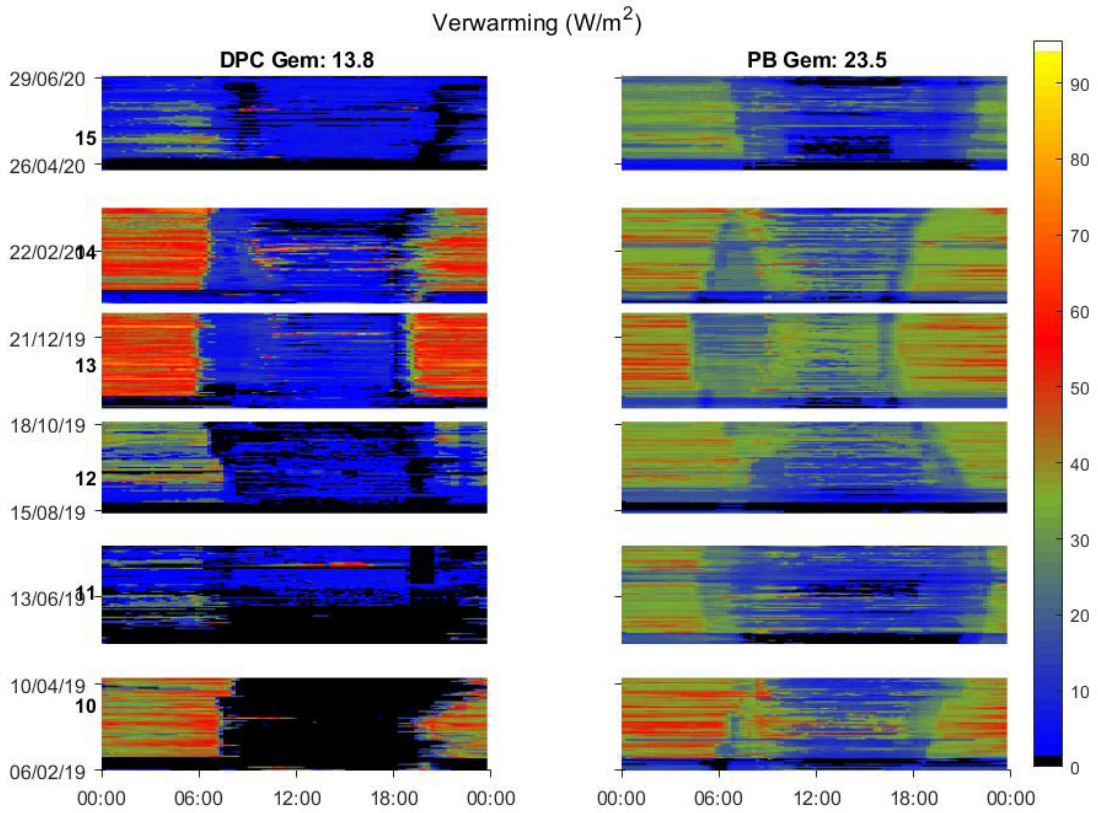
Tabel 4

Gebruikshoeveelheden per teelt voor verwarming, CO_2-dosering, koeling (=warmteoogst) en belichting per etmaal, voor De Perfecte Chrysant (DPC), het praktijkbedrijf (PB) en volgens de simulaties met Kaspro.

	Verwarming (m^3/m^2 ae)			Warmteoogst (m^3/m^2 ae)		CO_2 dosering (kg/m^2)		Elektriciteit voor belichting (kWh/m^2)		
Teelt	DPC	PB	Kaspro	DPC	Kaspro	DPC	Kaspro	DPC	PB	Kaspro
10	3.1	5.4	3.9	0.0	1.3	3.7	3.9	44	41	21
11	0.8	4.1	0.2	0.9	5.4	8.1	6.7	11	3	1
12	1.7	4.4	0.8	2.7	2.8	6.5	4.9	37	35	15
13	5.2	6.1	4.4	3.2	0.1	2.5	2.6	69	64	54
14	4.8	5.6	5.0	3.0	0.4	2.5	3.4	61	48	40
15	1.3	3.2	0.3	2.8	5.1	6.6	6.1	7	1	1

3.1 Verwarming

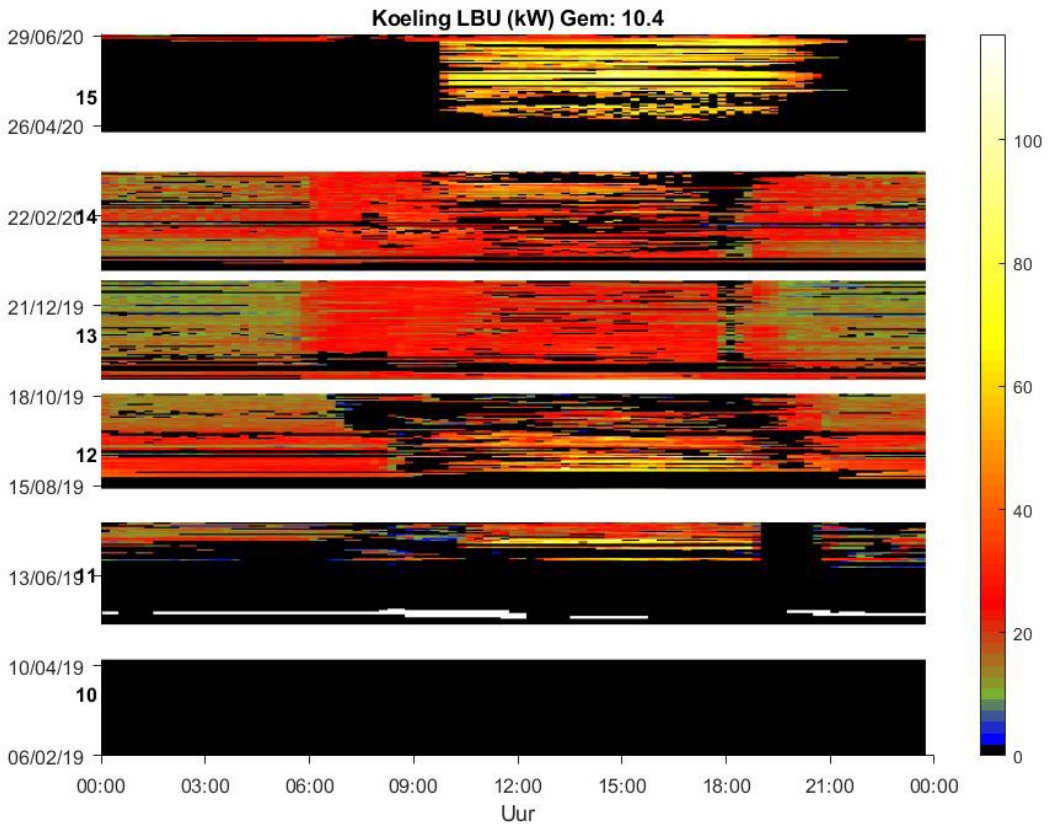
De verdeling van de hoeveelheid verwarming over het etmaal komt naar voren in het vijftienminutenoverzicht (Figuur 8). De grootste verschillen met het praktijkbedrijf komen naar voren op de momenten met weinig warmtevraag. Zo is het warmtegebruik bij DPC overdag vrijwel altijd laag (blauwe kleur) of gelijk aan 0, terwijl de warmtevraag 's nachts vaak (met name bij teelten 13 en 14) juist hoger was dan bij het praktijkbedrijf, ondanks de aanwezigheid van een extra energiescherm. Dit zou kunnen worden verklaard doordat bij DPC met een lagere streefwaarde van de RV (paragraaf 4.1) meer is ontvochtigd.



Figuur 8 *Vijftienminutenoverzicht van de hoeveelheid ingezette warmte (W/m²) bij DPC en het praktijkbedrijf (PB).*

3.2 Koeling

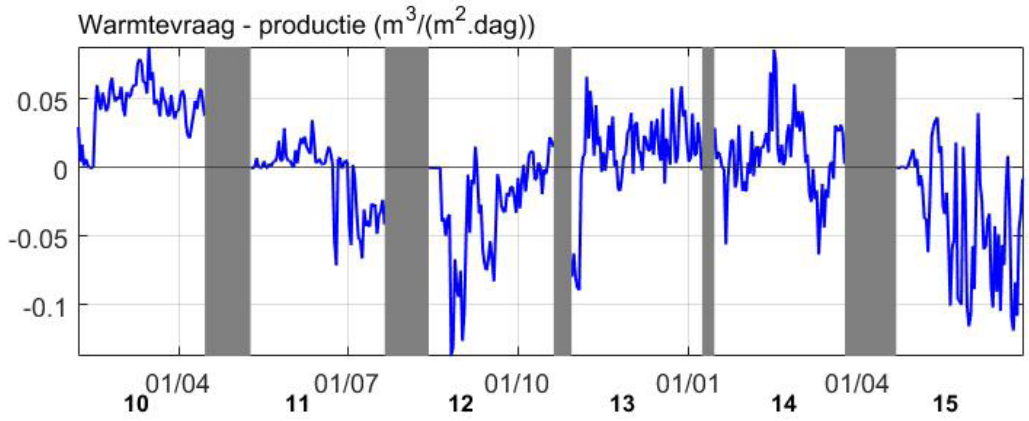
De koelstrategie is gedurende het project geregeld gewijzigd. Bij teelt 10 is de koeling (toen nog via OPAC's) niet gebruikt. Bij teelt 11 is pas na een inwerkperiode gestart. Bij teelt 12 is gestart nadat de planten in de KD-fase zijn gekomen. Dan wordt overdag gekoeld om CO_2 in de kas te houden en 's nachts om de luchtvochtigheid laag te houden. Bij teelt 13 en 14 vindt de meeste koeling plaats als 's ochtends de lampen nog branden onder het gesloten scherm. Bij teelt 15 is alleen overdag gekoeld.



Figuur 9 *Vijftienminutenoverzicht van de hoeveelheid koeling (W/m²) bij DPC.*

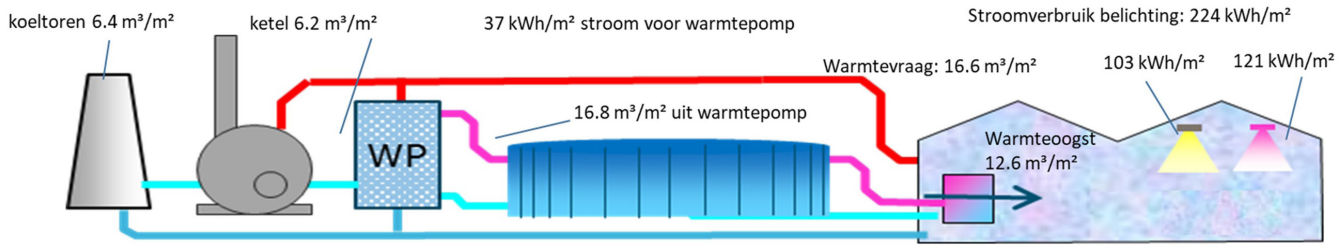
3.2.1 Warmtebalans

In dit project is ervan uitgegaan dat de warmtepomp iedere m³ geoogste aardgasequivalent met behulp van 2,9 kWh aan elektriciteit kan omzetten in 1,33 m³ bruikbare aardgasequivalent aan warmte. De vraag naar warmte loopt niet synchroon met de hoeveelheid beschikbare warmte. Dat is weergegeven in Figuur 10, waarin het dagelijkse verschil tussen de gevraagde warmte en de beschikbare bruikbare warmte (productie) is uitgezet in de tijd. Tijdens teelt 10 is niet gekoeld, waardoor de balans altijd positief is, er wordt meer warmte gevraagd dan geoogst. Halverwege teelt 11 start de koeling en wordt er meer geoogst dan nodig om in de warmtevraag te voorzien. Ook in teelt 12 wordt meer gekoeld dan nodig is om in de warmtevraag te voorzien, maar aan het einde van teelt 12 stijgt de warmtevraag boven de productie uit. Bij teelt 13 is alleen een warmte-overschot tijdens de LD-fase, waarin 24 uur wordt belicht. Tijdens de rest van teelt 13 is de warmtevraag vrijwel altijd hoger dan de hoeveelheid beschikbare warmte uit de warmtepomp. Een vergelijkbaar patroon is te zien bij teelt 14, maar wanneer de zonkracht in het voorjaar bij teelt 15 sterker wordt, daalt de warmtevraag en is er meer warmte beschikbaar.



Figuur 10 *Dagelijks verloop van het verschil tussen de gevraagde warmte en de hoeveelheid warmte die dankzij de warmteoogst met een warmtepomp kan worden geproduceerd ($m^3/(m^2.dag)$).*

Met de geoogste warmte (12,6 m^3/m^2) en 37 kWh elektriciteit kan een warmtepomp 16,8 m^3/m^2 aardgasequivalenten aan warmte maken. Indien deze warmte niet langer dan een etmaal in een buffer kan worden opgeslagen zou hiervan 5.8 m^3/m^2 moeten worden weggekoeld. Om aan de totale warmtevraag van 16,6 m^3/m^2 te voldoen moet dan nog 6,2 m^3/m^2 uit een ketel (of WKK) komen.

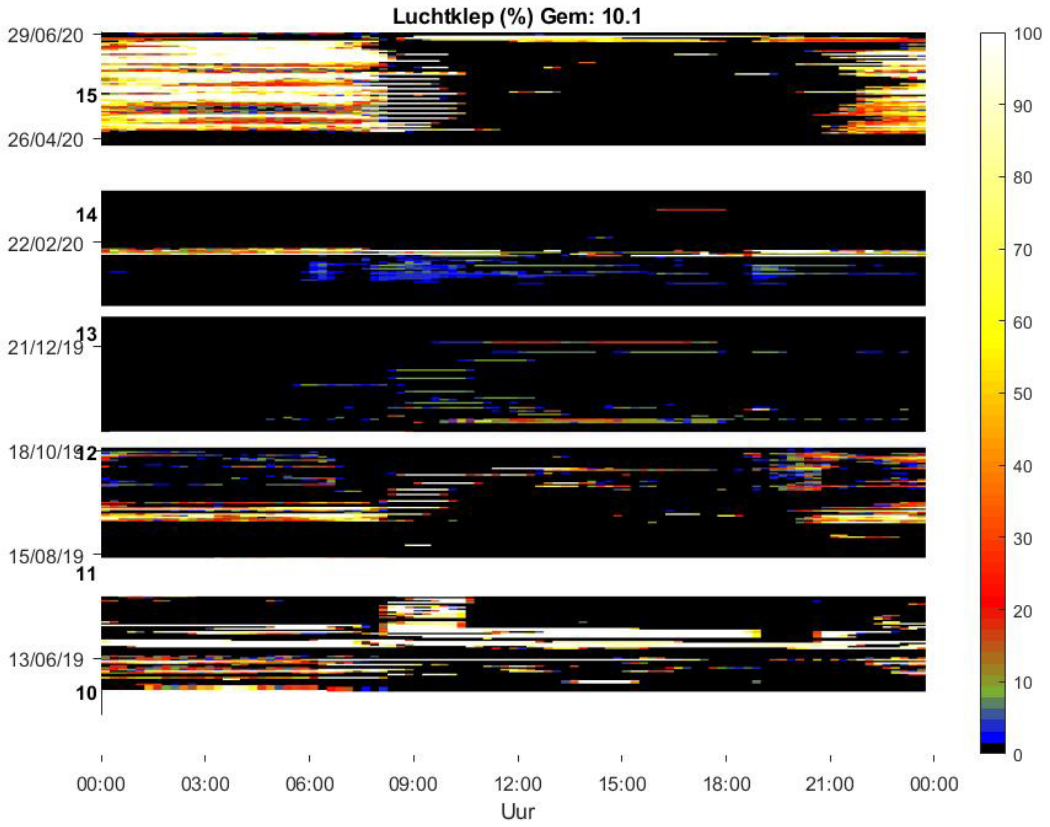


Figuur 11 *Warmtebalans en elektriciteitsverbruik voor belichting en warmtepomp.*

Als de buffer wordt vergroot naar een opslagcapaciteit van 7 dagen, dan levert dit een besparing op van slechts 0,45 m^3/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. De ervaringen bij DPC met warmteoogst laten zien dat het moeilijk is om zelfs in een zachte winter nog in balans te blijven. Er zal dus toch voor koude periodes warmte uit een ketel, een WKK of van derden nodig zijn.

3.3 Vochtafvoer via LBU

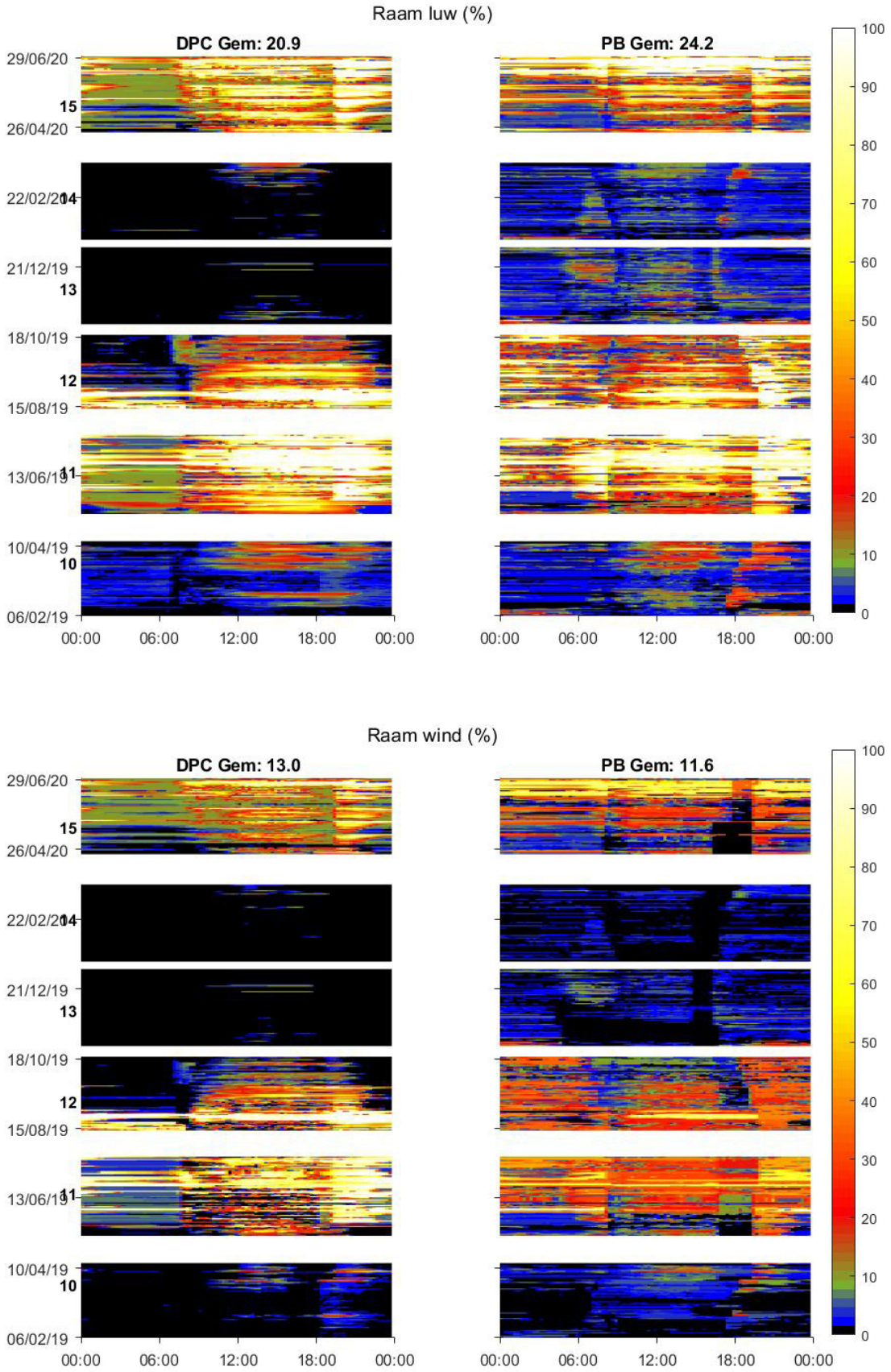
Met de nieuwe luchtbehandelingsunits (LBU) is het mogelijk om buitenlucht in te blazen, waardoor vocht kan worden afgevoerd. De stand van de buitenluchtklep is weergegeven in Figuur 12. Tijdens teelt 10 waren de nieuwe LBU's nog niet geïnstalleerd en bij teelten 11 en 12 werd deze geregeld getest. Tijdens teelten 13 en 14 is het inblazen van buitenlucht beperkt gebleven om met koeling zo veel mogelijk latente warmte te kunnen oogsten. Pas bij teelt 15 is 's nachts volop buitenlucht ingeblazen. Omdat er zo weinig warmte nodig was, hoefde er 's nachts geen warmte meer te worden geoogst en werd de beschikbare koude zo veel mogelijk overdag ingezet om dan het CO_2-verlies te beperken.



Figuur 12 *Vijftienminutenoverzicht van de stand van de buitenluchtklep in de LBU bij DPC.*

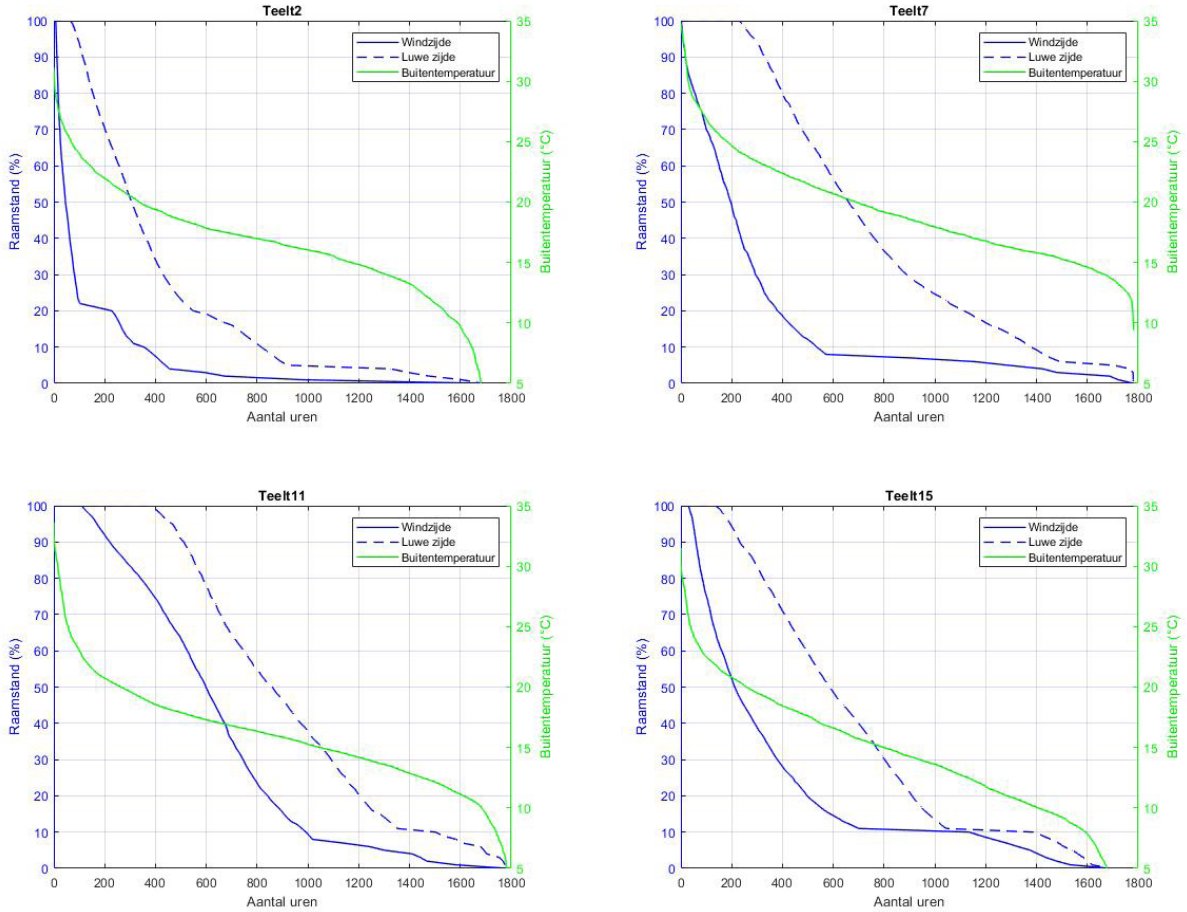
3.4 Ventilatie

Als de raamstanden van DPC worden vergeleken met die van het praktijkbedrijf valt vooral op dat de luchtramen bij teelt 13 en 14 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. Bij teelt 10 waren de luchtbehandelingsunits aan de gevel nog niet geïnstalleerd en was de raamstand meer vergelijkbaar met het praktijkbedrijf. Verder is bij DPC een minder duidelijk verband tussen de raamstand en de schermstand: de overgangen tussen de geopende en gesloten verduisteringsdoeken zijn in bij teelten 11, 12 en 15 in Figuur 13 bij PB duidelijker te zien aan de raamstand dan bij DPC.



Figuur 13 *Vijftienminutenoverzichten van de raamstand (%) aan de luwe zijde (boven) en de windzijde (onder) bij DPC en het praktijkbedrijf (PB).*

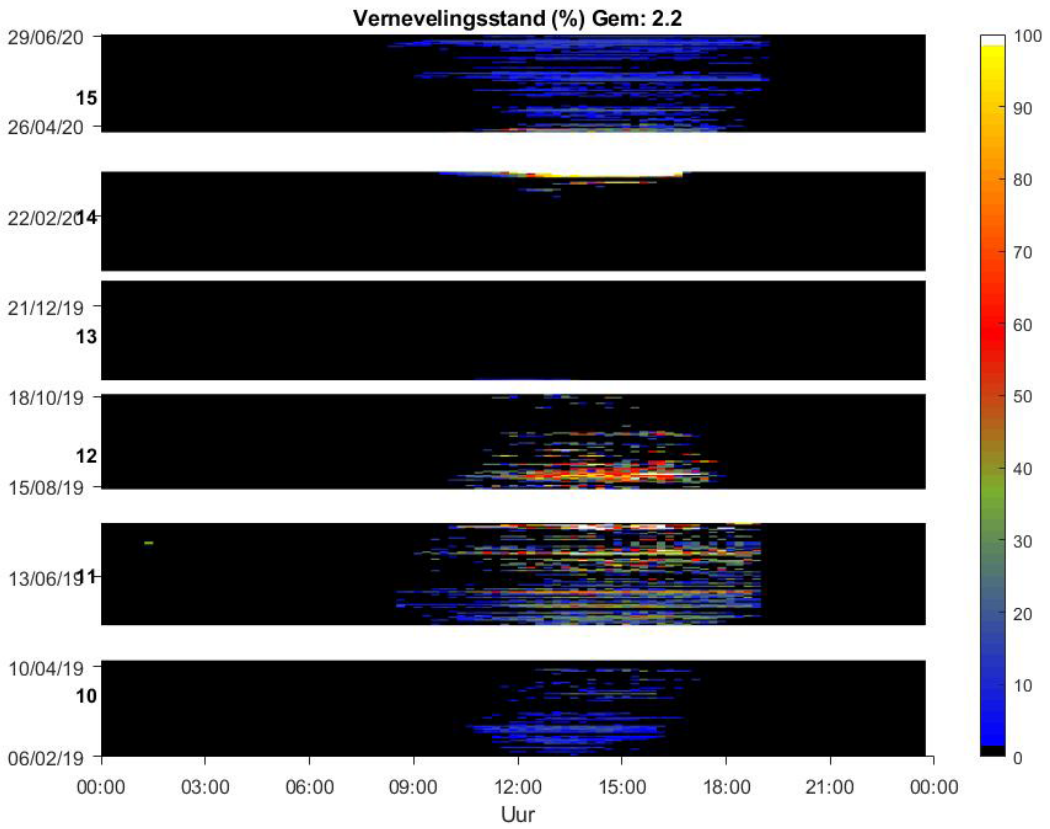
Vier zomerteelten (2, 7, 11 en 15) zijn vergeleken op het handhaven van het kasklimaat bij hoge raamstanden. Bij teelt 11 en 15 zijn de luchtramen voorzien van insectengaas, wat de luchtuitwisseling kan belemmeren. Hiermee is te verwachten dat een hogere raamstand nodig is voor dezelfde luchtuitwisseling. In Figuur 14 is voor de vier zomerteelten een belastingduurkromme gemaakt van de raamstanden en de buitentemperatuur.
Bij teelten 11 en 15 blijkt een hoge raamstand (100%-100%) inderdaad vaker voor te komen dan bij teelten 2 en 7, terwijl de hoogste buitentemperaturen 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 en 15.
Het gebruik van het insectengaas heeft invloed op de luchtuitwisseling, maar in combinatie met verneveling en de mogelijkheid om 12 $m^3/(m^2.uur)$ aan lucht in te blazen, blijft het aantal uren waarin de luchtuitwisseling tekortschiet, beperkt.
Een praktisch aandachtspunt bij ventileren met insecten gaas in de ramen is dat de eerste procenten raamopening door de aanwezigheid van het gaaspakket weinig ventilatie geven. Voor enige ventilatie van betekenis moet de raamstand circa 10% zijn. Dat dit zo is gebruikt is te zien in het aantal uren dat dit percentage raamstand aan luwe- en windzijde voorkwam in teelt 15.



Figuur 14 *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).*

3.5 Verneveling

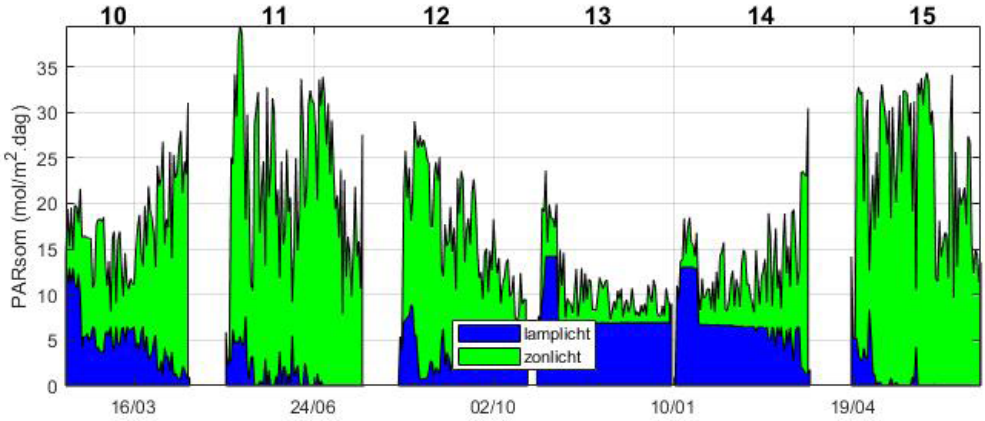
De verneveling is alleen gebruikt als de RV onder een bepaald setpoint kwam. Dit setpoint lag meestal op 70%, maar aan het einde van de teelt werd dit setpoint verlaagd ten behoeve van de houdbaarheid. De gemiddelde stand van de verneveling is 2,2%. Bij een capaciteit van 500 $g/m^2.uur$ is dus ongeveer 2,2% * 8760 * 0.5= 96 $l/m^2.jaar$ verneveld. Dat is 7-8% vergeleken met de hoeveelheid die als watergift is gebruikt.



Figuur 15 *Vijftienminutenoverzicht van de vernevelingsstand (%) bij DPC.*

3.6 Belichting

In principe brandt de belichting altijd, tenzij er moet worden verduisterd voor de KD behandeling, of als de hoeveelheid globale straling hoger wordt dan de grenswaarde (tussen 100 en 350 W/m^2). Er is niet geregeld op een PARsom per dag waarboven de lampen uitgaan. Ondanks de keuzemogelijkheid om te wisselen tussen de twee installaties met verschillende spectra, is er altijd voor gekozen om de R/W/B LED lampen het laatst af te schakelen. Met het bredere spectrum werd het risico op bloeivertraging kleiner geacht, hoewel dat niet is getest. Bovendien hebben deze R/W/B lampen een hogere efficiency dan de wat oudere R/B lampen.
In Figuur 16 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 13 en 14 het overgrote deel van de PAR afkomstig is van de lampen en in teelt 11 en 15 afkomstig van de zon.



Figuur 16 *PARsom (mol/m^2.etmaal) uitgesplitst in lamplicht en zonlicht bij DPC.*

Tabel 5

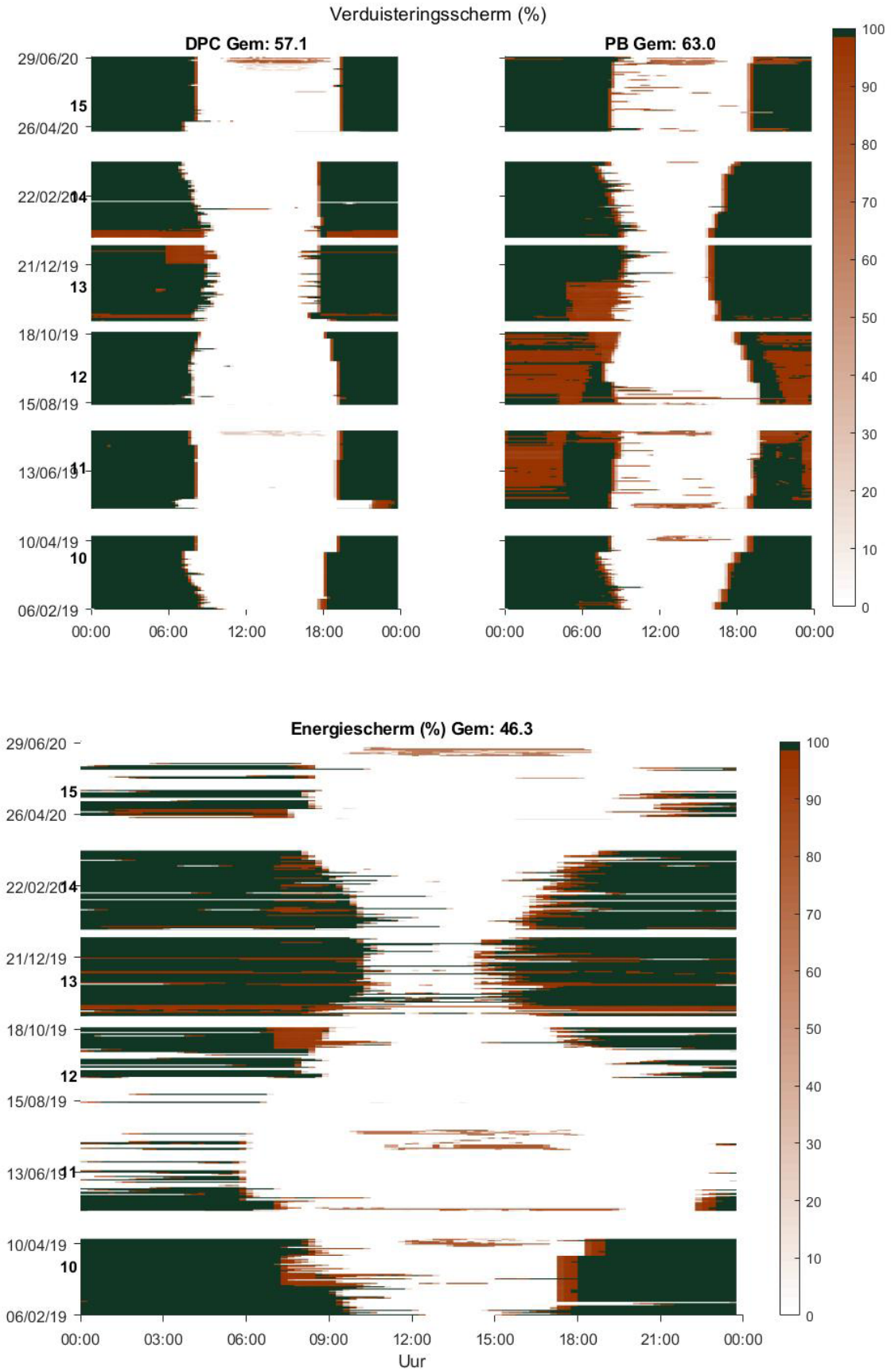
PARsom (mol/m^2.teelt) afkomstig van de zon, de lampen en totaal

Teelt	Zonlicht	Lamplicht	Totaal
10	842	427	1270
11	1629	76	1706
12	886	337	1223
13	222	628	850
14	473	555	1028
15	1635	64	1699

3.7 Schermen

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

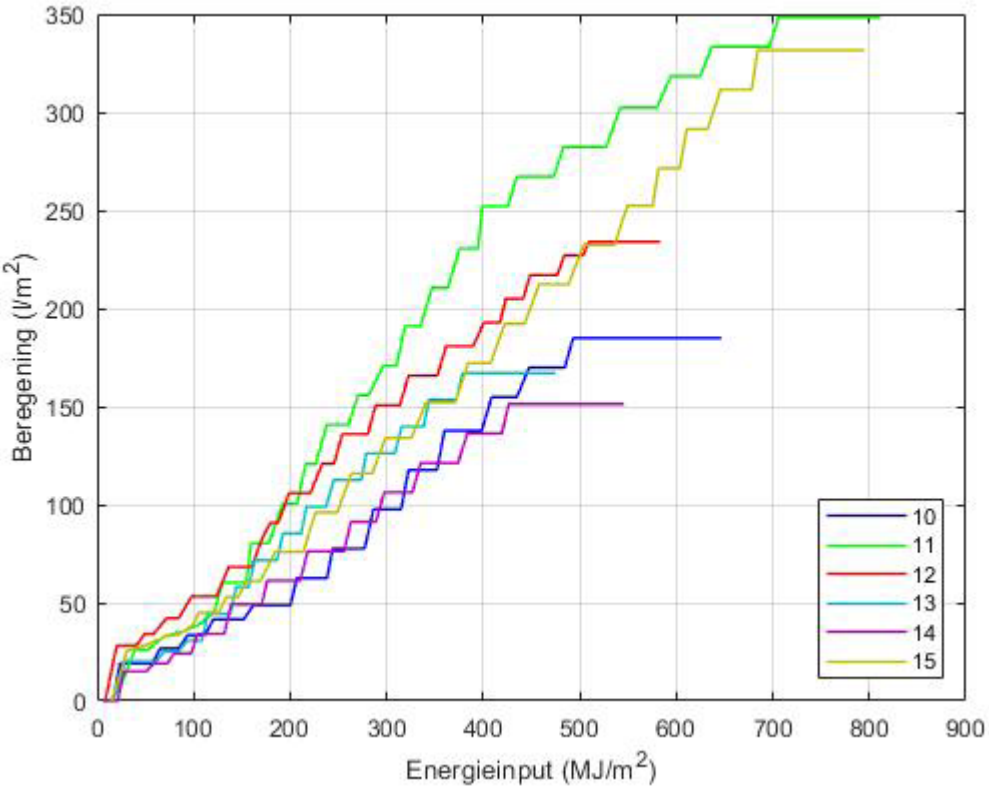
Het energiedoek wordt pas geopend als de buitentemperatuur en of de globale straling boven het setpoint uitkomt. Soms is het ook ingezet als schaduwscherm. Hiermee is het energiedoek ongeveer 4000 uren per jaar gesloten geweest. Het verduisteringsdoek is ongeveer 5000 uren per jaar gesloten geweest.



Figuur 17 *Vijftienminutenoverzichten van de schermstand (%) van het verduisteringsdoek (boven) bij DPC en het praktijkbedrijf (PB) en van het energiedoek bij DPC (onder).*

3.8 Beregening

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 de verwarming. Daarnaast is de verdamping afhankelijk van de LAI, de luchtbeweging en de luchtvochtigheid in de kas.
In Figuur 18 is de cumulatieve beregening voor zes teelten uitgezet tegen de cumulatieve energie-input van de zon, de lampen en de verwarming. Hieruit blijkt dat de beregening niet voor iedere teelt gelijk oploopt met de energie-input. Zo begon zomerteelt 15 met minder water dan zomerteelt 11, maar aan het einde van de teelt lagen de cumulatieve hoeveelheden van deze twee teelten vrijwel gelijk. Verder wordt in de zomer meer water gegeven per hoeveelheid energie dan in de winter. Dit zal waarschijnlijk hebben geleid tot verschillen in de drainhoeveelheid. De hoeveelheid drain is niet gemeten. Omdat de grond goed waterdoorlatend is, is het onwaarschijnlijk dat een teveel aan beregening bij teelt 11 tot gewasproblemen heeft geleid. Wel leidt meer drain tot uitspoeling van o.a. nutriënten, omdat in een grondteelt niet alle drain kan worden opgevangen en gerecirculeerd.



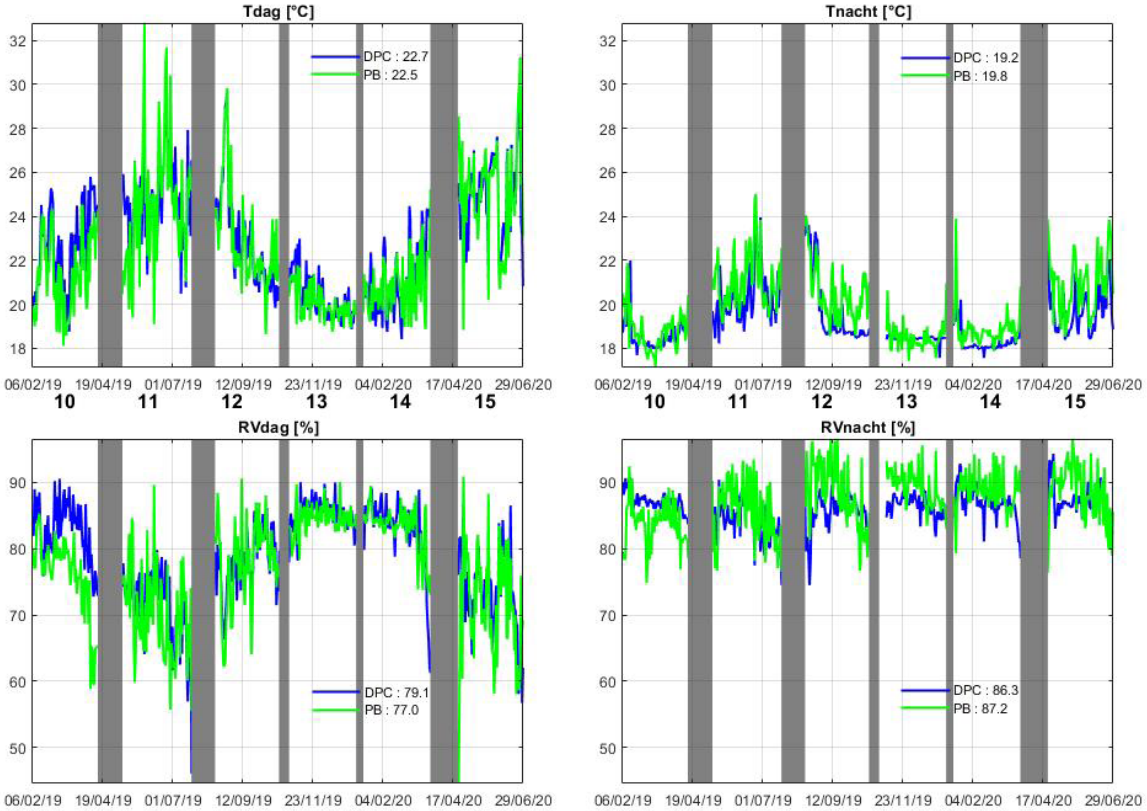
Figuur 18 *Cumulatieve hoeveelheid beregening per teelt (l/m²), uitgezet tegen de cumulatieve hoeveelheid energie die in de kas komt via zon, lampen en verwarming (MJ/m²).*

4 Kasklimaat

4.1 Temperatuur en Luchtvochtigheid

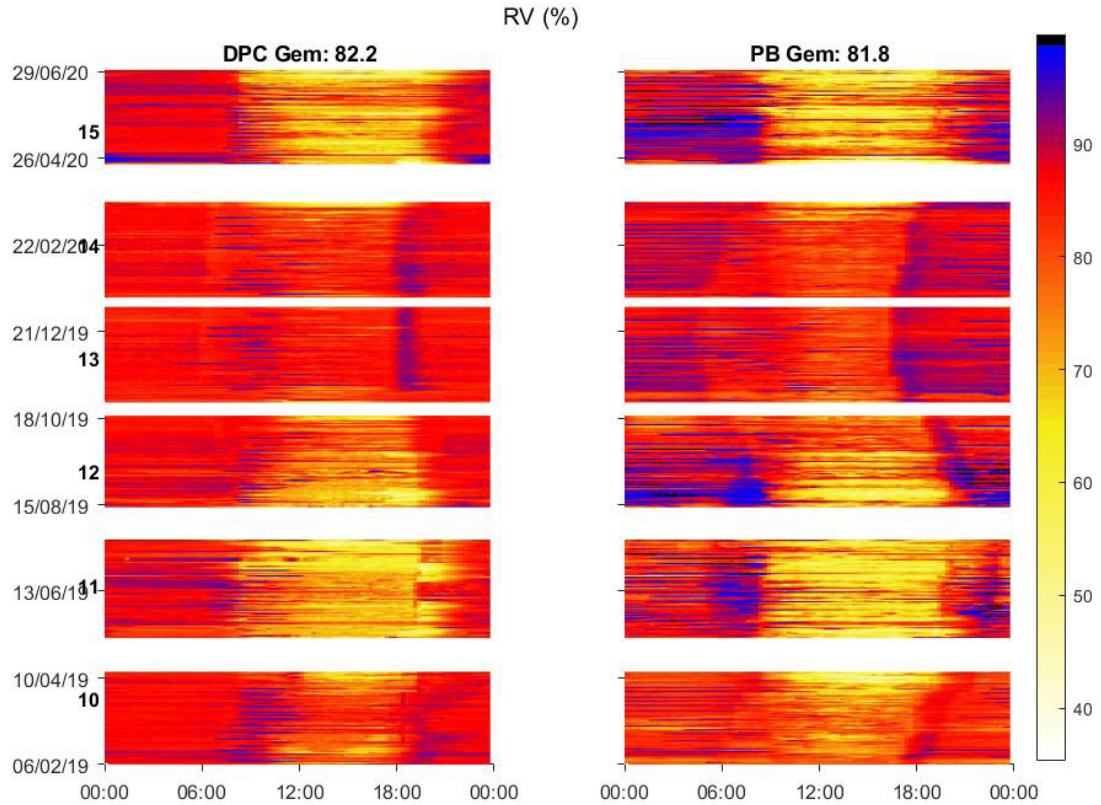
De temperatuur en de luchtvochtigheid bij DPC verschillen slechts in lichte mate van die van het praktijkbedrijf (Figuur 19, Tabel 6). Een paar opvallende verschillen zijn:

- Tijdens teelt 10 is de RV overdag bij DPC hoger dan bij het praktijkbedrijf. Dat is niet te verklaren door de verneveling, want die is ook bij teelten 11, 12 en 15 ingezet (zie Figuur 15). Mogelijk is het ontbreken van de luchtbehandelingsunits hier debet aan.
- De nachttemperatuur is meestal lager en vooral 's winters bij DPC constanter dan bij het praktijkbedrijf.
- Ondanks de lagere nachttemperatuur is de RV 's nachts bij DPC ook meestal lager dan bij het praktijkbedrijf. Hierbij moet worden aangetekend dat het PB veelal in de nacht beregent.
- De dagtemperatuur is op zomerse dagen beter te beheersen den bij het praktijkbedrijf. Dit wordt vooral verklaard door de verneveling.



Figuur 19 *Gemiddelde etmaaltemperatuur (°C, boven) en RV (%, onder), overdag (links) en 's nachts (rechts) bij DPC en het praktijkbedrijf (PB).*

In Figuur 20 wordt het verloop van de RV bij DPC vergeleken met het praktijkbedrijf. 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 het praktijkbedrijf, 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 het praktijkbedrijf. Dat is waarschijnlijk te danken aan de ontvochtiging door koeling (zie Figuur 9) 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 20 *Vijftienminutenoverzicht van de RV (%) bij DPC en het praktijkbedrijf (PB).*

Tabel 6

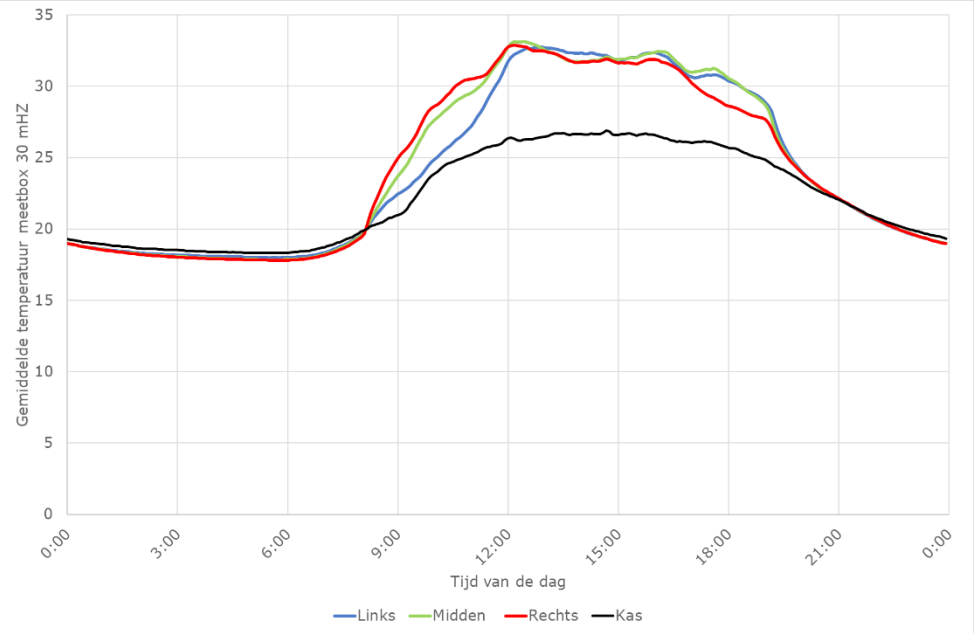
Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid per teelt.

		Temperatuur (°C)			RV (%)		
Teelt	Bedrijf	Dag	Nacht	Etmaal	Dag	Nacht	Etmaal
Teelt 10	DPC	22.6	18.6	20.6	82.5	87.1	84.8
	PB	21.5	18.8	20.1	75.7	83.6	79.7
Teelt 11	DPC	24.6	20.3	22.4	71.8	84.2	78.0
	PB	25.0	21.0	23.0	69.5	85.3	77.4
Teelt 12	DPC	22.9	19.8	21.3	78.2	85.5	81.9
	PB	22.9	20.5	21.7	77.9	88.3	83.1
Teelt 13	DPC	20.3	18.5	19.4	85.2	86.4	85.8
	PB	20.1	18.6	19.3	84.3	89.1	86.7
Teelt 14	DPC	21.1	18.3	19.7	82.6	87.0	84.8
	PB	20.9	18.6	19.7	83.1	88.4	85.8
Teelt 15	DPC	24.9	19.8	22.3	73.5	86.5	80.0
	PB	25.1	21.0	23.0	70.8	88.1	79.5

4.2 Kas- en planttemperatuur

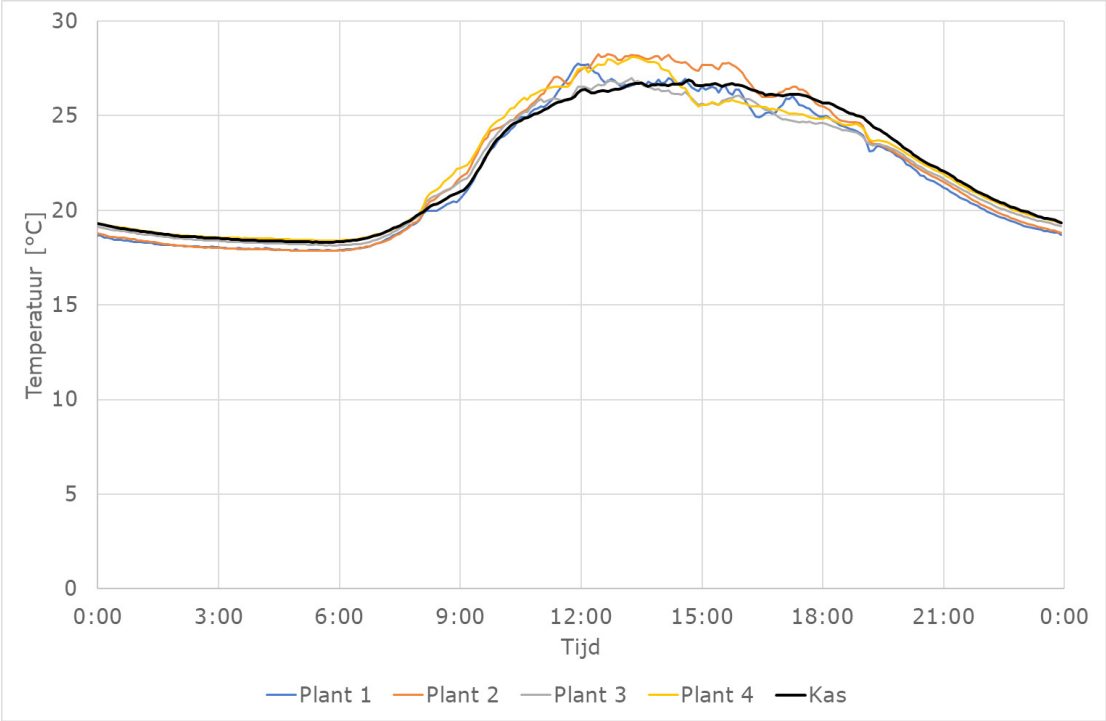
Een item dat bij mogelijke vertraging van de teelt een belangrijk onderwerp is, is de relatie tussen de kastemperatuur, de inzet van assimilatiebelichting en de planttemperatuur. Er is met sensoren van 30 mHZ veel gemeten aan de planttemperatuur en de ruimtetemperatuur. Daarbij zijn een aantal praktische problemen naar voren gekomen die het interpreteren van de gegevens lastig maakt.

De ruimtetemperatuur en relatieve luchtvochtigheid is gemeten met ongeventileerde sensoren. Daardoor zijn deze gevoelig voor straling. Na een gietbeurt zijn de elektronische vochtsensoren geruime tijd nat en geven een luchtvochtigheid van 100%. Dit zijn twee fenomenen die de betrouwbaarheid van de metingen verstoren. Aanvankelijk is getracht dit op te lossen door deze sensoren tegen de liggers van de hijsverwarming tussen het gewas te plaatsen, maar dan wordt de temperatuur weer beïnvloed door deze ligger. In teelt 15 zijn de sensoren wel boven het gewas gehangen aan de hijsdraden van de verwarming dit leverde overdag een goed beeld op van verschillen in temperatuur door straling. De linker tralie heeft 's morgens nog schaduw en blijft dan koeler en in de middag is de rechter tralie in de schaduw en iets eerder afgekoeld (Figuur 21). In de nacht waren de temperaturen vrijwel gelijk. Bij de beoordeling op snelheid waren de planten in de rechtertralie iets trager in reactie dan die in de linker tralie.



Figuur 21 *Cyclisch gemiddelde temperatuur meting tussen 4 mei en 29 juni 2020 met sensoren van 30 MHz in linker, midden en rechter tralie van de kas, naast de kastemperatuur.*

De planttemperatuur is gemeten met pointed IR sensoren van 30 mHZ. Daarbij is aanvankelijk de sensor dicht op het gewas gezet, maar dit levert schaduw op. Bovendien verandert de positie van het groeipunt en de bovenste bladeren voortdurend zodat geen betrouwbaar beeld van de planttemperatuur en dan vooral de temperatuur van het groeipunt wordt verkregen. In teelt 15 zijn daarom deze sensoren hoger boven het gewas gehangen aan de draden van de hijsverwarming. Hiermee wordt een meer globaal beeld van de gewastemperatuur verkregen (Figuur 22). Dan is te zien dat de gewastemperatuur in de nacht gemiddeld iets onder de kastemperatuur ligt en overdag afhankelijk van de plaats in de kas boven de kastemperatuur.



Figuur 22 *Cyclische gemiddelde van planttemperatuurmeters voor de periode 5 mei tot 29 juni en de kas temperatuur in die periode.*

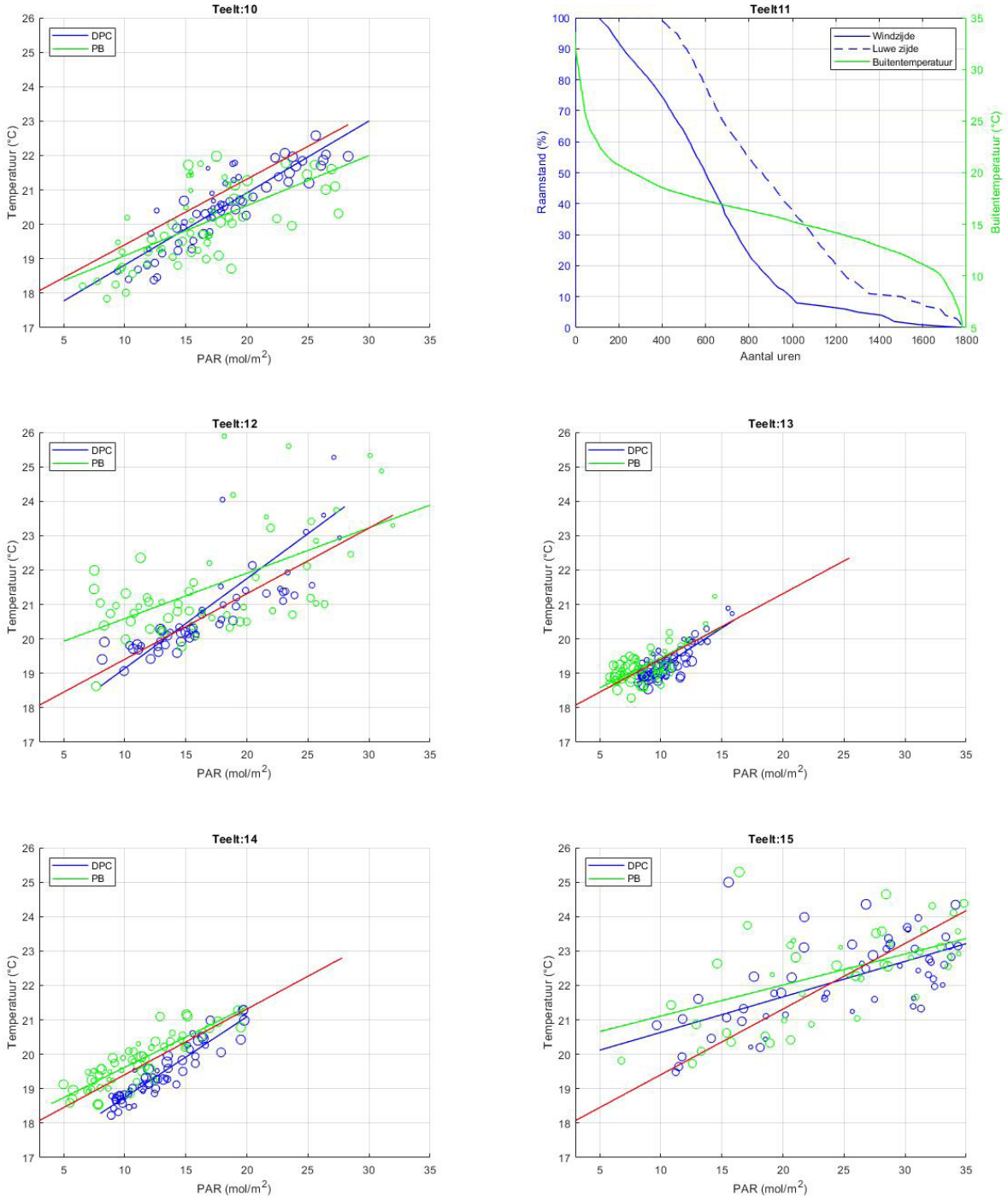
Voor de periodes dat de LED belichting brandde is de analyse van planttemperatuur ten opzichte van kastemperatuur ook gemaakt, maar daar komen vanwege de genoemde aanpak met sensoren heel dicht op het gewas geen duidelijke conclusies uit. De temperatuur in de nacht is iets lager dan de kastemperatuur. In hoofdlijn volgen de gewastemperaturen de ruimte temperatuur. De gewastemperatuur is overdag met belichting niet hoger dan de ruimtetemperatuur. Een verschijnsel dat bij SON-T belichting in het algemeen wel als gegeven wordt gezien, maar in dit onderzoek niet verder kan worden getoetst omdat er geen vergelijkende metingen zijn gedaan. In het vervolg onderzoek moet aan de positie van de planttemperatuur sensoren meer aandacht worden besteed en moet met een warmtebeeld camera specifiek naar de temperatuur van het groeipunt worden gekeken.

4.3 Licht - Temperatuur verhouding

Hoe meer licht het gewas ontvangt, hoe hoger de kastemperatuur moet zijn om de geproduceerde assimilaten te verwerken. Een richtlijn 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^2.etmaal). Bij 61% lichttransmissie van het kasdek en bij 2,15 µmol PAR voor iedere Joule globale straling, komt dit neer op 17,5 °C plus 0.191 °C voor iedere mol/m^2.etmaal PAR.

In Figuur 23 zijn voor teelt 10 tot en met 15 de gerealiseerde etmaaltemperaturen tijdens de KD periode uitgezet tegen de hoeveelheid ontvangen PAR. Hierbij valt op dat tijdens teelten 11, 12 en 15 de teelttemperatuur meestal hoger lag dan de richtlijn. Bij deze teelten was de buitentemperatuur te hoog om de etmaaltemperatuur lager te krijgen. Bij teelt 12 is de etmaaltemperatuur bij DPC lager dan bij PB, met name aan het einde van de teelt (hoe groter de bolletjes, hoe ouder het gewas). Bij teelten 13 en 14 is het temperatuurverschil tussen DPC en PB niet groot, maar omdat het gewas bij DPC meer PAR heeft gekregen, had DPC volgens de richtlijn een hogere temperatuur moeten krijgen. Zeker als rekening wordt gehouden met een lagere planttemperatuur onder LED dan onder SON-T bij een gelijke kastemperatuur, lijkt bij teelten 13 en 14, en mogelijk ook bij teelt 12, een hogere etmaaltemperatuur gewenst te zijn geweest.

De huidige richtlijn is een lineair verband tussen PAR en temperatuur, terwijl de onderliggende plantprocessen niet lineair hoeven te verlopen. Verder is de richtlijn niet afhankelijk gemaakt van de plantdichtheid, noch van de CO_2-concentratie. Bij een hogere plantdichtheid ontvangen de individuele planten minder PAR en zou een lagere temperatuur moeten worden nagestreefd. Bij een lagere CO_2-concentratie worden minder assimilaten aangemaakt en zou ook een lagere temperatuur moeten worden nagestreefd.

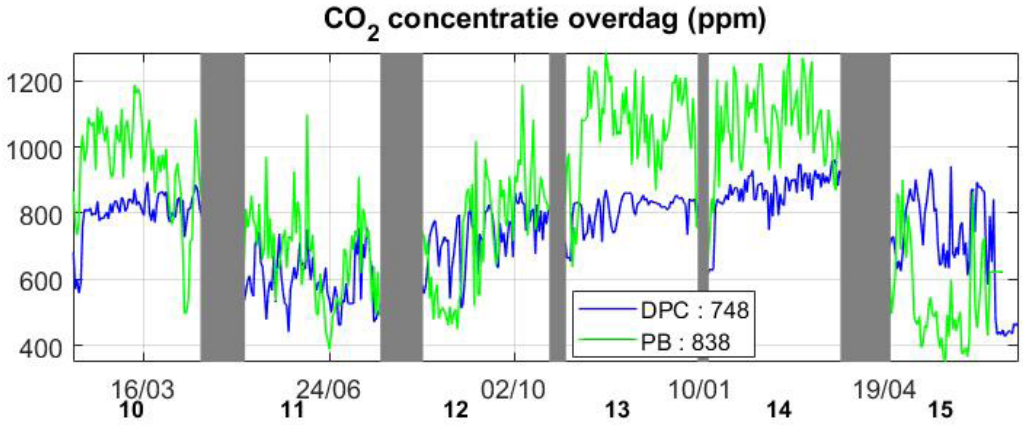


Figuur 23 *Verhouding tussen de etmaaltemperatuur (°C) en de hoeveelheid PAR (mol/m².dag) voor teelt 10 t/m 15 bij DPC en het praktijkbedrijf (PB) vergeleken met de 'richtlijn': T (in °C) = 17,5 + 0,191 * PAR (in mol/m².dag)*

4.4 CO_2 concentratie en verdeling

De gemiddelde CO_2-concentratie overdag bij DPC verschilt in geringe mate van die van het praktijkbedrijf. In de winterperiode (teelt 10, 13 en 14) is geen hogere CO_2-concentratie aangehouden dan in de zomer. De doseercapaciteit bij DPC is maximaal 120 kg/(ha.uur). Bij het praktijkbedrijf maximaal 255 kg/ha/uur (135 kg/(ha.uur) via WKK, 120 kg/(ha.uur) via OCAP). Opvallend is dus dat de CO_2 concentraties elkaar niet veel ontlopen. Mogelijke oorzaken hiervan zijn de iets hogere kastemperatuur en hogere RV overdag (zie Figuur 19), het toepassen van verneveling (zie Figuur 15) en koeling (zie Figuur 9), en het ontbreken van een minimum buis overdag bij DPC (zie Figuur 8).

Bij de meeste teelten is pas een paar dagen na het planten gestart met doseren, waardoor de CO_2 concentratie dan laag bleef. Doordat het jonge gewas maar weinig licht absorbeert en er mogelijk nog wat CO_2 afkomstig van de gewasresten van de vorige teelt vrijkomt, bleef de concentratie wel boven de buitenwaarde. Ook aan het einde van teelt 15 is niet gedoseerd. Dit was omdat het gewas al zwaar genoeg was, en iets te vegetatief dreigde te worden (doorwas).

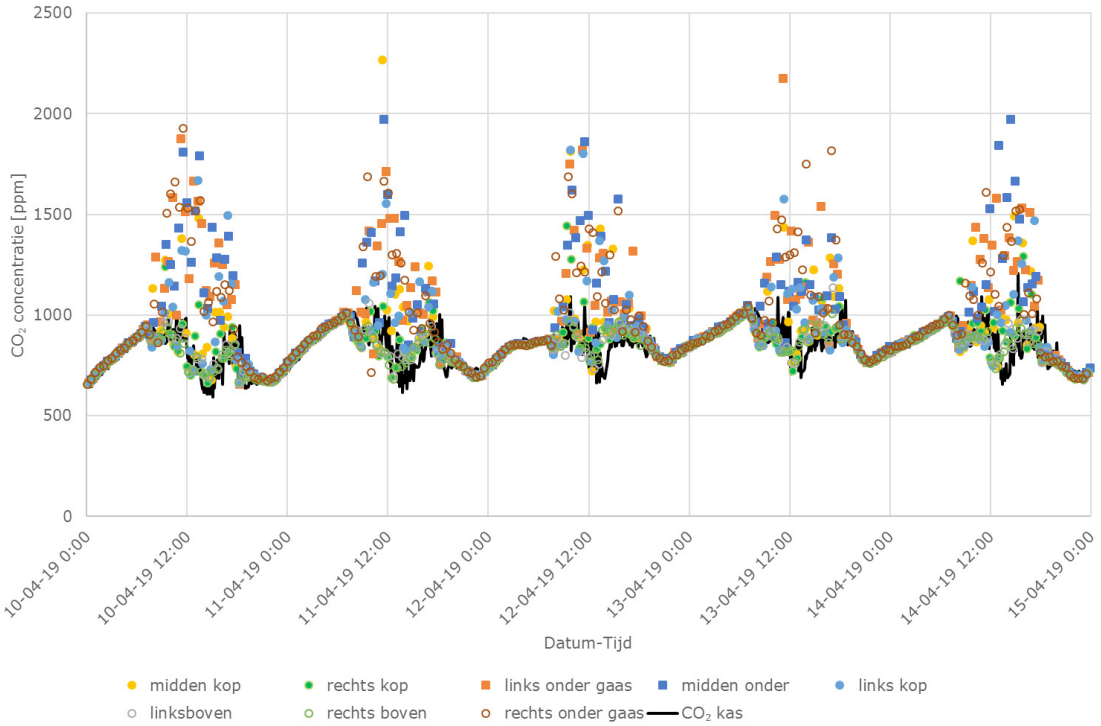


Figuur 24 *Gemiddelde CO_2-concentratie (ppm) overdag per etmaal bij DPC en het praktijkbedrijf (PB)*

Figuur 25 *De aanzuigpunten (witte kapjes) van de CO_2 analyser in en boven het gewas.*

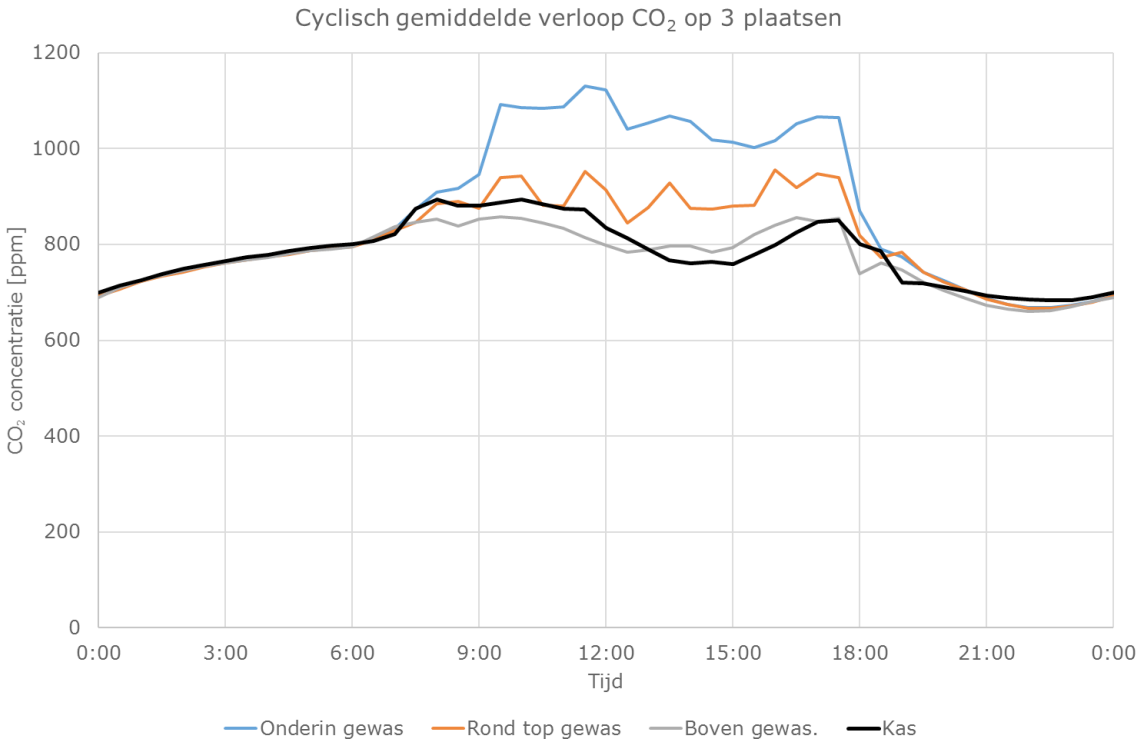
4.4.1 CO_2 verdeling

Met een CO_2 analyser (LICOR 8100A) gecombineerd met een 8 kanaals multiplexer (LICOR 8150) is de CO_2 concentratie van de lucht gemeten. De lucht wordt via slangen aangezogen naar de multiplexer en analyser zodat op 8 plaatsen in de kas de CO_2 concentratie gevolgd kan worden. De analyser is zo ingesteld dat de 8 kanalen in een cyclus van 30 minuten één keer worden gemeten. De gemeten waarde is het gemiddelde van 120 samples in 2 minuten, met daarbij tijd voor wisseling tussen de kanalen zodat per kanaal er 3.75 minuut wordt gebruikt. In teelt 10 is dit gedaan door in één bed ter hoogte van een gewasdrager op 8 plaatsen de aanzuigpunten van de slangen te bevestigen. Drie aanzuigpunten zaten direct onder het steungaas, 3 aanzuigpunten zaten ca 15 cm boven het gaas, dit is in het begin bij de kop van het gewas en later tussen het bovenste deel van de takken en 2 aanzuigpunten waren boven het gewas (zie Figuur 25).
Om te voorkomen dat de CO_2 analyser water zou aanzuigen is gemeten tussen twee gietbeurten en aan het einde van de teelt. Als 's morgens water gegeven zou worden is de dag ervoor de analyser uitgezet en afgekoppeld. Na de watergift werd de analyser weer aangekoppeld en gestart. De metingen zijn uitgevoerd tussen 7 maart en 15 april.
Naast de gegevens van de CO_2 analyser zijn de gegevens van de CO_2 concentratie volgens de meetbox van de klimaatcomputer per 5 minuten gebruikt om mee te vergelijken.



Figuur 26 *Het CO_2 verloop in de periode 10-15 april 2019. De zwarte lijn zijn de 5 minuten waarden van de klimaat computer, de punten zijn metingen van de 8 kanalen.*

De vergelijking van de 8 kanalen met de gegevens van de klimaatcomputer laat zien dat in de nacht de CO_2 concentratie op alle plaatsen vrijwel gelijk is. Als de CO_2 concentratie in de nacht oploopt is dat op alle plaatsen te meten. Overdag als er CO_2 wordt gedoseerd is de variatie in gemeten waarden voor CO_2 groot. Het kan tijdelijk ruim boven de 2000 ppm komen. Uit de puntenwolk is niet af te leiden of er bepaalde plaatsen zijn waar de CO_2 hoog is. Om daar inzicht in te krijgen is over alle dagen een cyclisch gemiddelde voor de CO_2 waarde per half uur berekend en daarbij zijn de waarden van de punten onder het gaas (3 kanalen), rond de top van het gewas (3 kanalen) en boven het gewas (2 kanalen) gemiddeld.

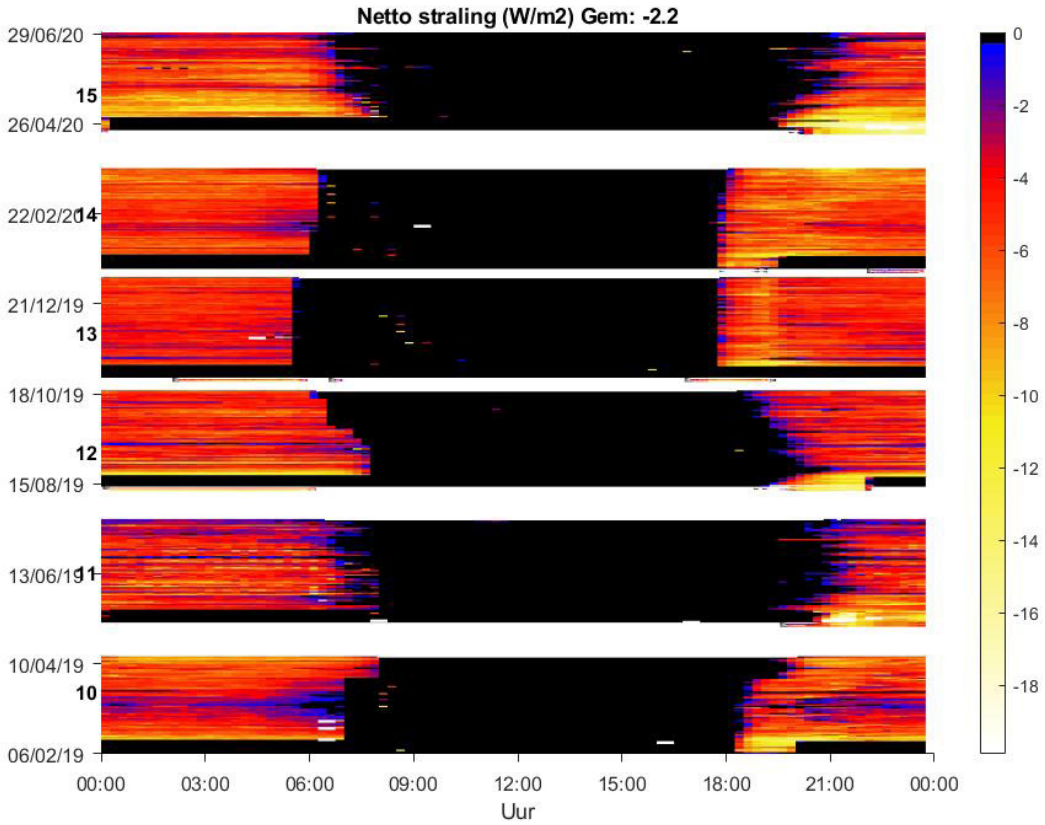


Figuur 27 *Cyclisch gemiddelde verloop van de CO_2 concentratie in de periode 7 maart tot 15 april gemeten op 3 hoogtes in vergelijking met de gemeten waarde van de meetbox.*

Uit het cyclisch gemiddelde blijkt dat de CO_2 boven het gewas en de meetbox een vrijwel gelijk verloop kennen. In het bovenste deel van het gewas is de CO_2 gemiddelde in de middag hoger. Onderin het gewas is de CO_2 concentratie gemiddeld ruim 200 ppm hoger dan de waarden van de klimaatcomputer.
Uit deze analyse blijkt dat de CO_2 tussen het gewas verhoogd wordt door de dosering via CO_2 darmen, die op het steungaas liggen. De analyse van het cyclisch verloop bevestigt wat al werd opgemerkt, dat in de nacht de CO_2 analyser in de kas het verloop meet dat ook door de sensor van de tuinbouwcomputer is gemeten. De waarde van de sensor van de tuinbouwcomputer kwam vrij goed overeen met die van de CO_2 analyser. Op het praktijkbedrijf is deze vorm van analyse ook uitgevoerd en daar werden de bevindingen bevestigd.

4.5 Netto straling

De netto stralingsmeter geeft aan dat de uitstraling van het gewas naar het kasdek ’s nachts meestal beperkt blijft tot 6-8 W/m^2. Wel valt op dat bij het begin van iedere teelt, de netto uitstraling wat hoger is. Dat komt doordat de verwarmingsbuizen (en de bodem) dan nog niet helemaal zijn afgedekt door verdampend (en dus afgekoeld) gewas. De netto stralingsmeter zegt dus meer over de temperatuur van de bodem, dan over de temperatuur van het schermdoek. Om de isolatiewaarde van de schermdoeken te bepalen, zijn dus andere meetmethoden nodig.
Wel toont de netto stralingsmeter aan dat het risico op afkoeling van het gewas, en daarmee condensatie op het gewas, gering is geweest.



Figuur 28 *Vijftienminutenoverzicht van de Netto straling (W/m²; alleen netto uitstraling weergegeven) bij DPC.*

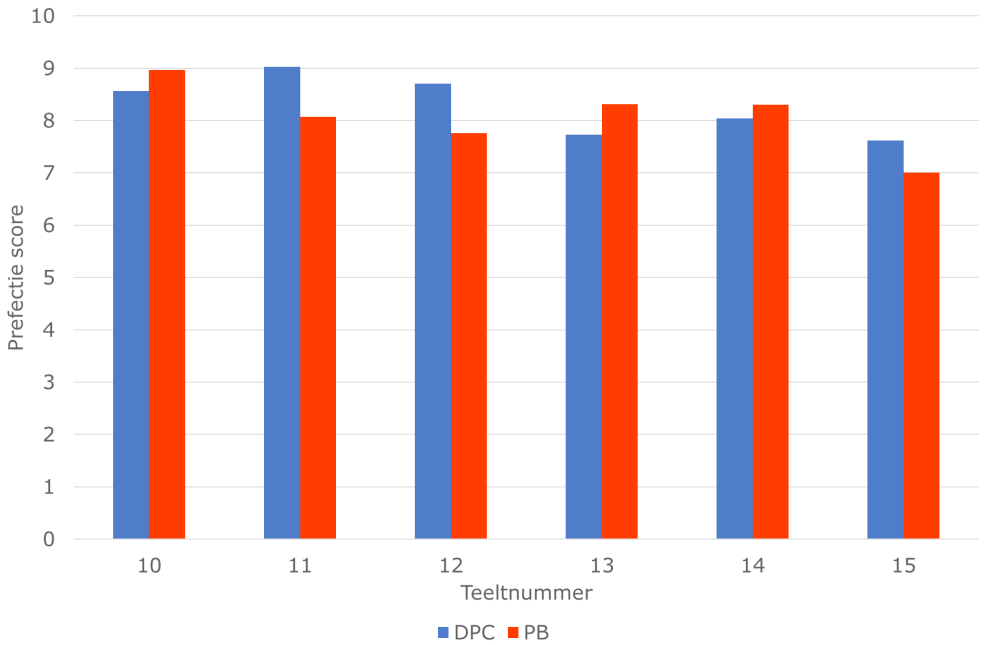
5 Gewasgroei en kwaliteit

5.1 Objectivering van de kwaliteit

De consultants van Delphy hebben een procedure opgesteld waarmee de kwaliteit van Baltica op een objectieve wijze kan worden gemeten en vastgelegd (zie voorbeeld in Bijlage 1). 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 29. Opvallend hierbij zijn de lage scores bij teelt 15. Deze zijn voor een groot deel te wijten aan een te vroege oogst, waardoor de score voor het aantal volgroeide knoppen tekortschoot.



Figuur 29 *Objectieve beoordeling van de bloemen bij DPC en PB.*

De perfectie score is gebaseerd op het aantal takken van een monster van 30 dat voldoet aan de gestelde minimum norm voor een kenmerk. Voor gewicht is daarnaast een criterium geformuleerd voor gemiddeld takgewicht ten opzichte van de norm en de spreiding van de gewichten.

Er zijn verschillen in perfectie scores tussen de teelten. Deze zijn vooral het gevolg van het aantal bloemen, de bloemgrootte en het aantal knoppen, de takgewichten en het wel of niet hebben van een gewenste groene pit in de bloem. Hiervan is vooral het hebben van voldoende grootte bloemen (>7cm) een factor die zwaar weegt in de beoordeling en daarmee in de totale perfectie score. Rijpheid bij oogst is daarom een belangrijke voorwaarde, want bloemen van meer da 7 cm zijn de riipe uitgegroeide bloemen.
Het praktijkbedrijf scoort in het algemeen lager op steelstevigheid. De takvorm is vrijwel geen probleem.
Takgewicht blijkt in teelt 13 voor DPC en in teelt 15 voor zowel DPC als PB een struikelblok. Takgewicht is daarbij gekoppeld aan rijpheid. Als er meer volgroeide bloemen zijn zal het takgewicht hoger zijn.
De uniformiteit van de takken, uitgedrukt in het verschil tussen zwaarste en lichtste tak blijkt per teelt ook sterk te kunnen wisselen, maar is in de totaal waardering voor perfectie een gering aandeel (0.5 punt).

Onderdeel van het project is het evalueren van de wijze van objectiveren van kwaliteit. Het systeem heeft in dat opzicht voldaan omdat de verschillen die ervaren worden nu in getallen zijn vastgelegd. Rijpheid en takgewicht vormen daarbij de basis voor de beoordeling.

Tabel 7

Perfectie scores voor een monster van 30 takken van De Perfecte Chrysant en een praktijkbedrijf voor de teelten 10 tot en met 15.

		DPC						PB					
Teelt		*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*
Eind scores Perfectie		**8.6**	**9.0**	**8.7**	**7.7**	**8.0**	**7.6**	**9.0**	**8.1**	**7.8**	**8.3**	**8.3**	**7.0**
Blok 1: Bloei/bloem eigenschappen	**Norm**												
# Bloeibare bloemen (min 5 cm)	5	67	90	67	63	97	47	93	90	87	86	77	50
# Volgroeide bloemen 7cm of meer	4	47	77	57	17	63	3	87	67	8	38	28	0
# Gekleurde knoppen	4	30	43	10	43	23	10	53	13	27	93	43	13
# Groene knoppen	1	100	7	93	100	100	47	60	3	93	93	100	100
Blok 2: Takopbouw/takvorm													
Lengte bovenste bloemsteel tot onderkant bloem	10 (max)	100	100	100	100	100	97	100	100	100	100	100	100
Aantal bladeren in bovenste 55 cm vd tak	18 (min)	100	100	100	100	100	97	100	100	100	100	100	100
Blok 3: Stevigheid													
Steelstevigheid doorbuiging in cm 60 cm vast	24 (max)	100	100	100	100	73	100	60	77	100	52	83	87
Blok 4 : gewichten													
Gewicht (gram) op 70 cm	90 (min)	80	83	87	40	67	83	80	77	87	76	83	67
gemiddelde/90		121	122	119	95	112	120	120	109	119	113	117	115
(max-min)/max	45%	85	86	88	93	91	100	94	145	93	84	73	80
Blok 5 : raseigen criteria													
Groene pit	4	97	100	100	100	0	100	100	0	0	100	100	33
goede bloemvorm	4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
gelijk bloemscherm	4	100	100	100	100	100	97	100	100	100	100	100	100

5.2 Ontwikkeling van een praktisch toepasbare methode voor het gedetailleerder volgen van de groei van de chrysant

Onderdeel van het project is het ontwikkelen van een praktisch uitvoerbare methode voor het gedetailleerd volgen van de groei en ontwikkeling van Chrysant, in dit project de cultivar Baltica. In de teelten 10 tot en met 15 is intensief de groei van de takken gevolgd. Daarvoor zijn bij begin korte dag en daarna op 1, 2, 4, 6 en 8 weken na begin KD en bij de eindoogst lengte, bladoppervlak en blad aantal van de takken gemeten. Verder vers- en drooggewicht van blad, stengel en bloem. Dit is gedaan voor DPC en voor een praktijkbedrijf met gelijke plantdatum. De dag dat gemeten werd is in de praktijk niet steeds een veelvoud van hele weken na KD geweest maar kon vanwege praktische invulling een of meer dagen van verschillen. Ook zijn niet alle metingen op alle momenten gedaan. Bijvoorbeeld bladoppervlak is in de laatste teelten niet meer gedaan bij de oogsten op 8 weken na begin korte dag en bij de eindoogst, omdat dit gegeven vastlag in de eerder ontwikkelde en uitgegroeide bladeren. Voor de verwerking van de gegevens is gewerkt met het aantal dagen na planten. De werkwijze van intensief meten is niet praktisch toepasbaar voor telers maar geeft het inzicht in de groei van de chrysant in de tijd en in verschillende teelten. De resultaten worden beschreven en besproken om daarbij een aanzet te geven voor een meer praktische toepassing. In de teelten 5-9, beschreven in Raaphorst *et al.* 2020, is een gedeelte van de intensieve waarnemingen gedaan daarom worden die resultaten in deze beschouwing mee genomen.

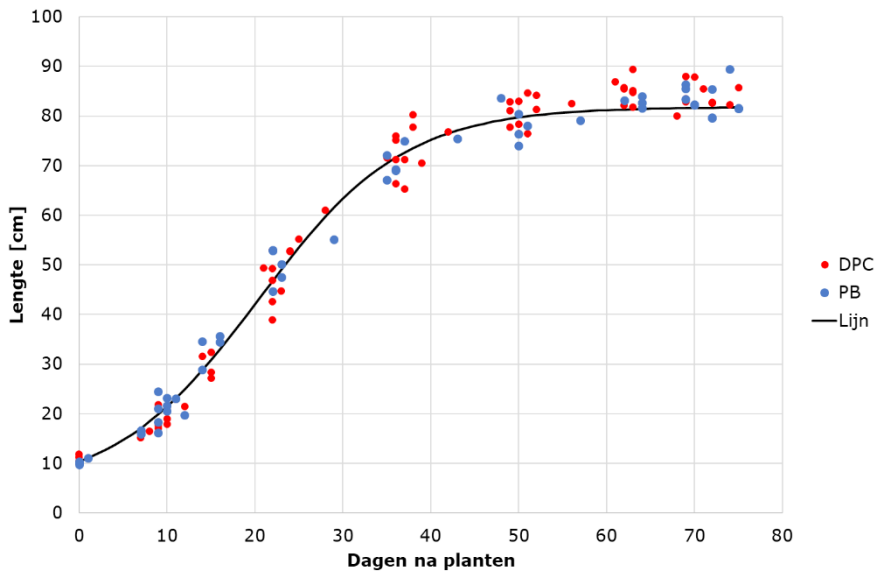
5.2.1 Resultaat en discussie intensieve metingen

5.2.1.1 Lengte

De lengte van de takken volgt in alle teelten vrij goed een S-curve die beschreven kan worden met een Richards curve (r^2>0.9).

$$Y(t) = A + \frac{K - A}{(C + e^{-B(t-M)})^{1/\nu}}$$

Hierin is A de asymptoot voor de start lengte, K de asymptoot voor de eindlengte, B de groeisnelheid, M het punt waar de groei maximaal is, v een buigparameter die aangeeft welk deel van de curve sneller verandert en t het aantal dagen na planten. Dit type curves wordt veel toegepast bij analyse van plantengroei. In de analyse van de detailwaarnemingen is deze waar mogelijk ook toegepast.

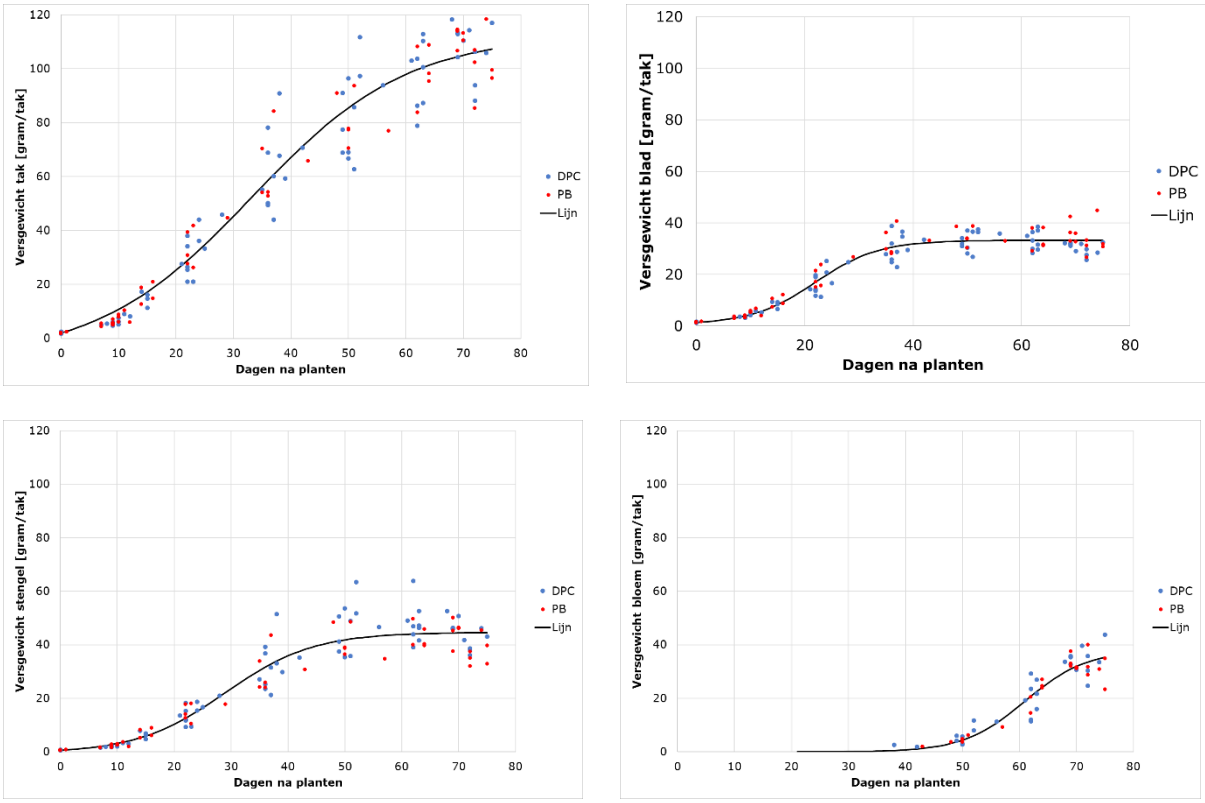


Figuur 30 *Gemiddelde lengte van de takken in de teelten 5-15 van het project De Perfecte Chrysant en een praktijk bedrijf met gelijke plantdatum.*

Dat de lengtegroei, ondanks de hoge r^2, niet helemaal adequaat met een Richards curve wordt beschreven is te zien in Figuur 30. Rond begin KD is de lengte gemiddeld iets lager dan de beschrijving van de curve en aan het eind kan de lengte iets meer toenemen dan de curve aangeeft. De belangrijkste fase van strekkingsgroei is tussen dag 10 en dag 40 na planten. Dat is ook de fase dat de lengtegroei sterk wordt gereguleerd door bespuitingen met remstof (Alar). De meting van de lengte geeft aan of de remstof bespuitingen effectief zijn toegepast en geeft geen beeld van de potentiele groei van het gewas. In de teelt is lengte meting al een standaard bepaling om de lengte groei te reguleren. De lengtegroei per dag is 10-15 dagen na planten 1.8 cm/dag, tussen 15-25 dagen na planten 2.3 cm/dag, tussen 25-30 dagen 2 cm/dag en van 31-40 dagen 1.2 cm/dag. Door sturen met remstof kan de lengtegroei heel nauwkeurig worden gereguleerd.

5.2.1.2 Versgewichten

Voor gewicht is het totale takgewicht te splitsen in blad- stengel en bloemgewicht (Figuur 31). Het totaal vers gewicht laat een grotere spreiding zien tussen de teelten.



Figuur 31 *Totaal versgewicht en de onderliggende waarden van blad- stengel en bloemgewicht in teelt 5-15 van het project De Perfecte Chrysant en een praktijk bedrijf met gelijke plantdatum.*

De onderliggende waarden van bladgewicht en stengel gewicht laten zien dat bladgewicht 40 dagen na planten de eindwaarde ongeveer heeft bereikt en daarna iets afneemt. Dit kan door meer breuk van bladeren bij de oogst en door afsterven van de oudste bladeren komen. Dat het bladgewicht en bladaantal 40 dagen na planten niet meer toeneemt is te verklaren uit het feit dat na het begin van de korte dag de plantontwikkeling omgezet wordt van vegetatief naar generatief.

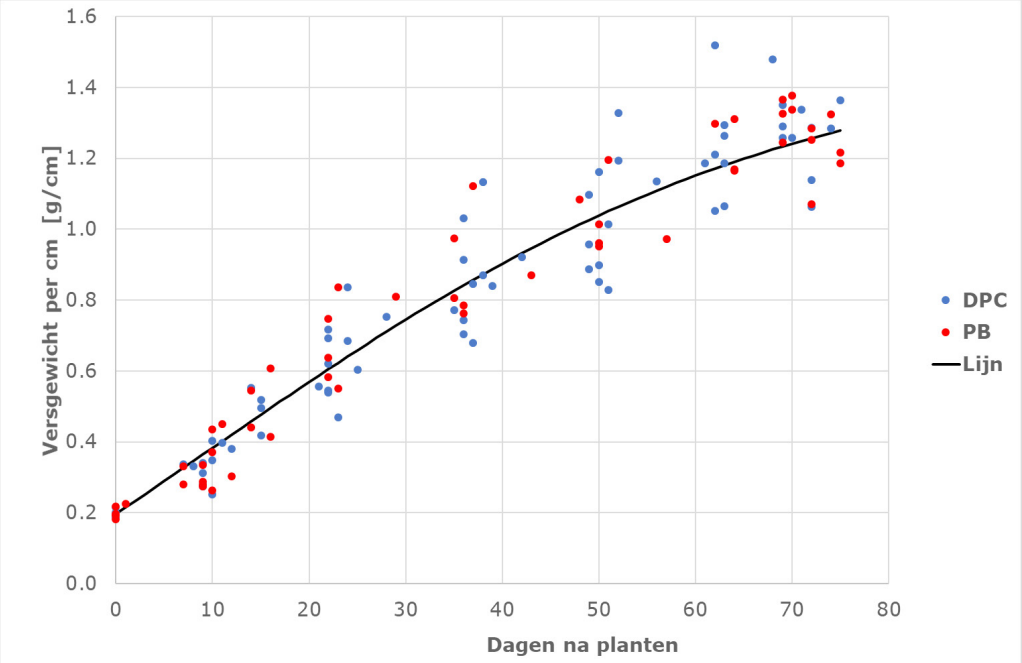
Het stengelgewicht neemt nog toe tot ongeveer dag 50 en vertoont tussen de teelten een vrij grootte spreiding. Blijkbaar is de stengel een vorm van reserve orgaan waarin de plant assimilaten vastlegt die wel zijn gemaakt maar niet nodig zijn voor het blad. Voor een praktische meting van groei in de tijd zou het stengelgewicht 50 dagen na planten een goede indicatie zijn voor de mate waarin het gewas is ontwikkeld. Vanaf dag 40 zijn er knoppen en bloemen te meten. Deze zijn in de periode daaraan voorafgaand al aangelegd, maar zijn nu zichtbaar en afzonderlijk te meten. De mate van groei van de bloemen tot ca 35 gram vormt aan het eind ca 1/3 deel van het takgewicht.

In het rapport over Chrysant in Balans (Van den Boogaart *et al.* 2019) constateren de onderzoekers dat rond dag 40 na planten de assimilaten vraag van het gewas relatief laag is, maar dat de dan gevormde assimilaten in de vorm van fructaan deels later weer door de plant kunnen worden benut. In de analyse van de groei in dit onderzoek komt naar voren dat een structureel zware stengel gunstig is voor het takgewicht aan het eind van de teelt. Dus niet alleen de reserve koolhydraten, maar ook de ontwikkeling van de stengel zelf is belangrijk en die is sterker als er voldoende assimilaten worden gevormd tussen dag 30 en 50 na planten. Dit is een aanvullend argument om in die periode niet op belichting te besparen.

Een ander aspect van de groei is dat de ontwikkeling van de knoppen en bloemen al start na het begin van de korte dag en dat er voldoende aanlegde bloemen moeten zijn om in de laatste fase van de teelt van dag 40 tot einde voldoende bloemen en knoppen groot te laten worden en te laten bijdragen aan het takgewicht.

5.2.1.3 Gewicht en lengte in de tijd.

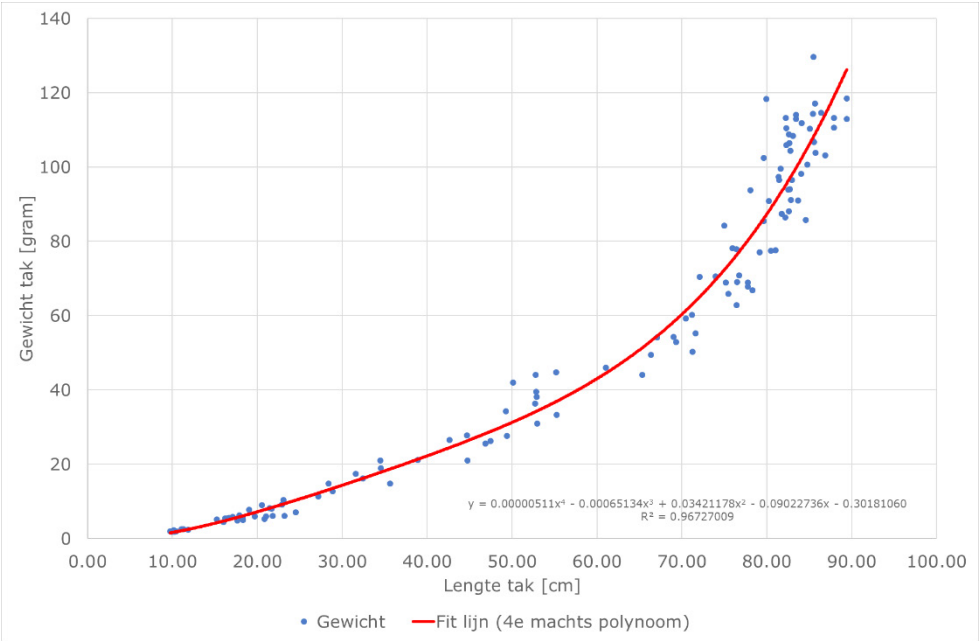
Voor een praktische toepassing is meting van het gewicht 50 dagen na planten een te laat moment in de teelt. Voor de ontwikkeling in de tijd kan gekeken worden naar de ontwikkeling van het gewicht/cm steel (Figuur 32). De lengtegroei wordt met remstof gestuurd maar bij de lengtegroei hoort een gewenst takgewicht.



Figuur 32 *Ontwikkeling van het gewicht/cm steel in de tijd voor teelt 5-15 van het project De Perfecte Chrysant en een praktijk bedrijf met gelijke plantdatum. (R2 > 0.95).*

Als bijvoorbeeld 20 dagen na planten het plantgewicht minder is dan 0.6 * de plantlengte dan is dat een indicatie voor een te lichte tak gegeven de leeftijd en lengte.

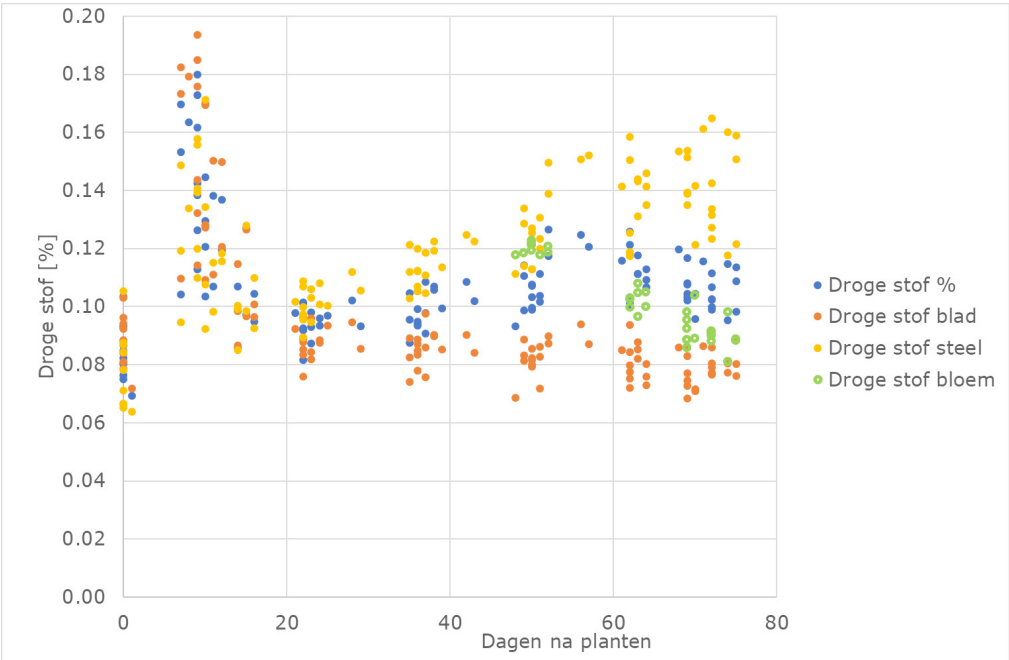
Het gewicht/cm is een maat die wordt afgeleid uit de lengte en het gewicht. Een directer aanduiding is het gewicht gegeven de lengte, en daarmee voor telers een beter handvat. In Figuur 33 is het gewicht uit gezet tegen de lengte van de tak. Daarin is te zien dat lengte een goede voorspeller van het gewicht van de tak kan zijn en dat een tak van 40 cm ongeveer 22.7 gram moet zijn. Aan het eind van de teelt neemt de lengte niet meer toe, maar het gewicht kan dan nog wel sterk stijgen. Dan is lengte een minder goede voorspeller van het gewicht, maar tot ca 60 cm lengte is er een praktisch bruikbaar verband tussen beide waarden.



Figuur 33 *Relatie tussen lengte van de tak en gewicht van de tak.*

5.2.1.4 Drogestof gehalte

Naast de versgewichten zijn drooggewichten gemeten. Voor een praktische toepassing is drooggewicht bepaling niet geschikt omdat er een droogstoof voor nodig is. Voor de analyse van de groei is het wel een relevante parameter omdat droge stof percentage een indicatie is voor de mate waarin koolhydraten, bijvoorbeeld in de steel, zijn vastgelegd (Figuur 4). Van planten naar begin korte dag neemt het droge stof percentage sterk toe en vertoont een grote variatie, mogelijk gekoppeld aan het moment van watergeven. Daarna tot 20 dagen neemt het droge stof percentage af om vervolgens weer iets toe te nemen. Deze toename is vooral het gevolg van een toename van droge stof in de stengel, terwijl het in het blad iets afneemt. De bloemen hebben in de eerste stadia van ontwikkeling rond dag 50 een droge stof gehalte dat vergelijkbaar is met de steel, dit neemt daarna af. Omdat het droge stof percentage geen vast gegeven is en omdat het praktisch lastig is te bepalen is dit niet geschikt voor praktijktoepassing in teelt registratie.



Figuur 34 *Droge stof % van een tak en van blad, steel en bloem in de tijd.*

5.2.1.5 LBE in de tijd

Bij de samenvatting van de teeltresultaten in paragraaf 2.2. is de lichtbenutting gegeven voor de hele tijd. Uit de gegevens van lichthoeveelheid en groei per week of twee weken kan ook de luchtbenutting in gram per mol over de voorgaande periodes worden betekend. Die is weergegeven in Figuur 35. Daarin is te zien dat de LBE in het begin van de teelt snel oploopt en daarna gemiddeld genomen daalt. Door variatie in de metingen kan vooral aan het eind van de teelt de LBE een duidelijk afwijkende waarde laten zien. Zo heeft het PB aan het eind van teelt 13 en 14 een opmerkelijk hoge LBE. Terwijl in teelt 15 DPC bij de laatste meting juist een negatieve LBE heeft. Dat wil zeggen het gemiddelde takgewicht in tussen de een na laatste en laatste meting iets gedaald. Uit de detailmetingen komt naar voren dat er bij de oogst van die teelt bij DPC relatief veel blad is verloren.
Daling van de lichtbenutting, die berekend wordt over de toename van het versgewicht, kan het gevolg zijn van meer onderhoudsademhaling van de grotere planten. De fotosynthese efficientie van het blad hoeft niet af te nemen, maar de plant heeft meer assimilaten nodig voor het onderhouden van alle gewasdelen, ook van de bladeren die onderin het gewas zitten en vrijwel geen licht meer ontvangen.

Als voor alle teelten de versgewichten uitgezet worden tegen de door de plant opgevangen hoeveelheid licht in mol PAR, dan blijkt dat de lichtbenutting tot een lichtsom, vanaf de start teelt, van ca 6 mol PAR toeneemt en daarna weer gaat afnemen. De spreiding in deze waarnemingen is echter vrij groot. Het gegeven dat de lichtbenutting tot ca 6 mol PAR toeneemt is ook te zien in de lijnen van Figuur 35, omdat de LBE tot ca 5 weken na planten toeneemt. Hierbij hoort dan nog wel de kanttekening dat bij de start van de teelt de plant energie in wortelvorming steekt wat in deze analyse niet wordt meegenomen omdat de wortels niet afzonderlijk kunnen worden gemeten.

De variatie in LBE in de tijd is zodanig dat hier moeilijk conclusies aan zijn te verbinden.

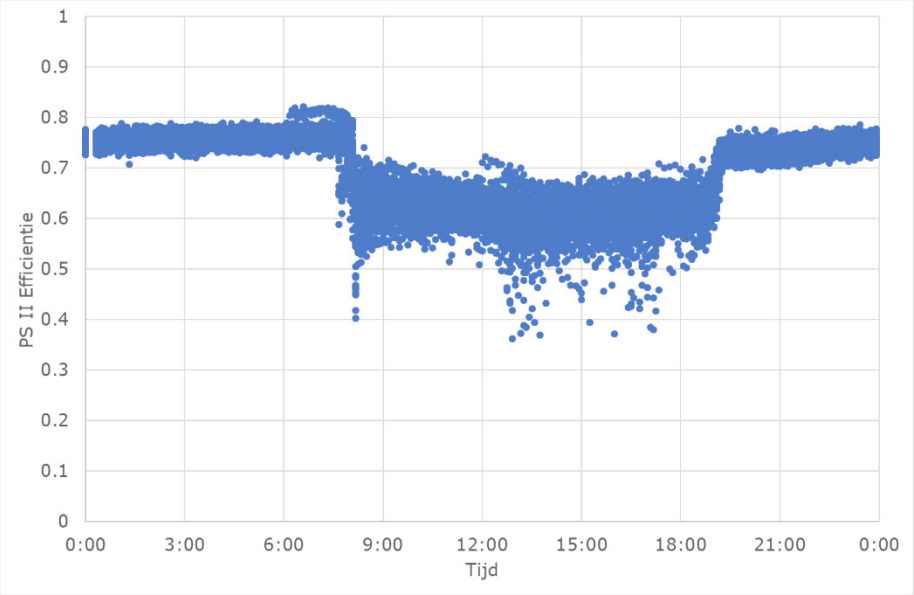
Figuur 35 LBE per periode voor de teelten 10-15. Op de Y as staat de LBE versgewicht in gram per mol. Op de x as de tijd in dagen na start van een teelt. De waarden zijn de LBE getallen over de periode tussen de meetmomenten.

5.2.1.6 Praktische toepassing.

De gedetailleerd metingen laten voor een praktijktoepassing zien dat de lengtegroei zoals al wordt toegepast een prima basis vormt. Als daarnaast het takgewicht van een monster van takken wordt genomen kan het gewicht/cm steel gerelateerd aan het aantal dagen na planten een indicatie zijn of de groei voldoende zwaar is. Een andere maat is het takgewicht gegeven de lengte van de tak (Figuur 33). Tussen dag 30 en dag 50 na planten moet vooral de steel in gewicht toenemen. Dit is gevonden in dit onderzoek met Baltica. Voor andere cultivars zullen de momenten iets verschillen, de verwachting is dat de groeikarakteristiek voor andere cultivars vergelijkbaar zal zijn.

5.3 Cropobserver

Tijdens teelt 11 is getracht met een Cropobserver door meting van de efficiëntie van PS II te bepalen wanneer het gewas stress ondervindt. Bij stress is de efficiëntie laag. Constante stress is niet aangetoond (Figuur 36). Overigens betekent dat niet dat de fotosynthese altijd optimaal is geweest. Als de planten het aangeboden licht niet goed kunnen verwerken zou er een hogere fluorescentie te meten zijn. In feite was dit alleen te zien direct bij het begin van de lichtperiode. Dan moet de fotosynthese op gang komen en was de verwerking van licht door photosysteem II nog onvoldoende. Een moeilijkheid met de Cropobserver in chrysant is dat deze te ver boven het gewas moet hangen om goede metingen te doen. Dit heeft met twee punten te maken: de Cropobserver kan niet onder de assimilatie lampen hangen in verband met schaduw effecten en de Cropobserver hangt bij lagere plaatsing in de baan van de spuitboom. Voor chrysant heeft de toepassing van de Cropobserver geen toegevoegde waarde opgeleverd.
De Cropobserver kan bij geschikte toepassing een maat geven voor bladbedekking en de lengteontwikkeling van het gewas, dit was door de te grote meetafstand niet mogelijk.



Figuur 36 *Efficiëntie PS II gemeten per 5 minuten tussen 1 juni en 19 juli 2019.*

6 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 in de kas toch altijd lang stilstonden bij de proefvelden van de overige cultivars.

Naast de cultivar Baltica zijn telkens 4 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 8). Uit de Tabel blijkt dat vooral bij teelten 12 en 13 de bladproblemen het grootst waren. Bij teelt 13 wijken het energiegebruik en buistemperatuur van het ondernet maar weinig af van de praktijkbedrijven. Het blijft daarmee de vraag in welke mate de minimum temperatuur van het ondernet essentieel is voor de bladkwaliteit.
Andere kenmerken die waargenomen zijn aan de overige cultivars zijn takgewicht en reactietijd.
Een ras als Chic is in alle teelten te lang geworden omdat dit ras eerder in de korte dag kan en mogelijk meer geremd had moeten worden.

In zowel teelt 13 als teelt 15 waren er duidelijke verschillen tussen de linker tralie van de kas en de rechter tralie.
Alle rassen kwamen onder full led goed tot bloei. Bij teelt 13 met bloei in januari was de reactietijd wel enkele dagen langer dan bij de andere teelten. Zowel de mate van bruinblad als de langere reactietijd laten zien dat de teelt van eind oktober tot begin januari plaatsvindt onder de moeilijkste omstandigheden. De LBE is dan wel relatief hoog, maar dat komt niet door de betere groei maar door de lagere lichtsom.

Tabel 8

Gegevens van de andere cultivars tijdens de teelten 10 t/m 15.

	Teelt	Reactietijd	Lengte	Bruin blad	Gewicht	Gewicht	LBE	LBE	Lichtsom	Opmerkingen
						70 cm		op 70cm	PAR	
		[dagen]	[cm]	[cm]	[g]	[g]	[gr/mol]	[gr/mol]	[mol/m²]	
Chic	10	52	97	15		99		5.3	1079	mooie bloem goed bloemscherm, mate bruin blad geen probleem bij 70 cm boslengte
Chic	11	51	101	22	118	96	4.8	3.9	1541	te lang
Chic	12	51	99	23	116	85	6.2	4.6	1116	te lang
Chic	13	56	92/83	25	92	80	7.0	6.1	783	veel lengteverschil tussen linker en rechterkant, Blad onderste 25cm heel slecht: nog vochtig verrot blad.Holle stelen tot 20 cm onder de kop hol, hierboven massief.
Chic	14	53	86/90	17	94	78	6.8	5.6	830	Nieuwe stam
Chic	15	52	102	20	115	88	4.4	3.4	1559	
Pina Colada	13	59	85/81		102	85	7.5	6.3	813	Onderste bladeren vergeeld/bruin kleurend. Wel droog. Steelstevigheid is goed. Wel holle stelen, maar niet breekbaar. Holle stelen tot 20 cm onder de kop hol, hierboven massief.
Pina Colada	14	56	83	8	102	87	6.7	5.7	920	
Pina Colada	15	56	90	0	124	104	4.6	3.9	1621	
Romance	10	59	90	20		100		4.7	1244	
Romance	11	56	91	9	105	88	4.1	3.4	1614	
Romance	12	57	80	7	108	92	5.6	4.7	1166	rechter veld minder bruin blad
Romance	13	63	89/83	25	92	78	6.5	5.5	853	veel lengteverschil tussen linker en rechterkant, Blad onderste 25cm heel slecht: nog vochtig verrot blad.
Romance	14	59	86	13	103	85	6.3	5.2	974	
Romance	15	58	92	15	100	81	3.6	2.9	1651	

	Teelt	Reactietijd	Lengte	Bruin blad	Gewicht	Gewicht	LBE	LBE	Lichtsom	Opmerkingen
						70 cm		op 70cm	PAR	
		[dagen]	[cm]	[cm]	[g]	[g]	[gr/mol]	[gr/mol]	[mol/m²]	
Woodpecker	10	54	95	19		110		5.7	1121	zware en stevige takken, met vooral een opvallend dikke ondersteel, mate bruin blad geen probleem bij 70 cm boslengte, knopperig in bloemscherm maar geen negatief effect op sierwaarde
Woodpecker	11	52	92	8	106	101	4.3	4.1	1555	
Woodpecker	12	53	89	33	117	103	6.2	5.5	1133	veel bruin blad
Zembla	10	58	86	12		107		5.1	1219	
Zembla	11	55	90	10	115	101	4.5	3.9	1600	
Zembla	12	57	80	5	113	103	5.8	5.3	1166	rechter veld minder bruin blad
Zembla	13	64	85		94	83	6.5	5.8	863	
Zembla	14	59	85	17	101	91	6.2	5.6	974	

7 Evaluatie doelstellingen

Het project is opgezet met vijf doelstellingen. In dit hoofdstuk wordt hierbij stilgestaan. In de voorgaande hoofdstukken is al ingegaan op veel onderliggende facetten en leerpunten. Die worden hier niet uitvoerig herhaald.

1. Uitvoeren van een perfecte chrysantenteelt onder een hogere belichtingsintensiteit met full LED bij een gelijkblijvende of hogere lichtbenuttingsefficiëntie (LBE) dan bij SON-T. Als referentiewaarden dienen de gegevens van het project De Perfecte Chrysant en die van een referentiebedrijf.

Het uitvoeren van een goede chrysanten teelt begint met een goede bodemstructuur en grondbewerking. Dat aandachtspunt kwam in elke teeltcyclus terug. Rekening houdend met de ervaringen van de eerdere teelten in het onderzoek naar de Perfecte Chrysant is in april 2019 organisch materiaal aan de bodem toegevoegd door een laag van 10 cm compost door de bodem te werken. Dit heeft geleid tot een betere structuur van de grond zodat er minder grove delen zijn en bij het planten een uniformere aansluiting van de perspot op de bodem is. Daarbij moet wel de grondbewerking zorgvuldig gedaan worden, dit was bij de start van de laatste teelt minder goed gegaan en dat leidde tot een mindere weggroei. Na het toedienen van de compost was er duidelijk minder discussie over de bodem.
Doelstelling was een LBE die gelijk of beter was dan SON-T. Dat is in de verschillende teelten gerealiseerd (zie 2.4). Dit is de LBE over een gehele teelt. De LBE is echter geen constante waarde in een teelt. De LBE is in het begin laag en neemt tot ca 35 dagen na planten toe en daarna weer af. Dat komt overeen met de periode dat blad en stengel toenemen in gewicht. Daarna nemen die minder sterk toe en gaat de gewichtstoename vooral via groei van de bloemen die sterk is aan het eind van de teelt. Dit is te zien bij zowel DPC als het praktijkbedrijf. Bij DPC was de stengel in de regel zwaarder dan bij het praktijkbedrijf. Het toevoegen van compost heeft daar geen invloed op gehad en dat wat ook niet het doel van het toevoegen van organisch materiaal en zand aan de bodem.
Als alleen naar teelt 13 en 14 wordt gekeken, teelten waarin relatief veel kunstlicht wordt gebruikt, is de constatering dat de LBE van het praktijkbedrijf met SON-T hoger was dan van DPC. Het praktijk bedrijf had in die teelten een opmerkelijk hoge LBE. Bij lage lichtsommen per teelt en met een lage plantdichtheid is de LBE hoger dan bij hoge lichtsommen en hogere plantdichtheid. De LBE blijkt niet een constante waarde te hebben, maar afhankelijk te zijn van de lichtintensiteit. Bij weinig licht gaat de plant efficiënter om met het gegeven licht. In de toelichting bij Figuur 5 is besproken dat de LBE in de winter van 2019-2020 in teelt 13 en 14 minder was dan in eerdere teelten, maar dat dit mogelijk gekoppeld is aan de hoger lichtsom die de plant krijgt. Bij hogere geïnstalleerde vermogens aan belichting zal de LBE niet toenemen maar eerder iets dalen wat het rendement van de belichting lager zal maken. Er zal een optimum zijn voor geïnstalleerd vermogen en rendement. De plantdichtheid kan niet evenredig aan de verhoogde lichtintensiteit worden verhoogd. In teelt 13 was het gemiddeld takgewicht te laag voor de doelstelling van een perfecte chrysant. In het onderzoek in de winter 2020-2021 zal daarom met meerdere plantdichtheden gewerkt worden.
Een tweede denkrichting voor verbetering van de groei is dat met LED de ruimtetemperatuur hoger zal moeten zijn dan met SON-T om de gewastemperatuur hoger te krijgen en daarmee de groei te bevorderen.

2. Productie van uniforme kwaliteit chrysanten, die voldoen aan de eisen van een perfecte chrysant.

De uniformiteit van het gewas was tijdens de bijeenkomsten van de BCO steeds een punt van discussie. Visueel werd beoordeeld dat er vaak relatief veel kleine en lichte takken in het gewas stonden. Bij de eindmeting door Wageningen UR werd gemiddeld een iets grotere standaard afwijking gevonden dan bij het praktijkbedrijf. In de loop van de tijd neemt de standaard afwijking met het toenemen van het gemiddelde gewicht wel toe.
Bij de eindbeoordeling volgens het protocol dat Delphy heeft opgesteld, dat gebaseerd is op het voldoen aan minimum kwaliteitseisen, werd niet geconstateerd dat er relatief meer takken onder de maat van goede kwaliteit scoren. De verschillen tussen teelten zijn groter dan die binnen een teelt.
De uniformiteit bij de perfecte chrysant was zeker niet beter dan van het praktijkbedrijf. Het verminderen van het aantal lichte en kleine takken zou voor de chrysantenteelt een verbetering betekenen. Ook de uniformiteit van de takken zou beter mogen zijn.
Naast uniformiteit zijn er bij de productie nog twee elementen die belangrijk zijn. De teeltduur mag niet lager

worden en de bladkwaliteit moet goed blijven. In dit onderzoek blijkt dat het telen onder full Led een negatief of positief effect op de reactietijd bij Baltica had. Bladkwaliteit is geen probleem voor het hoofdras Baltica. Bij een bladgevoelig ras als Chic kwamen wel bladproblemen voor, maar mogelijk zijn die met een meer op dat ras afgestemde teeltstrategie te voorkomen.

3. Het objectiveren van de kwaliteit van de chrysant. Monitoren van de groei van de plant gedurende de gehele teelt. Ontwikkeling van een praktisch toepasbare methode voor het gedetailleerder volgen van de groei van de chrysant.

De derde doelstelling zijn er feitelijk twee.
De eerste doelstelling is het objectiveren van de kwaliteit. Dit is gedaan door een score te geven aan het aantal takken uit een monster van 30 dat voor een aspect van kwaliteit aan een minimum waarde voldoet (zie paragraaf 5.1). De werkwijze liet zien dat oogstmoment zich uitend in rijpheid van de bloemen en oogstgewicht daarin een belangrijke invloed heeft. Bij Baltica is daarnaast steelstevigheid en de mate waarin het hart als groen werd beoordeeld van invloed op de perfectie.
De tweede doelstelling was het meer in detail volgen van groei en ontwikkeling. Naast lengtegroei zoals dat standaard wordt toegepast is de verhouding gewicht/lengte een indicatie of de tak naar het juiste gewicht toe ontwikkeld. De verhouding gewicht/lengte neemt in de loop van de teelt toe maar als een partij takken zich gemiddeld rond deze lijn ontwikkelt terwijl de lengte de normale groei heeft, mag verwacht worden dat de tak het juiste eindgewicht zal halen (zie 5.2.1.3).

4. Beheersing van de luchtvochtigheid door het inblazen van droge buitenlucht met eventueel actieve ontvochtiging met een warmtepomp waarbij de geoogste warmte op dagbasis wordt benut om de kas te verwarmen. De aanvullend benodigde warmtevraag gaat in deze benadering naar minder dan 5 m^3 aan aardgas per m^2 kas. Voor de warmtepomp is 35 kWh/m^2 aan elektra nodig.

Het kasklimaat was goed te sturen met het AVS systeem, de verneveling en het gaas in de luchtramen. Het was niet mogelijk om op dagbasis de energiebalans neutraal te houden (zie paragraaf 3.2.1). De energiebalans is op dag of weekbasis niet neutraal. In de winter is er extra warmte nodig en in de zomer is er warmte over door het systeem van ontvochtigen. Wel is de warmte input duidelijk lager dan het PB door het niet gebruiken van een minimum buis. In de 6 teelten van deze proef is 6.2 m^3/m^2 ketelwarmte nodig geweest en 37 kWh/m^2 aan elektriciteit voor de warmtepomp. Dit komt vrij goed overeen met de doelstellingen.

5. Het demonstreren van het effect op het kasklimaat van insectengaas met een maaswijdte dat geschikt is voor het tegenhouden van grotere insecten in de luchtramen in combinatie met verneveling.

In hoofdstuk 2 is ingegaan op het kasklimaat en de ventilatie regeling. In het onderzoek werden geen problemen met een te hoge temperatuur of te geringe ventilatie capaciteit gezien. Aan deze doelstelling is goed voldaan. Er werden in de teelt geen wantsen of rupsen waargenomen en in dat opzicht heeft het insecten gaas voldaan. Plagen die zoals te verwachten was wel voorkomen ondanks het gaas zijn trips, spint en luis. Deze konden of biologisch of met chemie worden bestreden.

Algemene evaluatie
De proeven in dit project hebben bijgedragen aan het beter begrijpen hoe we een perfecte chrysant met minder energie input kunnen telen. Voor de winter is de belangrijkste uitdaging wat de beste combinatie is van plantdichtheid bij toepassing van LED. Daarnaast moet bij de toepassing van LED de ruimtetemperatuur hoger zijn dan bij toepassing van SON-T belichting. Dat zijn dan ook de belangrijkste uitdagingen voor het vervolg onderzoek.
De teelten in na- en voorjaar hebben laten zien dat telen onder 100% LED goede resultaten kan geven.

8 Literatuur

Arkesteijn, M. (2019)
Chrysant en alstroemeria reageren verschillend op lichtrecepten: onderzoek biedt snel inzicht in effect van lichtspectra: *Onder glas 16 (4): 47 - 49*, 2019.

van den Boogaart, S.A.J., Hogewoning, S.W., Muilwijk, R., Trouwborst, G., Rappoldt, C. en Schapendonk, A. (2019)
Chrysant in balans, Plant Lighting, Bunnik.

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 Voorbeeld objectieve kwaliteitsmeting

Datum:	**8-1-2020 wk 2-3**	Perfectiescore					**7.7**								
Monsteraanduiding:		DPC alle 30 takken teelt 13													
	beoordeeld op RT 60 dagen	**pl 44-2 KD 45-4 meetdag 2-3 (62 dagen) = 1 dag te vroeg**													
	taknummer	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**30**	gemiddelde	**norm**		% voldoet aan norm	weging in blok	score blok	weging van blok
Blok 1: Bloei/bloem eigenschappen															
# Bloeibare bloemen (min 5 cm)		**5**	**4**	**4**	**5**	**4**	**4**	**5**	**4.7**	**5**		**63%**	40%		
# Volgroeide bloemen 7cm of meer		**3**	**3**	**3**	**4**	**1**	**0**	**2**	**2.5**	**4**		**17%**	40%		
# Gekleurde knoppen		**4**	**4**	**4**	**3**	**3**	**4**	**3**	**3.4**	**4**		**43%**	10%		
# Groene knoppen		**2**	**4**	**2**	**4**	**6**	**4**	**4**	**3.8**	**1**		**100%**	10%	**46%**	30%
Blok 2: Takopbouw/takvorm															
Lengte bovenste bloemsteel tot onderkant bloem		**7**	**7**	**6**	**6**	**6**	**6**	**7**	**6.7**	**10**	**maximaa**	**100%**	80%		
Aantal bladeren in bovenste 55 cm vd tak		**22**	**22**	**21**	**22**	**21**	**21**	**21**	**21.5**	**18**	**minimaal**	**100%**	20%	**100%**	20%
Blok 3: Stevigheid															
Steelstevigheid doorbuiging in cm 60 cm vast		**15**	**10**	**15**	**16**	**15**	**18**	**15**	**15.9**	**25**	**maximaa**	**100%**	100%	**100%**	10%
Blok 4 : gewichten															
Gewicht (gram) op 70 cm		**74**	**96**	**74**	**89**	**73**	**64**	**77**	**85.5**	**90**	**minimaal**	**40%**	50%		
	12.9						**gemiddelde tov norm**			95%		**95%**	25%		
							Verschil min - max		49%	45%	**maximaal**	**93%**	25%	**67%**	20%
gewicht totaal, vanaf potje		80	106	82	100	84	72	85	95.9						
		93%	91%	90%	89%	87%	89%	91%	89%						
Blok 5 : raseigen criteria															
(per ras verschillend)					**1 = kan veel beter 5 = heel goed**										
Baltica	**Groene pit**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4.0**	**4**		**100%**	33%		
Baltica	**goede bloemvorm**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4.0**	**4**		**100%**	33%		
Baltica	**gelijk bloemscherm**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5.0**	**4**		**100%**	33%	**100%**	20%
Opmerkingen															

Bijlage 2 Grondmonsters

Resultaten van de grondmonstermetingen tijdens teelt 10 t/m 15.

Datum	Teelt	EC	pH	NH_4	K	Na	Ca	Mg	Si	NO_3	Cl	SO_4	HCO_3	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
02-06-2020	15	0.94	7	< 0.1	2.9	0.4	1.8	0.9	0.4	3.6	1	1.2	0.6	0.21	5.3	0.1	0.7	20	0.3	0.33
28-04-2020	15	1.1	7	< 0.1	3.3	0.4	2.3	1.1	0.4	5.3	1.2	1.6	0.6	0.19	8.2	< 0.1	1.6	17	0.3	0.31
18-02-2020	14	0.82	7.2	< 0.1	2.8	0.4	1.5	0.7	0.5	3.2	0.7	1.2	0.6	0.21	10.9	< 0.1	0.7	20	0.4	0.32
21-01-2020	14	0.81	7.2	< 0.1	2.8	0.4	1.4	0.7	0.4	3.2	0.7	1.1	0.7	0.21	11.9	< 0.1	0.8	18	0.3	0.25
05-12-2019	13	0.76	7.1	< 0.1	2.9	0.4	1.3	0.6	0.5	2.7	0.6	1.1	0.6	0.24	15.5	< 0.1	1.1	24	0.5	0.28
12-11-2019	13	0.99	7.1	< 0.1	3.8	0.6	1.6	0.7	0.4	4.2	0.6	1.4	0.6	0.21	15.1	< 0.1	1.9	28	0.5	0.26
01-10-2019	12	1	7.1	< 0.1	3.8	0.6	1.9	0.9	0.4	4.5	0.6	1.7	0.6	0.21	14.4	< 0.1	3.2	27	0.5	0.29
11-09-2019	12	0.94	7.1	< 0.1	3.8	0.5	1.7	0.8	0.5	4.4	0.3	1.4	0.6	0.28	8.4	3.4	1.9	33	0.5	0.61
05-09-2019	12	0.79	7	0.1	3.3	0.5	1.4	0.6	0.4	3	0.3	0.2	0.6	0.3	7.1	2.4	1.5	26	0.3	0.52
21-08-2019	12	0.73	7.4	0.5	3.2	0.4	0.9	0.4	0.3	1.8	0.4	1.1	1.5	0.2	10.2	7	2.6	24	0.5	1
04-07-2019	11	0.56	7.1	< 0.1	2.3	0.3	0.8	0.4	0.3	1.5	0.2	0.8	1.9	0.25	5.3	< 0.1	0.5	21	0.3	0.28
05-03-2019	10	0.69	6.9	< 0.1	1.8	0.3	1.5	0.6	0.4	3.3	0.2	0.7	0.6	0.5	6.7	< 0.1	0.3	17	0.3	0.26

Bijlage 3 Principe van de actieve ontvochting

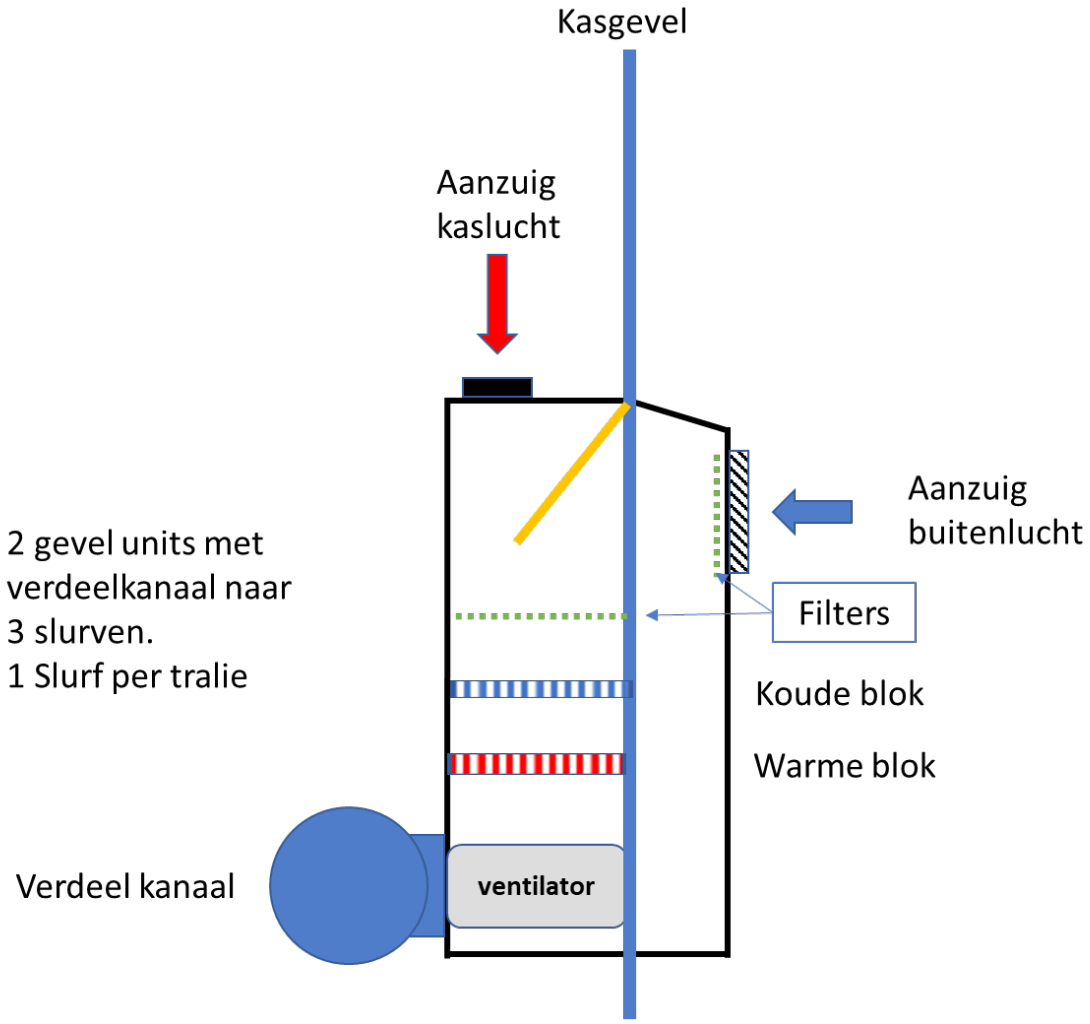
Een gesprekspunt in bij de sturing van de teelt en in de begeleidingscommissie is geweest de werking van het systeem van actieve ontvochting. In deze bijlage wordt aan de hand van foto's en een schema een uitleg gegeven over dit systeem. De actieve ontvochtiging wordt geregeld via een AVS-C systeem van Van Dijk Heating.

De AVS-C unit in de buitengevel en in de kas. In de kas eveneens zichtbaar het verdeelkanaal en de standpijp voor de luchtslurven.
In de gevel van afdeling 5 zijn twee units gemonteerd. Deze zijn ongeveer 2 meter hoog en zitten onder de eerste gording in de gevel. Consequentie dat de onderste 2 meter van de gevel continu verduisterd zijn omdat er geen aanpassingen in het verduisteringsscherm gemaakt zijn. Bij praktijk toepassing zou dat een aandachtspunt zijn.
De twee units zijn verbonden met een verdeelkanaal waarop doormiddel van staande pijpen de dire slurven worden voorzien van lucht. De slurven hangen ongeveer in het midden van de tralie, de positie is afhankelijk van andere constructie delen zoals de LED balken, de hoge druk nevel, de regenleiding en de verwarming die als monorail functioneert. Bij het ontwerpen van een kas moet goed met de afstemming van de onderdelen rekening worden gehouden.

De twee units hebben onderin ventilatoren die de lucht het verdeelkanaal in blazen. De lucht die wordt ingeblazen is zonodig met een warmte blok op de gewenste temperatuur gebracht. Het warmteblok zit na het koude blok dat zorgt voor ontvochtiging van de lucht door deze onder de dauwpuntstemperatuur te brengen. Als wel ontvochtiging gewenst is maar geen koeling van de kas kan met het warmteblok de lucht weer op de gewenste temperatuur worden gebracht en deze lucht is dan droger dan de lucht die werd aangezogen. De aanzuiging kan komen uit de kas of van buiten. Dit wordt middels een klep geregeld. Als de lucht van buiten komt zal deze in de regel droger zijn dan de kaslucht en zal niet sterk worden ontvochtigd maar wel zonodig opgewarmd. De lucht die van buitenaangezogen wordt moet de kas via kiertjes en luchtramen weer verlaten. De kas komt in feite onder een heel geringe overdruk te staan. Als de lucht uit de kas komt (recirculatie) is deze in de regel warmer en vochtiger en kan het koude blok worden ontvochtigd. De warmte die daarbij vrijkomt kan in een buffer worden opgeslagen om s nachts of binnen enkele dagen weer te worden gebruikt. Om koud water te maken voor het koude blok is een warmtepomp nodig. De warmte pomp geeft de onttrokken warmte af aan het water in de buffer.

Bij de sturing van de AVS moeten de volgende keuzes worden gemaakt:

- Welk vermogen wordt gebruikt om de lucht de kas in te blazen, maximaal kan 12 m^3/m^2.uur worden verplaatst maar de ventilator kan terug tot ca 4 m^3/m^2.uur.
- Is de regeling gericht op vocht sturing of op koeling. De installatie is niet primair aangeschaft om de kas temperatuur te verlagen maar het kan er wel mee.
- Bij vochtregeling is de keuze tussen buitenlucht of recirculatie of van beide een deel.
- Bij koeling is even eens de keuze tussen buitenlucht of afkoelen van kaslucht.
- Een randvoorwaarde bij de regelingen is dat de hoeveelheid warmte die wordt geoogst binnen een tijdsperiode van 3 dagen nuttig gebruikt moet kunnen worden. Als er teveel warmte wordt verzameld zal een periode ontstaan waarin warmte moet worden vernietigd of de vocht en koelregeling niet kan worden gebruikt. Het ideaal is als voor alle keuzes er een automatisch beslissing kan worden genomen, die is er nog niet en ook in dit project nog niet ontwikkeld.



Bijlage 4 Communicatie

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

Er zijn 5 bijeenkomsten geweest van een grotere BCO waar de resultaten van de teelten zijn gepresenteerd op 8 mei, 21 augustus 2019 en 13 november 2019 en op 22 april en 15 juli 2020. De laatste twee bijeenkomsten waren videomeetings, omdat fysiek bij elkaar komen niet kon. De powerpoint presentaties die tijdens deze bijeenkomsten zijn gebruikt zijn gedeeld via Glastuinbouw Nederland

Presentatie op informatie middag Delphy op 7 januari 2020 met bezoek aan de kas.
De kas was onderdeel van de rondleiding bij Delphy op het LichtEvent op 12 februari 2020.

In Vakblad voor de Bloemisterij
2019 (20) 34. Proefkas is aangepast met insectengaas en een systeem voor actieve ontvochtiging.
2020 (4) 34. Takgewicht van 90 gram hebben we net niet gerealiseerd. Blad en bloeitijd waren goed.
2020 (33/34) 43. Na elke teelt is wel iets te vinden waar het beter kan.

In Onder Glas
2019 (12) 45. Derde teelt "Met LED naar de perfecte Chrysant". Hoog lichtniveau met 100% LED moet wel voldoende rendement geven.
2020 (6/7) 14-15. Belichtingsseizoen "Met Led naar de perfecte Chrysant" Goede resultaten met 100% LED's, maar we moeten nog veel leren.

Weblogs Kas als Energiebron en Glastuinbouw Nederland

15 mei 2019 https://www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/eerste-teeltronde-met-led-naar-een-perfecte-chrysant/
26 september 2019 https://www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/met-led-belichting-naar-een-perfecte-chrysant/
29 april 2020 https://www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/chrysant-onder-led-niet-trager-in-bloei-maar-groeisnelheid-in-winter-moet-beter/
23 juli 2020 https://www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/elke-teelt-een-uitdaging-om-perfecte-chrysant-te-realiseren/
Website Wageningen UR
https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/plant-research/glastuinbouw/show-glas/Geen-bloeivertraging-in-chrysant-door-belichten-met-LED.htm

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

Rapport WPR-988

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, 5.000 medewerkers en 12.000 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.