



# 'Grip op licht' bij Phalaenopsis

Meer energie besparing bij Het Nieuwe Telen Potplanten met meer natuurlijk, diffuus licht en verbeterde monitoring

Filip van Noort, Jan Snel, Mary Warmenhoven, Esther Meinen, Johan Steenhuizen, Frank Kempkes en Leo Marcelis

Rapport GTB-1327

## Referaat

Diffuus licht is gunstig voor plantgroei. Bovendien kan bij potplanten meer licht in de kas worden toegelaten als het licht diffuus is. In combinatie met Het Nieuwe Telen biedt dit mogelijkheden om zowel productie te verbeteren als energie te besparen. Nadat in een eerste fase van dit project anthurium en bromelia was onderzocht, wordt in dit rapport een proef met Phalaenopsis beschreven. Het licht werd diffuus gemaakt door een diffuus schermdoek, door diffuus glas of door te telen in de Daglichtkas. Phalaenopsis kon lichtniveaus van  $10 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  goed aan, mits dit in begin van de teelt geleidelijk wordt opgebouwd. Tijdens de opkweek (april-september) werd de groei gestimuleerd onder diffuus glas. Om energie te besparen werd in het winterhalfjaar in de diffuus licht behandelingen het temperatuursetpoint met 1 graad verlaagd en werd lichtintegratie toegepast. Dit leidde tot enige energiebesparing, maar aan het eind van de teelt was hierdoor ook de teeltvoorsprong van diffuus glas teniet gedaan. Om risico op schade door teveel licht te kunnen voorkomen zijn methoden voor plantmonitoring verbeterd. Zo zijn enkele verbeteringen aan de Plantivity meter gemaakt waardoor de meter minder vaak (eens per week) van blad verwisseld hoeft te worden en de potentiële fotosynthese bepaald kan worden voor een betere inschatting van efficiëntie van fotosynthese.

## Abstract

Grip on light in Phalaenopsis

Diffuse light is beneficial for plant growth. Furthermore, in greenhouses with pot plants more light can be allowed if the light is diffuse. When combined with the Next Generation Cultivation ('Het Nieuwe Telen') new possibilities arise to improve production and to save energy. This report describes an experiment with Phalaenopsis, where the light was made diffuse by a diffuse screen, diffuse glass or by growing the plants in the Daylight greenhouse. Phalaenopsis can grow well at light levels  $10 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , although at start of the cultivation the high light level should be realised gradually. During the raising phase of the crop from April to September plant growth was stimulated by diffuse glass. In order to save energy in the winter period in the diffuse light treatments, the temperature setpoint was lowered  $1^\circ\text{C}$  and light integration was applied. This resulted in a slight energy saving, but at the end of the cultivation the initial growth enhancement under diffuse glass was nullified. To avoid the risk of leaf damage due to too much light, methods for plant monitoring were improved. The Plantivity sensor was improved such that the sensor can measure for one week on the same leaf instead of changing the leaf every 2-3 days. Furthermore, the sensor can now be used to measure potential photosynthesis which allows a better estimate of the efficiency of photosynthesis.

## Rapportgegevens

Rapport GTB-1327

Projectnummer: 3242123911

PT nummer: volgt?



BioSolarCells



svensson

## Disclaimer

© 2014 Wageningen UR Glastuinbouw (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl), [www.wageningenUR.nl/glastuinbouw](http://www.wageningenUR.nl/glastuinbouw). Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Adresgegevens

### Wageningen UR Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 522 51 93

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Teeltproef met Phalaenopsis</b>	<b>9</b>
2.1	Proefopzet teelt	9
2.1.1	Behandelingen	9
2.1.2	Praktische uitwerking	9
2.1.3	Metingen en statistische analyse	10
2.1.4	Plant Monitoring	11
2.2	Resultaten teelt	12
2.2.1	Licht- en klimaat	14
2.2.2	Groei en ontwikkeling	19
2.2.3	Kwaliteit	25
2.2.4	Plantmonitoring	25
2.2.4.1	Referentieafdeling en afdeling met diffuus glas	25
2.2.4.2	Daglichtkas	31
2.3	Energiegebruik	31
2.3.1	Warmte	31
2.3.2	Elektriciteit	34
2.3.3	Totaal energiegebruik	34
2.3.4	Discussie	35
<b>3</b>	<b>Ontwikkeling plantmonitoring</b>	<b>37</b>
3.1	Samenvatting	37
3.2	Inleiding	37
3.3	Verbeteringen toepasbaarheid Plantivity	37
3.3.1	Invloed meter op blad	37
3.3.2	Bepaling potentiële bladfotosynthese	38
3.3.3	Bepaling dagsommen	39
3.3.4	Bepaling moment start hoge lichtbelasting	40
3.3.5	Berekening efficiëntie assimilatielicht tijdens inductie fotosynthese	40
3.3.6	Bepaling maximale lichtbenutting	41
3.3.7	Nieuwe hardware: Quad-PAM	41
3.3.8	Workshop Nieuwe mogelijkheden Plantivity in de praktijk	43
3.4	Conclusies ontwikkeling plantmonitoring	45
<b>4</b>	<b>Conclusies</b>	<b>47</b>
4.1	Teelt	47
4.1.1	Productie/kwaliteit	47
4.1.2	Energiebesparing	47
4.2	Plant Monitoring	48
4.2.1	Ontwikkeling plantmonitoring	48
4.2.2	Toepassing plantmonitoring	48
4.2.3	Workshop Nieuwe mogelijkheden van de Plantivity in de praktijk	48
<b>5</b>	<b>Literatuur</b>	<b>49</b>

<b>Bijlage I.</b>	<b>Begrippen en afkortingen</b>	<b>51</b>
<b>Bijlage II.</b>	<b>Kasplattegrond</b>	<b>53</b>
<b>Bijlage III</b>	<b>Drainanalyses</b>	<b>55</b>
<b>Bijlage IV</b>	<b>Resultaten einde opkweek van de cultivars</b>	<b>57</b>
<b>Bijlage V</b>	<b>Statistische interacties tussen behandeling en cultivar bij eindbeoordeling</b>	<b>59</b>
<b>Bijlage VI</b>	<b>Haze en scattermetingen van twee doeken van Ludvig Svensson</b>	<b>61</b>
<b>Bijlage VII</b>	<b>Eindwaarneming 'Ikaria' en 'Novara', planten van week 26 (30-12-2013)</b>	<b>64</b>

# Samenvatting

Het toelaten van meer natuurlijk licht heeft veel potentie voor energiebesparing. In dit project ligt de focus op meer natuurlijk diffuus licht toelaten bij de teelt van potplanten bij het toepassen van Het Nieuwe Telen. Het doel is om een forse energiebesparing te halen door meer natuurlijk licht toe te laten, minder te belichten, en minder te stoken met minimaal een gelijkblijvende productie. Dit project wordt uitgevoerd in het kader van de programma's Biosolar Cells en Kas als Energiebron, gefinancierd door ministerie van Economische Zaken en het Productschap Tuinbouw. Tevens dragen Ludvig Svensson en Guardian bij aan het onderzoek. Dit project bestaat uit twee fasen. In de eerste fase is onderzoek gedaan met anthurium en Bromelia. Vervolgens is het onderzoek in de tweede fase voortgezet met Phalaenopsis. Dit rapport beschrijft de resultaten van het onderzoek aan Phalaenopsis

In de potplantenteelt wordt veel licht weggeschermd omdat er anders snel lichtschade optreedt. Als licht diffuus gemaakt wordt, wordt het licht veel gelijkmatiger verdeeld over het gewas en neemt de kans op lichtschade af. Hierdoor kan er meer licht worden toegelaten. In dit onderzoek wordt dan ook de potentie van drie methoden onderzocht om meer licht toe te laten door een diffuus schermdoek, diffuus kasdek en door de Daglichtkas waar het directe licht wordt weg gevangen en gebruikt voor elektriciteit of warmte. Hoeveel meer licht toegelaten kan worden zonder schade is echter nog niet duidelijk. Om te voorkomen dat meer licht tot lichtschade leidt, wordt er ook plantmonitoring ontwikkeld, waarmee lichtschade direct gemeten kan worden. De huidige monitoring mist de mogelijkheid om bepaalde vormen van lichtschade te herkennen. Deze beperking wordt hiermee opgeheven. Met goede plantmonitoring kunnen tuinders vroegtijdig ingrijpen, voordat economische schade ontstaat aan de plant. Dit monitoringsprotocol is niet alleen te gebruiken voor de onderzochte gewassen, maar is zeer breed toepasbaar.

Vanaf eind april 2003 (week 17) is een teeltproef uitgevoerd met Phalaenopsis. Het onderzoek is afgerond in week 11 van 2014. Er zijn vier kasafdelingen gebruikt. Hierbij werd gekozen voor een referentie afdeling met normaal glas en niet-diffuse schermdoeken, een afdeling met normaal glas en diffuse schermdoeken, een afdeling met diffuus glas met normale schermdoeken en de daglichtkas. In eerste drie afdelingen werd gestreefd naar een gemiddelde lichtsom van  $10 \text{ mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ , in de Daglichtkas werd maximaal  $14 \text{ mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$  gehaald.

In het winterhalfjaar werden de diffuus-lichtbehandelingen gecombineerd met energiebesparingsmaatregelen zoals verlaging van de temperatuursetpoint met 1 graad en toepassen van lichtintegratie. Als de lichtsom per dag lager dan  $7 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  werd, werd in de referentie belicht om elke dag  $7 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  te realiseren. In de afdelingen met diffuus licht werd zevendaagse lichtintegratie toegepast, dit wil zeggen dat niet elke dag belicht hoeft te worden tot  $7 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , zolang op weekbasis dit gemiddelde werd gehaald.

Aan het einde van de opkweekfase (30-09-2013) hadden de planten uit de diffuus glas en daglichtkas meer bladoppervlak en meer versgewicht aan blad en wortel aangemaakt ten opzicht van de referentie en diffuus doek. Het aantal bladeren tussen de behandelingen was niet betrouwbaar verschillend.

Door aanpassing van het klimaat (lichtintegratie en temperatuurverlaging) om energie te besparen tijdens winterperiode in de behandelingen met diffuus licht, was deze voorsprong in groei bij einde van de proef teniet gedaan. De planten van de referentie waren ongeveer een week eerder in bloei, omdat een stooktemperatuur één graad hoger lag dan bij de andere behandelingen.

Toepassen van lichtintegratie en het verlagen van de stooktemperatuur tijdens de koelfase en afkweek die in winterhalfjaar plaatsvonden, had een beperkt effect op energiebesparing, terwijl de teelt wel ongeveer een week vertraagd werd.

De Phalaenopsis cultivars die in het onderzoek zijn beproefd konden een lichtniveau van  $10 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  licht aan. Het is aan te bevelen om het licht in het begin van de teelt langzaam op te bouwen, omdat er grote verschillen kunnen zijn in het lichtniveau waarbij de planten zijn opgekweekt bij de plantenkweker. Het lijkt ook beter om het lichtniveaus pas op te gaan bouwen na 3 of 4 weken wanneer de nieuwe hartwortels voldoende gegroeid zijn, omdat de plant dan goed is aangepast aan de nieuwe teeltomstandigheden.

Er is een nieuw meetprotocol voor de Plantivity meter ontwikkeld waarmee een week lang gemeten kan worden zonder dat de meter het blad beïnvloedt, terwijl dat voorheen slechts 2-3 dagen was. Het nieuwe meetprotocol kan in de software van bestaande Plantivity meters ingebouwd worden. Verder is een protocol ontwikkeld om met behulp van een licht-respons meting met de Plantivity de potentiële bladfotosynthese te bepalen. Door deze meting aan het begin van de dag te doen is voor die dag de potentiële fotosynthese bekend. Bij Phalaenopsis werd op de eerste helft van de dag veelal een goede overeenstemming tussen potentiële en gerealiseerde bladfotosynthese gevonden. Daaruit mag geconcludeerd worden dat het kas klimaat optimaal is geweest voor de bladfotosynthese. Later op de dag lag de gerealiseerde fotosynthese vaak een stuk lager dan de potentiële fotosynthese, waarschijnlijk door opraken malaatpool waardoor substraat voor de fotosynthese opraakt. Met de experimentele Quad-PAM bleek het mogelijk om met de 4 meetkoppen een betrouwbare meting van de fotosynthese uit te voeren.

# 1 Inleiding

## **Energiebesparing door meer natuurlijk licht toe te laten en minder te belichten**

Recent is het teeltconcept Het Nieuwe Telen voor Potplanten ontwikkeld (Van Noort *et al.* 2011). Hieruit blijkt dat een aanzienlijke energiebesparing kan worden gerealiseerd door de principes van Het Nieuwe Telen toe te passen in de potplantenteelt. Een belangrijke component hierin is het 'meer met de natuur mee telen'. Het idee hierachter is om gratis licht en warmte van de zon beter te benutten. Dit betekent:

- Meer licht toelaten.
- Temperatuur overdag hoger laten oplopen bij oplopende instraling en bij weinig instraling (zoals 's nachts) verder weg laten zakken.

De resultaten van dit onderzoek worden zeer snel in de praktijk geïmplementeerd. Op basis van Het Nieuwe Telen Potplanten (Van Noort, 2011) en Teeltversnelling Phalaenopsis (Dueck *et al.* 2010) laten veel potplantbedrijven nu al meer licht toe dan voorheen, echter het risico op schade door teveel licht loopt hierbij ook op. Dit wordt door de praktijk gezien als een risico op schade aan het gewas en kan daardoor:

- Bredere implementatie van teeltconcept Het Nieuwe Telen Potplanten in de weg staan.
- Mogelijk zelfs nog energiebesparing onbenut laten, doordat de grenzen niet kunnen/durven worden opgezocht..

Het succes van de toepassing van het teeltconcept Het Nieuwe Telen Potplanten om energie te besparen in de potplantenteelt hangt dus in sterke mate af van het beperken van het risico op schade aan het gewas. Dit risico kan door een combinatie van oplossingen verkleind worden, waardoor op verantwoorde wijze energie bespaard kan worden:

- Ten eerste wordt daarom in het teeltconcept Het Nieuwe Telen voor Potplanten aanbevolen deze lichtschade te ondervangen door diffuus licht te integreren in het concept, middels diffuus kasdek of diffuus schermdoek. Door diffuus licht te gebruiken wordt het lichtklimaat gelijkmatiger en komen minder pieken en dalen voor. Bovendien biedt diffuus licht een extra mogelijkheid om meer licht toe te laten in het late voorjaar, zomer en najaar, waarmee een teeltversnelling kan worden gerealiseerd. Dat biedt mogelijkheden om het aantal belichtingsuren, vooral in de winter, te beperken en zo een verdere energiebesparing te realiseren.
- Ten tweede wordt daarom aanbevolen om minder uren te belichten, als gevolg van meer natuurlijk licht toelaten, wat een forse energiebesparing oplevert tot wel 50% (zie Oplossingsrichtingen).
- Ten derde is het van belang om de juiste hoeveelheid natuurlijk licht toe te laten, zonder dat deze schade kan veroorzaken. Daarvoor is een goede monitoring van het gewas van belang, welke geboden kan worden met chlorofyl fluorescentie.

Diffuus licht gecombineerd met verbeterde monitoring via chlorofyl fluorescentie kan op deze manier de lichtschade ondervangen, meer natuurlijk licht toelaten, minder belichten en zo energiebesparing mogelijk maken.

## **Lichtschade**

Lichtschade wordt vooral veroorzaakt als lichtenergie wel wordt opgevangen, maar niet kan worden ingezet voor vastlegging van CO<sub>2</sub> in de fotosynthese. De overtollige lichtenergie moet dan op een andere manier vrijkomen, wat kan leiden tot een verhoogde productie van zuurstofradicalen, resulterend in bladverkleuring of -aantasting.

Het risico op schade kan worden ingeschat op basis van chlorofylfluorescentiemetingen. Er is inmiddels een aantal meters beschikbaar (Plantivity, Mini-PAM, EARS-PPM, etc.). Nadeel van deze systemen is dat ze gebaseerd zijn op een puntmeting. Hierdoor kan de kans op schade voor het specifieke meetpunt weliswaar goed worden ingeschat, maar door lokale verschillen in lichtniveau is opschalen naar kasniveau lastig.

Het gebruik en de interpretatie van de chlorofylfluorescentiemetingen is ook voor verfijning vatbaar. Voor een tuinder moet een fluorescentiemeting kunnen aangeven of de momentane en toekomstige klimaatcondities i) wel of niet risicovol zijn voor het ontstaan van lichtschade en ii) een goede fotosynthese mogelijk maken. Dit advies is erg afhankelijk van de waarde van de maximale fluorescentie, omdat deze doorslaggevend is voor de bepaling van de z.g. niet-fotochemische doving (NPQ). Inmiddels is bekend dat er grote fluctuaties (~50%) in de maximale fluorescentie kunnen plaatsvinden door licht, zowel het huidige als het historische lichtniveau, en temperatuur. Hierdoor wordt de kans op schade mogelijk aanzienlijk overschat, wat er nu toe leidt dat er te weinig natuurlijk licht benut wordt. Door verfijning van de huidige monitoring kan op verantwoordere wijze

ingeschat worden wanneer schade kan optreden en op die manier veilig de juiste hoeveelheid natuurlijk licht worden toegelaten zonder schade aan het gewas.

### **Opzet en doel van het project**

Dit project is uitgevoerd in het kader van het programma Kas als energiebron van het Productschap Tuinbouw en ministerie van EZ en het programma Biosolar Cells ministerie van EZ en met bijdragen van Guardian en Ludvig Svensson. Het project bestaat uit twee delen: In het eerste deel zijn 2 proeven uitgevoerd met bromelia en anthurium. In het tweede deel van het project is het onderzoek voort gezet met Phalaenopsis. In dit rapport worden de resultaten van het Phalaenopsisonderzoek beschreven. De resultaten van anthurium en bromelia zijn in een ander rapport beschreven (Van Noort *et al.* 2013). In de proeven met anthurium en bromelia werd licht diffuus gemaakt door een diffuus schermdoek, door diffuus glas of door te telen in de Daglichtkas. Ook bij veel instraling werd de luchtvochtigheid op peil gehouden door verneveling. In het zomerhalfjaar trad bij alle gewassen een spectaculaire groeiverbetering op door meer diffuus licht toe te laten; nooit trad er bladschade op. Zo waren de anthuriums in 16 weken vermarktbaar, terwijl dat in de praktijk 22 weken duurde, waarbij de planten ook nog eens 25% zwaarder waren dan in praktijk. Door toepassen van lichtintegratie en verlaging van het temperatuursetpoint werd 25% energie bespaard. Om risico op schade door teveel licht te kunnen voorkomen zijn methoden voor plantmonitoring verbeterd. Zo zijn enkele verbeteringen aan de Plantivity meter gemaakt waardoor de meter minder vaak (eens per week) van blad verwisseld hoeft te worden en de potentiële fotosynthese bepaald kan worden voor een betere inschatting van efficiëntie van fotosynthese.

De doelstellingen van de in dit project beschreven Phalaenopsisproef zijn:

- Realiseren van energiebesparing, zonder daarbij op afleverkwaliteit in te leveren. De energiebesparing moet vooral gehaald worden door toepassen van temperatuurverlaging en lichtintegratie in het winterhalfjaar van de proef, waarin de koelperiode en de afkweek viel.
- Ontwikkeling van betere monitoring van plantprocessen die leiden tot lichtschade met behulp van bestaande fluorescentieapparatuur.
- Evalueren van de effecten van diffuus glas en doek op:
  - De kwaliteit van de productie.
  - De productie-kwantiteit.
  - De bruikbaarheid van puntmetingen voor preventieve monitoring van lichtschade.



## 2 Teeltproef met Phalaenopsis

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens, proefopzet van de teelt en plantmonitoring, teeltresultaten, klimaatsturing, groei- en ontwikkeling, plantmonitoring en energiegebruik besproken en het laatste onderdeel is discussie.

### 2.1 Proefopzet teelt

in de proefopzet worden de behandelingen, praktische uitwerking van de teelt en uit te voeren metingen nader toegelicht.

#### 2.1.1 Behandelingen

Vanaf eind april 2003 (week 17) is een teeltproef uitgevoerd met Phalaenopsis. Het onderzoek is afgerond in week 11 van 2014. Alle teelten zijn intensief begeleid door groepen kwekers, dit wil zeggen in de opkweek kwam een kleine begeleidingsgroep elke week en in koeling en afkweek eens per 2 weken naar de proef. Gedurende het onderzoek werd eens per 3 maanden een grote bijeenkomst georganiseerd met alle betrokkenen om informatie uit het onderzoek met elkaar te delen. Er zijn vier afdelingen gebruikt. Hierbij werd gekozen voor een referentie afdeling met normaal glas en niet-diffuse doeken (XLS 10 REVOLUX, XLS 16 F REVOLUX), een afdeling met normaal glas en diffuse doeken (XLS 10 ULTRA REVOLUX, XLS 55 F HARMONY REVOLUX), een afdeling met diffuus glas met normale doeken (zie referentie) en onderzoek in de daglichtkas. In de drie normale afdelingen werd gestreefd naar een gemiddelde lichtsom van  $10 \text{ mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ , in de daglichtkas werd gemiddeld  $14 \text{ mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$  gehaald (zie 3.2.1). Het onderzoek is uitgevoerd met vier cultivars 'Ikaria', 'Novara', 'York' en 'Golden Beauty'. In totaal zijn er dertien verschillende cultivars geteeld, maar er is niet aan alle cultivars gemeten. De overige cultivars waren 'Monte Bianco', 'Precious', 'Atlantis', 'Purple hearts', 'Dawson', 'Bristol', 'Boston', 'Wild Peach', 'Misty Mountain'.

#### 2.1.2 Praktische uitwerking

Vanaf start van de teelt, werd in weken het lichtniveau opgebouwd van 6 naar  $10 \text{ mol/m}^2/\text{dag}$ . Het uiteindelijke lichtniveau werd nagestreefd door het XLS10 REVOLUX doek te sluiten op buitenlicht instraling van  $250 \text{ watt/m}^2$ , tijdens de opbouw in de 1e vijf weken gingen de doeken eerder dicht; zonweringdoeken gingen dicht op  $500 \text{ w/m}^2$ . De assimilatielampen gingen aan op buitenstraling van  $100 \text{ w/m}^2$  en uit op  $200 \text{ w/m}^2$  met een maximum van 14 uur per dag. In het onderzoek is niet gekrijt. In de opkweek is in alle afdelingen gestookt op etmaaltemperaturen van  $28 \text{ }^\circ\text{C}$ , de luchtning zat daar 1 graad boven. In de koeling is de referentie gestuurd naar  $19^\circ\text{C}$ , de overige afdelingen lagen daar 1 graad onder. In de afkweek werd de referentie gestuurd naar  $21^\circ\text{C}$  en de overige afdelingen lagen daar één graad onder (zie tabel 1).

In de opkweek is niet geprobeerd energie te besparen door temperatuurverlaging, om voorbloeit te voorkomen. In koeling en afkweek werd geprobeerd energie te besparen door enerzijds het stook- en luchtsetpoint te verlagen (tabel 1) en anderzijds door lichtintegratie in te stellen op basis van een gemiddelde van 7 dagen op minimale lichtsom van  $7.0 \text{ mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ . Lichtintegratie wil zeggen dat er niet wordt geprobeerd elke dag dezelfde lichtsom te halen (zoals in de referentie – minimaal  $7.0 \text{ mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$  in de winter), maar dat te veel of te weinig licht later wordt gecompenseerd in een voortschrijdend gemiddelde van 7 dagen. Op deze manier is het mogelijk minder assimilatiebelichting te gebruiken en dus energie te besparen.

Omdat de behandelingen diffuus doek en diffuus glas vanaf de koeling ook een aangepaste temperatuur en lichtbehandeling hebben kregen ten opzichte van de referentie, krijgen deze behandelingen een aangepaste naam, namelijk diffuus doek, stooklijn laag en diffuus glas, stooklijn laag.

De daglichtkas is alleen gebruikt in de opkweek, omdat in deze afdeling geen assimilatielampen hangen, is in dit onderzoek gekozen om de planten voor koeling en afkweek te verhuizen naar de referentie afdeling.

Tabel 1

*Instellingen kasklimaat.*

	Referentie afd.9.2	Diffuus afd 9.3, afd 9.6
Stooktemperatuur opkweek (d/n)	28 °C	28 °C
Luchten opkweek (d/n)	29°C	29°C
Stooktemperatuur koeling (d/n)	19°C	18°C
Luchten koeling (d/n)	19.2°C	18.7°C
Stooktemp. afkweek (d/n)	21°C	20°C
Luchten afkweek (d/n)	23°C	28°C
Luchtbevochtiging	Streef rv 65%	Streef rv 65%

In alle afdelingen is de luchtbevochtiging gebruikt en de streef RV is gestart op 70% en is na 16 weken verlaagd naar 60%. Er is gestreefd naar een CO<sub>2</sub> niveau van 800 ppm, maar de gift werd afgebouwd naarmate de ramen verder open gingen. De planten staan in doorzichtige potten (potmaat 12 cm) en deze potten stonden op rekken, waardoor de potten los van de bodem op de dichte tafels stonden. Het barksubstraat was geleverd door Slingerland Potgrond en de barksamenstelling was als volgt: 50% fractie 1 en 50% fractie 2, 2,0 kg veenmosveen per m<sup>3</sup> (horti fiber mos), 0.25 kg PG-mix 15-10-20+sporen, 0.5 kg Kalksalpeter en 3 kg Dolokal met 10% MgO met een EC van 0.7 en een pH van 6.2. Er is bovendien water gegeven met de regenleiding en het bemestingschema in tabel 2. Er is begonnen met 64 planten per m<sup>2</sup> en vanaf de koeling stonden de planten op 56 planten per m<sup>2</sup>. De buitenste rij van alle velden waren randplanten.

Tabel 2

*Bemestingschema van de voedingsgift.*

EC	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	P	SO <sub>4</sub>	Ureum
mS/cm	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l
1.7	3.5	6.3	2.5	1.1	11.9	1.5	1.8	4.7

### 2.1.3 Metingen en statistische analyse

- Licht- en klimaatmetingen om ook groei en energiebesparing te kunnen verklaren.
- Wekelijks bladafplitsing bij 'Ikaria', 'Novara', 'York' en 'Golden Beauty' bij 10 planten.
- Eens per 4 weken niet-destructieve metingen: aantal bladeren, lengte- en breedte blad, aantal actieve wortelpunten 10 planten per cultivar met 'Ikaria', 'Novara', 'York' en 'Golden Beauty'.
- Vier destructieve metingen, namelijk bij start, halverwege opkweek en einde opkweek en een eindogst. Daarbij is gemeten lengte, bladoppervlakte, aantal bladeren, aantal bloemen versgewicht (bloem/blad), drooggewicht (bloem/blad) aan 10 planten per cultivar bij 'Ikaria', 'Novara', 'York' en 'Golden Beauty'.
- Wekelijks scouten tegen potworm (en andere insecten).
- Statistische analyse is uitgevoerd door variantie-analyse met behulp van anova. Wanneer er geen interactie was, zijn de waarden in de tabellen gemiddeld per datum of per cultivar.

## 2.1.4 Plant Monitoring

### Spectro-PAM

In het eerste jaar van het project Grip op Licht is de Spectro-PAM meter ontwikkeld. De Spectro-PAM (Fig. 1) is een Plantivity die uitgevoerd is met een witte in plaats van een blauwe meet LED en uitgebreid met twee spectrofotometers om bladabsorptie te kunnen meten. Er is software ontwikkeld om de meter aan te sturen en de data te kunnen analyseren. Zie Noort *et al.* (2014) voor meer informatie.

Vanaf week 17 is begonnen met het monitoren van de planten met 6 Spectro-PAM en 3 Plantivity meters. De metingen zijn verricht aan de cultivars Novara, Golden Beauty en Ikaria in de compartimenten 9.02 (helder glas), 9.03 (diffuus scherm) en 9.06 (diffuus glas). Door ernstige aantasting door ziekte is de cultivar Golden Beauty eind augustus geruimd; er is echter één plant zonder uitwendige symptomen aangehouden voor de monitoring.



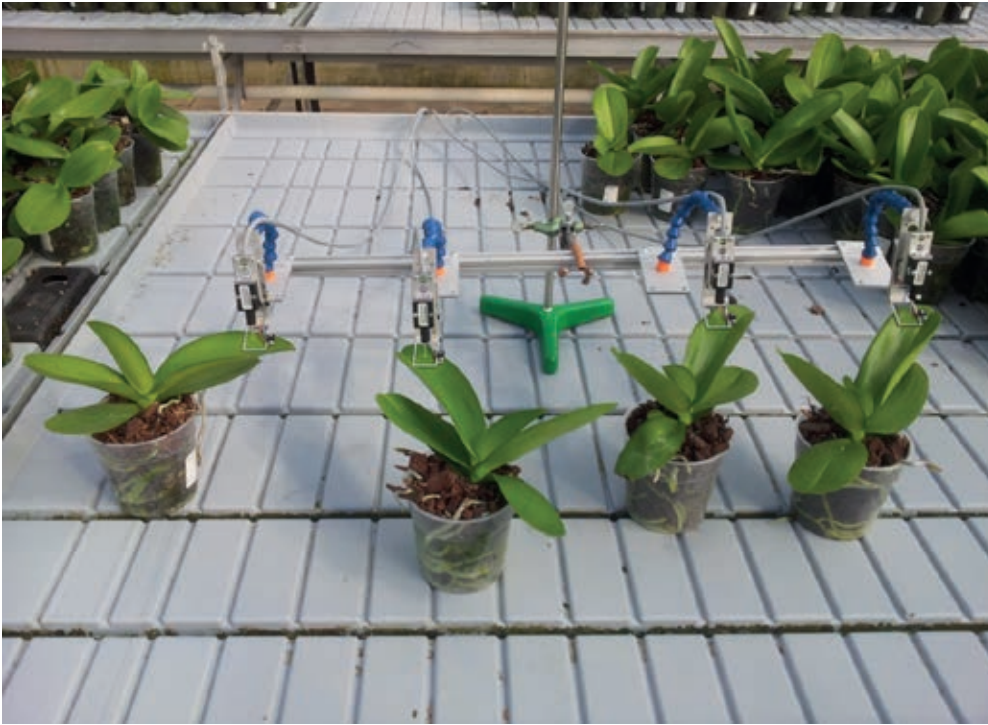
**Figuur 1** De Spectro-PAM meter #1 op het blad van de cultivar Golden Beauty.

Voor het monitoren van de teelt is geen gebruik gemaakt van de bladabsorptiemetingen omdat de analyse van die metingen nog te onbetrouwbare resultaten oplevert.

### Quad-PAM

Het bedrijf Gademann Instruments heeft een Quad-PAM ter beschikking gesteld voor testdoeleinden. De Quad-PAM is een Plantivity meter met 4 meetkoppen (Fig. 2). Elke meetkop heeft naast een fluorescentiesensor ook nog een PAR sensor en een thermokoppel voor het meten van bladtemperatuur. De Spectro-PAM meters werden aangestuurd met de eerder ontwikkelde software. De Plantivity en de Quad-PAM werden aangestuurd via een script voor het programma Wincontrol (Walz GmbH) onder Windows 7.

De Quad-PAM met zijn 4 sensoren bood een mooie gelegenheid om de variatie tussen planten te bestuderen. Uit de literatuur is bekend dat stress verschillen tussen individuele planten uitvergroot. Vanaf 5 september zijn vier planten continu gemeten in de Daglichtkas. Eerst Ikaria, vanaf 3 oktober Novara om met name de planten bij de hoge lichtniveaus te monitoren.



**Figuur 2** De experimentele Quad-PAM meter op het blad van *Phalaenopsis* cv *Ikaria* in de Daglichtkas.

### Meetprotocol en analyse

De meters werden wekelijks op een vergelijkbare plaats op een vergelijkbaar blad van een andere plant geplaatst.

De meetdata werden opgeslagen in tekstbestanden en geanalyseerd in Microsoft Excel of in PTC MathCad. Voor details van de analyse wordt verwezen naar hoofdstuk 4.

## 2.2 Resultaten teelt

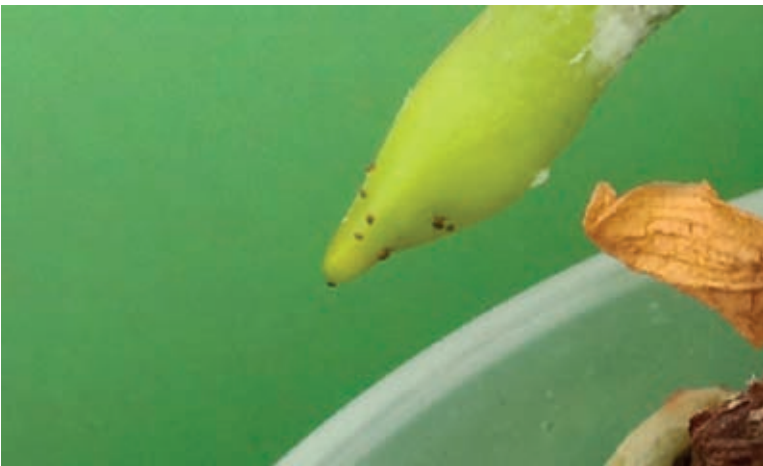
Het onderzoek is gestart op 25 en 26 april 2013 (week 17). Het onderzoek is gestart met een streeflichtniveau op 6 mol en de bedoeling was om per week met  $1 \text{ mol}^{-2} \text{ d}^{-1}$  omhoog te gaan. In week 20 werd een lichtniveau van 8 mol nagestreefd en op dat niveau is het tot week 24 gebleven, omdat er te weinig wortelgroei te zien was bij de verschillende cultivars. In deze tijd traden ook regelmatig slappe blaadjes op. Vanaf week 24 werd de wortelgroei bij de meeste cultivars beter en werd besloten naar een lichtniveau van 10 mol te gaan en in de daglichtkas lag dat niveau hoger (zie 3.2.1).

Door werkzaamheden aan het doek in de daglichtkas op 5 juni 2013 is het zonweringsdoek 2 uur open blijven staan op een dag met hoge instraling. Het voortschrijdend gemiddelde laat een lichtpiek van 700  $\mu\text{mol}$  zien (figuur 7), maar het lichtniveau is meer dan 1,5 uur boven de 1200  $\mu\text{mol}$  geweest. Hierdoor is bij diverse cultivars bladschade en bladverkleuring ontstaan (zie figuur 3). Een klein aantal planten was dermate beschadigd dat deze weggegooid zijn. Onder invloed van deze hoge lichthoeveelheden de daaruit voortvloeiende bladschade is er waarschijnlijk voorbloeï (noodbloeï) ontstaan bij de cultivar 'Precious', dit trad op van week 27 tot 33 en de spikes zijn weggeknipt en de planten zijn randplant geworden. Naar aanleiding van dit incident zijn er extra, maar wel jongere planten in de daglichtkas gezet van 'Ikaria' en 'Novara', die planten stonden er vanaf week 26 en aan het einde is een waarneming gedaan en die staat in bijlage VII.



**Figuur 3** bladverkleuring en bladschade ontstaan door ca. 1.5 uur 1200  $\mu\text{mol}$  PAR-licht in daglichtkas.

Vrij snel in de opkweek werd de ziekte pseudomonas geconstateerd, vanaf dat moment is elke gietbeurt chloordioxide (30 ppm) gegeven. In week 35 werden wortelproblemen geconstateerd bij verschillende cultivars. In het substraat werden veel mosmijten (zie figuur 4) en springstaarten gevonden. De mijten werden bestreden met drie keer vertimec en daarna knapte de meeste cultivars snel op. Drie cultivars zijn weggegooid, waaronder twee cultivars van de vier die intensief gemeten werden, omdat de betrouwbaarheid van de cijfers niet goed genoeg zouden zijn.



**Figuur 4** mosmijt op wortelpunt (bron: Aphrodite Orchidee).

Vanaf week 42 (16 oktober) zijn de temperatuurinstellingen verlaagd om bloei te induceren. In de daglichtkas zijn geen assimilatielampen en om die reden zijn een groot deel van de planten uit die kas, waaronder de proefplanten Ikaria en Novara afgekweekt in de referentie. Van de overige cultivars werd een deel gekoeld in alle drie de afdelingen. In week 50 is begonnen met de afkweek en zijn de temperaturen weer verhoogd en vanaf week 6 is de bloei begonnen en op vrijdag 14 maart 2014 (week 11) zijn de laatste metingen verricht.



**Figuur 5** Overzichtsfoto van week 28 2013 vanuit de referentie afdeling richting afdelingen met diffuus doek en diffuus glas.

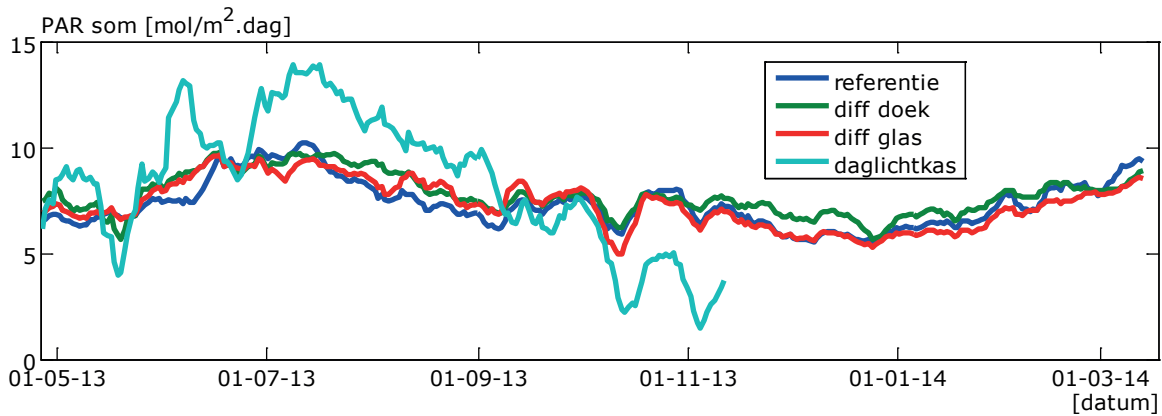
### 2.2.1 Licht- en klimaat

De in deze paragraaf besproken resultaten omvatten de gehele Phalaenopsis teelt, dit wil zeggen de periode 28 april 2013 t/m 14 maart 2014. Daarin zijn 3 perioden te onderscheiden; opkweek, koeling en afkweek. De koeling is na 172 dagen op 16 oktober ingezet en de afkweek is op dag 225 (8 december) gestart. Achtereenvolgens worden licht, temperatuur, RV en CO<sub>2</sub> besproken

#### Licht

De streefwaarde voor de lichtsom per dag was 10 mol.m<sup>-2</sup>.dag<sup>-1</sup> (PAR). Dit is gedaan door het gebruik van minimaal twee schermen per afdeling, een zonwerings scherm en het zwarte scherm. Deze laatste werd gedeeltelijk dicht gedaan, wanneer de dagsom gehaald was, wat vooral in de zomer een rol speelt.

Het belangrijkste resultaat is dat er geen directe schade en/of bladvergelting is ontstaan in alle kasafdelingen waar 10 mol werd aangehouden. Daardoor ontstaat wel de vraag of er genoeg licht is toegelaten. In tabel 3 zijn de PAR som totalen voor de 3 fasen gegeven. Zoals de tabel laat zien heeft de daglichtkas in de opkweek fase ca. 14% meer licht gehad dan de andere behandelingen. Het verschil tussen deze 3 behandelingen is minder dan 1.5% en kan daarmee als gelijk worden verondersteld. Voor de koelfase ligt dit anders. Zoals figuur 6 laat zien is de lichtintensiteit in de diffuus glas kas in koel- en de afkweekfase lager dan van de drie andere behandelingen. De PAR som was ca. 8% lager dan in de referentie afdeling.



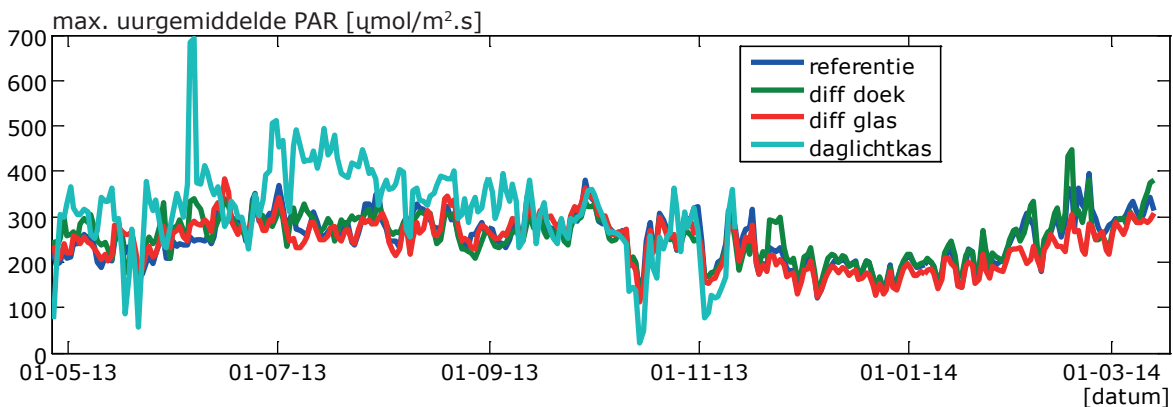
**Figuur 6** Dagsommen aan PAR zoals deze in de kas zijn gemeten voor de 4 behandelingen weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over 7 dagen. PAR som is totaal van natuurlijk licht en lamplicht.

Tabel 3

PAR lichtsom totalen voor de drie teeltfasen van de 4 behandelingen.

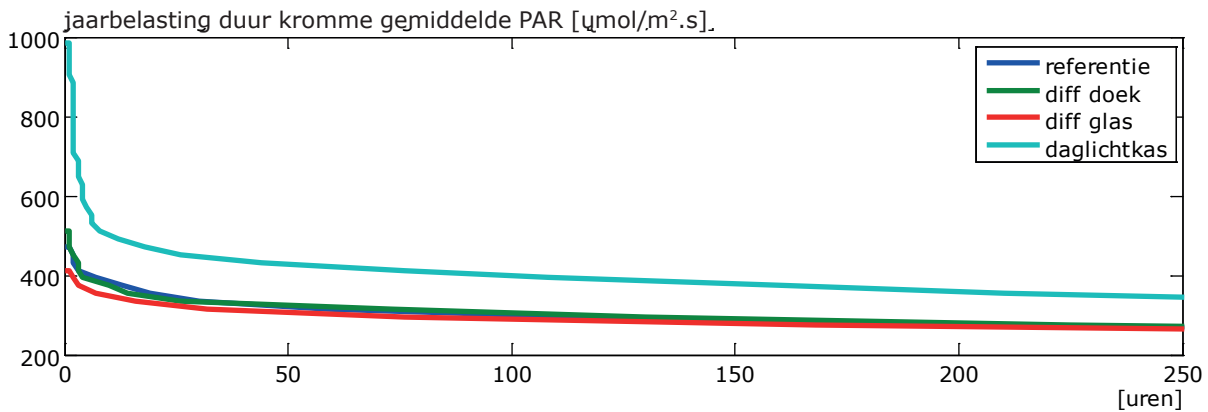
	Referentie [mol/m <sup>2</sup> ]	diff doek [mol/m <sup>2</sup> ]	diff glas [mol/m <sup>2</sup> ]	Daglichtkas [mol/m <sup>2</sup> ]
opkweek	1322	1400	1366	1579
koeling	364	386	352	-
afkweek	687	718	652	-

Momentane lichtpieken voor het gewas kunnen een potentieel gevaar voor de gewaskwaliteit vormen. Waar in figuur 6 de dagsommen zijn getoond, worden in figuur 7 per dag de maximaal gemiddelde uurwaarden per dag getoond.

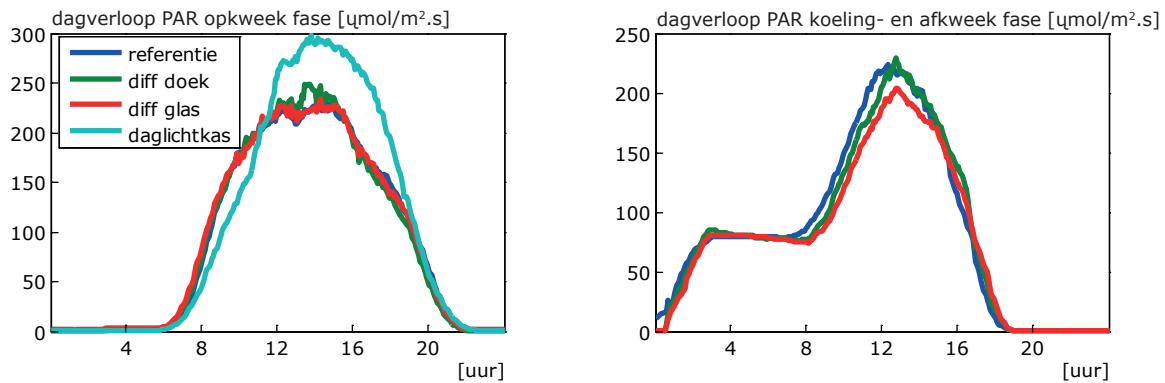


**Figuur 7** Dagelijkse maximale uurgemiddelde PAR zoals deze in de kas zijn gemeten voor de 4 behandelingen.

Zoals enigszins in de figuur te zien is, was er bij diffuus glas sprake van wat meer lichtdemping (minder hoge pieken). Dit is verduidelijkt in figuur 8 waar de uurgemiddelde waarden voor de gehele teelt zijn gesorteerd van hoogste naar laagste uurwaarde. Hierbij zijn voor de verduidelijking alleen de 250 uur met de hoogste waarden getoond. De figuur laat zien dat de diffuus glas kas minder hoge uurwaarden heeft bereikt.



**Figuur 8** Jaarbelasting duurkromme van de uurgemiddelde PAR zoals deze in de kas zijn gemeten voor de 4 behandelingen. Alleen de 250 uur met hoogste uurwaarden zijn getoond.



**Figuur 9** Dagverloop van gemiddelde PAR straling in de opkweek fase (links) en in de koel- en afkweek-fase (rechts) zoals deze in de kas zijn gemeten voor de 4 behandelingen.

Figuur 9 laat zien dat in de opkweek fase er in de nacht niet belicht is zoals in de koel- en afkweekfase wel het geval is. In de opkweek is in totaal een 250 (diff doek en diff glas) tot 290 (referentie) uur belicht. De belichtingsintensiteit licht rond de  $80 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ . Overdag is goed te zien dat de diffuus glas kas gemiddeld gesproken wat achter blijft. Lichtmetingen in de kas zijn en blijven bijzonder lastig. De hier gepresenteerde gegevens zijn gemiddelden van 3 PAR sensoren waarbij momenten dat één van de sensoren zeker niet functioneerde zijn weggelaten. Er is geen duidelijk aanwijsbare reden voor de lagere lichtsom van de diffuus glas kas in de koude fase. Hier is in ieder geval niet doelbewust op gestuurd. Ervaringen in andere projecten met dit type diffuus glas welke volgens droge laboratoriummetingen in de winter iets minder goed (enkele procenten) lichtdoorlaat voor direct licht heeft dan de kasafdelingen met blank glas, laten vaak juist een wat betere lichttransmissie zien. Reden hiervoor is nog niet geheel duidelijk maar er zijn aanwijzingen dat de condensvorming (film in plaats van druppels) op dit type diffuus glas een positieve rol hierin spelen.

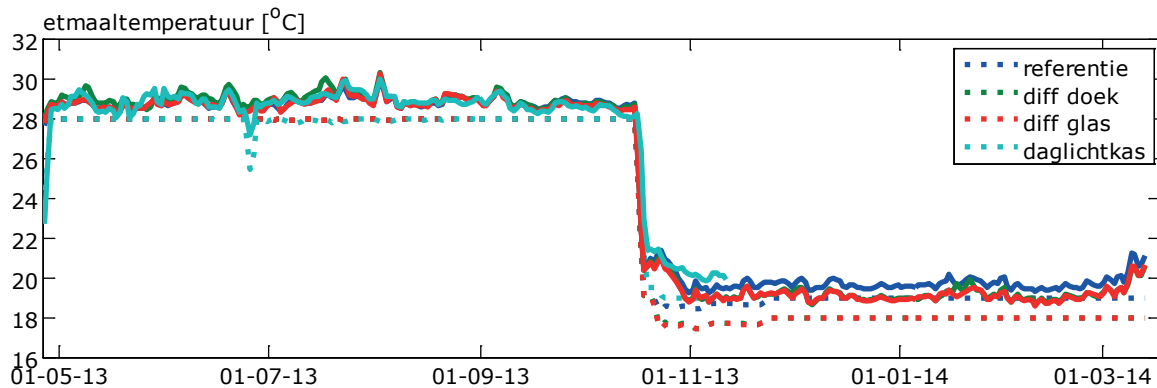
#### Diffusiteit metingen

Naar aanleiding van een nieuw ontwikkelde meting om diffusiteit te meten, de zgn. 'F-scattermeting' kwam de vraag naar de diffusiteit van de doeken. Door Ludvig Svensson zijn twee stukken doek en stukken 'film' van het doek aangeleverd. Van deze materialen is diffusiteit gemeten uitgedrukt in haze en F-scatter. De doorgemeten doeken zijn de XLS 10 ULTRA REVOLUX en de volledige witte, harmony doek (XLS 70 HARMONY REVOLUX), omdat de F-scatter van het in het onderzoek gebruikte XLS Harmony F 55 nog niet goed te meten is door opbouw en structuur van dit doek. De resultaten zijn dat het XLS 10 ULTRA REVOLUX doek een haze heeft van 68% met een F-scatter waarde van 49 en het XLS 70 HARMONY REVOLUX heeft een haze van 100% en ook een F-scatter van 100%. In bijlage 6 staan twee plaatjes van de scatter-metingen.



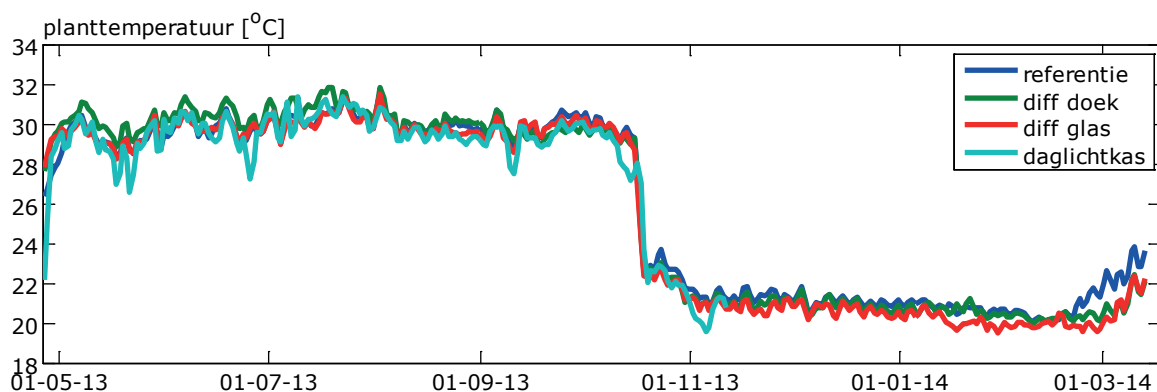
## Klimaat

In figuur 10 zijn de setpoint en gerealiseerde kasluchttemperaturen gepresenteerd. In de opkweek fase is het setpoint voor alle afdelingen op 28°C ingesteld en voor de koeling en afkweek fase is het setpoint van de referentie 19°C. In de afdelingen met diffuus doek en diffuus glas afdeling is in de koeling- en afkweek-fase de temperatuur een graad lager ingesteld dan bij de referentie met als doel om energie te besparen.



**Figuur 10** Gemiddelde setpoint (stippellijn) en gerealiseerde (getrokken lijn) etmaal kasluchttemperatuur per behandeling.

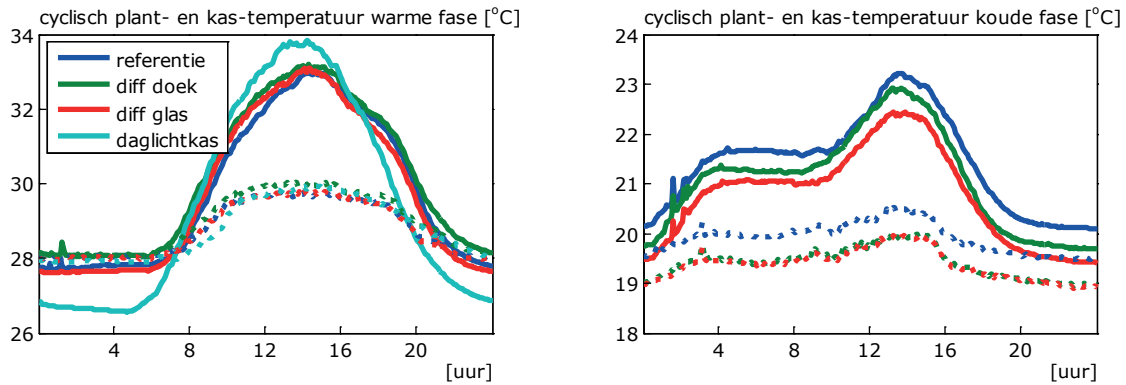
Van het verschil van 1°C in het setpoint blijft in de realisatie circa 0.6°C over. Dit wordt grotendeels door het ventilatie setpoint bepaald. Het ingestelde setpoint ventilatie lag voor de opkweek fase voor alle afdelingen met 1°C boven de stooklijn gelijk maar in de koeling en afkweek fase was de ventilatielijn voor de referentie 0.2°C boven de stooklijn ingesteld en voor de diffuus doek en diffuus glas afdeling 0.7°C. De verschillen in gerealiseerde kasluchttemperatuur in de opkweek fase zijn klein. In tabel 4 zijn de gemiddelden gegeven. Met behulp van infra rood camera's is ook de planttemperatuur bepaald (figuur 11). Ondanks het veelvuldig aandacht besteden aan deze sensoren, is het meermalen voorgekomen dat één van de camera's toch voor een deel de tafelbodem in beeld had welke direct in verbinding staat met de verwarming. Het is dus van belang deze resultaten als een indicatie te aanschouwen.



**Figuur 11** Gemiddelde etmaal planttemperatuur per behandeling.

Naast de etmaalgemiddelde planttemperaturen zijn in figuur 12 het dagverloop van gemiddelde planttemperaturen van de opkweek en de koeling- en afkweek-fase gegeven (getrokken lijn). Opvallend hierbij is dat in de daglichtkas de planttemperatuur in de nacht stelselmatig lager ligt dan in de andere behandelingen. Dit is waarschijnlijk het gevolg van verschil in schermgebruik welke in de daglichtkas nauwelijks gebruikt is. Deze kas heeft door het dubbele kasdek een hogere isolatiegraad dan de enkelglazen afdelingen. Een tweede effect kan zijn dat in de daglichtkas de tafels niet direct verwarmd worden omdat het verwarmingssysteem circa 50 cm onder de tafel ligt. De verschillen tussen de andere afdelingen zijn zodanig klein dat dit binnen de meetfout valt.

In de koeling- en afkweek-fase komt de hogere planttemperatuur in de referentie overeen met het hoger ingestelde setpoint verwarmen. Hoewel er in de setpoint verwarmen lijn geen dag – nacht ritme is ingesteld is in de nacht wel een duidelijke verhoging van de planttemperatuur ten opzichte van de kasluchttemperatuur te zien, figuur 12. Dit moet een relatie hebben met de assimilatiebelichting die gemiddeld op dat tijdstip in de koude fase wordt ingeschakeld, zie ook PAR ontwikkeling in figuur 9. De figuren laten zien dat het gewas niet zo goed in staat is zich te koelen zodat de planttemperatuur eenvoudig boven de kasluchttemperatuur kan uitstijgen.



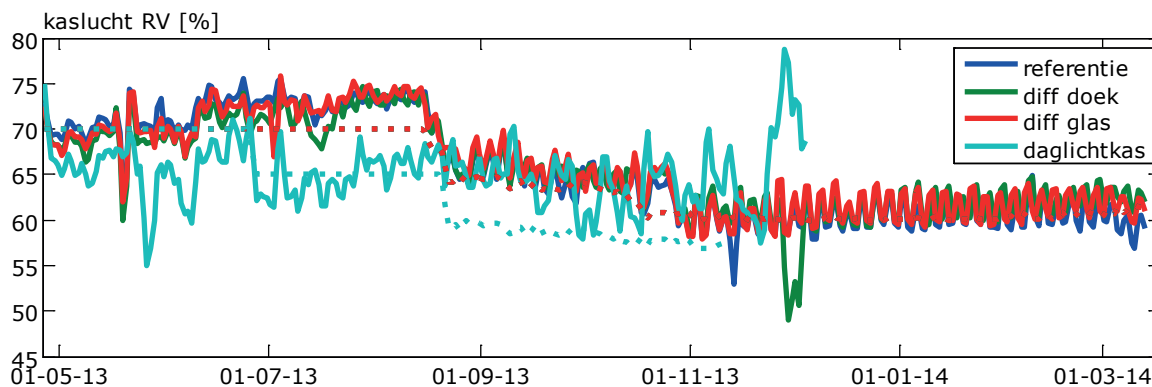
**Figuur 12** Dagverloop van gemiddelde plant- (getrokken lijn) en kastemperatuur (stippellijn) in de opkweek fase (links) en in de koeling- en afkweek-fase (rechts) zoals deze in de kas zijn gemeten voor de 4 behandelingen (in koeling- en afkweek-fase 3 behandelingen).

Tabel 4

Setpoint verwarmen, gerealiseerde kaslucht en planttemperatuur voor de twee teeltfasen van de 4 behandelingen.

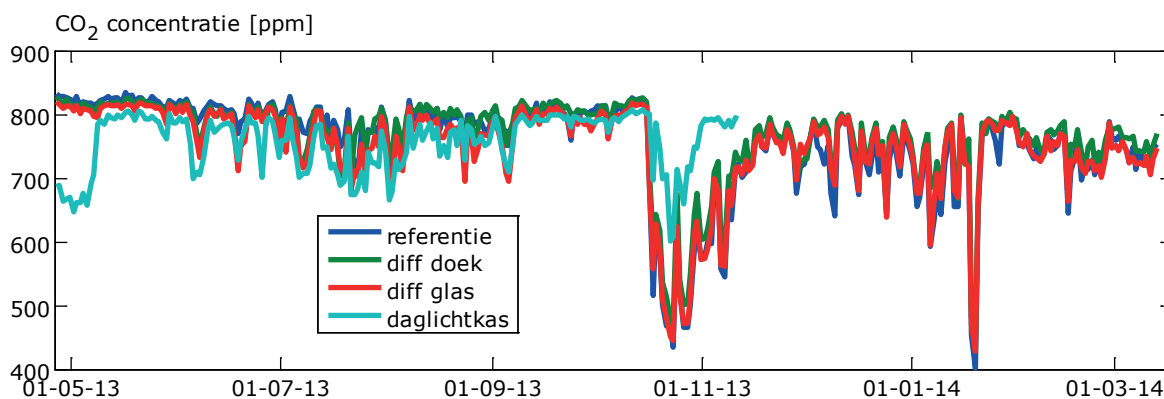
	opkweek fase				koeling en afkweek fase		
	Referentie	diff doek	diff glas	daglichtkas	referentie	diff doek	diff glas
setpoint verw. [oC]	28,0	28,0	28,0	27,9	19,1	18,1	18,1
kastemp. [oC]	28,8	29,0	28,8	28,8	19,9	19,4	19,4
planttemp. [oC]	29,8	30,1	29,8	29,5	21,4	21,1	20,8

Het vochtsetpoint voor verneveling is in de opkweekfase in eerste instantie op 70% ingesteld, figuur 13. In twee stappen is dit verlaagd naar uiteindelijk rond de 60% tijdens de koude periode, de verlaging is gedaan onder invloed van ziektedruk en uitval van planten door pseudomonas en fusarium. De gerealiseerde luchtvochtigheid varieert beduidend meer, zeker in de koude periode zijn de dagen met watergift duidelijk te herkennen. Begin december is er een duidelijke uitbijter in de diffuus doek behandeling wat gevolg is van een defect in de vernevelingsinstallatie.



**Figuur 13** Etmaal gemiddelden van relatieve luchtvochtigheid (getrokken lijn) en het vochtsetpoint (gestippelde lijn) bij de verschillende behandelingen.

CO<sub>2</sub> is gedoseerd tot een maximum concentratie van 800 ppm. De uiteindelijke gerealiseerde CO<sub>2</sub> concentratie is uiteraard afhankelijk van de CO<sub>2</sub> doseercapaciteit en ventilatiebehoefte van de kas. Bij de overgang van opkweek fase naar koel- en afkweekfase is er wel constant CO<sub>2</sub> gedoseerd, maar door de ventilatiebehoefte van de kas kon de gewenste CO<sub>2</sub> concentratie van 800 ppm niet bereikt worden.



**Figuur 14** Etmaal gemiddelden van de CO<sub>2</sub> concentratie per behandeling.

## 2.2.2 Groei en ontwikkeling

Gedurende de teelt zijn verschillende gewasparameters gemeten om bij te kunnen houden hoe de groei en ontwikkeld en of er verschillen ontstaan tussen de behandelingen. In de tabellen 5-8 staan de niet-destructieve metingen. In tabel 9-12 staan de resultaten van een destructieve meting halverwege de opkweek (8 juli). In tabel 13 staan de resultaten van een destructieve meting aan het einde van de opkweek (30-09) en de tabellen 14-17 behandelen verschillende resultaten van de eindbeoordeling (begin februari tot half maart).

### Niet-destructieve metingen

Gedurende de opkweek zijn tellingen aan het aantal bladeren en het bladoppervlak gedaan. De resultaten daarvan staan in tabel 5 tot 8.

Tabel 5

Aantal bladeren per behandeling gemiddeld over de vier cultivars (n=40).

Weeknr. (datum)	Referentie	Diffuus doek	Diffuus glas	Daglichtkas	Isd 95%
22 (28-05)	5,0	4,6	5,0	5,1	n.s.
26 (25-06)	5,3	5,7	4,9	5,5	n.s.
30 (22-07)	6,2	5,9	6,4	6,1	n.s.
34 (19-08)	6,7	6,4	6,9	7,0	n.s.
38 (17-09)	7,3	7,4	7,7	7,9	n.s.

Op geen enkele datum zijn er statistische verschillen in aantal bladeren aangetoond tussen de verschillende behandelingen (tabel 5). Tussen de cultivars zijn daarentegen op elke datum statistische verschillen aantoonbaar (tabel 6), waarbij 'Ikaria' en 'York', betrouwbaar meer bladeren gevormd hebben dan 'Golden Beauty' en vormde nog iets meer blad dan 'Novara' (laatste twee meetdata met beide cultivars).

Tabel 6

Aantal bladeren per cultivar gemiddeld over de vier behandelingen (n=40)

Weeknr. (datum)	Golden Beauty	Ikaria	Novara	York	Isd 95%
22 (28-05)	4,4 b	5,1 a	5,0 a	5,2 a	0,36
26 (25-06)	4,9 b	5,7 a	4,9 b	5,5 ab	0,34
30 (22-07)	5,8 b	6,8 a	5,3 c	6,7 a	0,37
34 (19-08)	6,3 b	7,5 a	5,9 c	7,4 a	0,27
38 (17-09)		8,5 a	6,7 b		0,26

Tabel 7

Bladoppervlakte# per behandeling gemiddeld over de vier cultivars (n=40).

Weeknr. (datum)	Referentie	Diffuus doek	Diffuus glas	Daglichtkas	Isd 95%
22 (28-05)	132	126	135	144	n.s.
26 (25-06)	163	155	159	173	n.s.
30 (22-07)	193	189	194	203	n.s.
34 (19-08)	252 b	233 b	234 b	278 a	22,4
38 (17-09)	347 b	380 b	389 b	421 a	43,5

# Bladoppervlakte is geschat op basis van gemeten lengte x breedte per blad, waarbij de waarden per plant gesommeerd zijn.

In bladoppervlakte zijn statistische verschillen ontstaan tegen het einde van de opkweek (tabel 7). De planten geteeld in de daglichtkas hadden betrouwbaar meer bladoppervlak dan de overige behandelingen. Een gedeelte van de planten uit de daglichtkas is gekoeld en afgekweekt in de referentiekas. In tabel 8 staan de verschillen in bladoppervlak tussen de cultivars en op alle data waren betrouwbare verschillen en tot augustus had 'Golden Beauty' het meeste bladoppervlak gevormd vergeleken met 'York' en 'Novara', 'Ikaria' zat daar tussenin.

Tabel 8

Bladoppervlakte# per cultivar gemiddeld over de vier behandelingen (n=40).

Weeknr. (datum)	Golden Beauty	Ikaria	Novara	York	lsd 95%
22 (28-05)	161 a	127 b	135 b	114 b	13,4
26 (25-06)	191 a	168 b	154 b	137 b	15,3
30 (22-07)	215 a	220 a	176 b	168 b	21,4
34 (19-08)	263 a	247 ab	201 b	200 b	22,3
38 (17-09)		431 a	338 b		30,7

# Bladoppervlakte is geschat op basis van gemeten lengte x breedte per blad, waarbij de waarden per plant gesommeerd zijn

#### Destructieve metingen

Halverwege de opkweek in week 28 (8-7-2013) is een destructieve meting uitgevoerd met de cultivars 'Golden Beauty', 'Ikaria', 'York', en 'Novara'. De resultaten van deze metingen staan in tabel 9-12.

Tabel 9

Aantal bladeren halverwege de opkweek (8-7-2013) (n=48)#.

	Golden Beauty	Ikaria	Novara	York
Referentie	5,3 b	6,7 a	5,5 a	6,8 a
Diffuus doek	6,8 a	4,8 b	4,9 ab	6,7 a
Diffuus glas	5,8 b	6,8 a	4,3 b	5,4 b
Daglichtkas	5,4 b	6,8 a	5,1 ab	7,0 a
lsd 95%#	0,66	0,66	0,66	0,66

# Om de tabellen overzichtelijk te houden zijn alleen de behandelingseffecten getoetst per cultivar (binnen een kolom)

De cultivars 'York' en 'Golden Beauty' hebben significant meer bladeren dan 'Ikaria' en 'Novara' en er zijn wel behandelingsverschillen op cultivarniveau. Bij 'Golden Beauty' is het aantal bladeren onder diffuus doek groter dan de overige behandelingen. Bij 'Ikaria' gaf diffuus doek betrouwbaar minder bladeren dan bij de andere behandelingen. Bij 'Novara' is de referentie betrouwbaar beter dan diffuus glas en de andere twee behandelingen zitten daar tussen in en bij 'York' was het aantal bladeren onder diffuus glas lager dan bij de andere behandelingen.

Tabel 10

Bladoppervlak (cm<sup>2</sup>) halverwege de opkweek (8-7-2013) (n=48)#.

Behandelingen	Golden Beauty	Ikaria	Novara	York
Referentie	144,3 a	150,7 a	117,9 b	121,5 b
Diffuus doek	140,6 a	112,7 b	138,2 a	122,8 b
Diffuus glas	116,1 b	151,1 a	114,5 b	150,2 a
Daglichtkas	149,0 a	148,2 a	129,1 ab	128,8 b
lsd 95%#	20,0	20,0	20,0	20,0

# Om de tabellen overzichtelijk te houden zijn alleen de behandelingseffecten getoetst per cultivar (binnen een kolom)

De verschillen in bladoppervlak waren duidelijk anders dan de verschillen in het aantal bladeren. 'Golden Beauty' heeft betrouwbaar minder bladoppervlak gemaakt onder diffuus glas vergeleken met de overige drie behandelingen. Voor 'Ikaria' gold dat onder het diffuse doek het minste bladoppervlak was gemaakt. Bij 'Novara' was Diffuus doek het beste en de referentie en diffuus glas het slechtste en de daglichtkas zat daartussenin. Bij York was het weer anders en was diffuus glas betrouwbaar beter dan de andere cultivars.

Tabel 11

Versgewicht bladeren (g) halverwege de opkweek (8-7-2013)) (n=48).

Behandelingen	Golden Beauty	Ikaria	Novara	York
Referentie	23,9 ab	24,8 a	16,9 b	19,0 b
Diffuus doek	21,5 b	15,8 b	21,6 a	18,3 b
Diffuus glas	18,3 b	24,8 a	17,1 b	24,9 a
Daglichtkas	25,3 a	23,9 ab	19,4 ab	20,9 b
lsd 95%#	3,9	3,9	3,9	3,9

# Om de tabellen overzichtelijk te houden zijn alleen de behandelingseffecten getoetst per cultivar (binnen een kolom)

Voor het versgewicht van het blad was het als volgt: bij 'Golden Beauty' is het meeste versgewicht gemaakt in de daglichtkas en dat was betrouwbaar meter dan onder diffuus doek en glas, de referentie zat daartussenin. Bij 'Ikaria' is het meeste versgewicht gevormd in de referentie en onder diffuus glas, betrouwbaar meer dan onder diffuus doek, daglichtkas zat ertussenin. Bij 'York' was het versgewicht van diffuus glas betrouwbaar beter dan de overige behandelingen.

Tabel 12

Versgewicht wortels (g) halverwege de opkweek (8-7-2013)) (n=48).

Behandelingen	Golden Beauty	Ikaria	Novara	York
Referentie	17,4 b	23,2 ab	19,3 ab	24,3 a
Diffuus doek	17,0 b	13,0 b	11,2 b	16,3 b
Diffuus glas	25,0 a	24,9 ab	19,4 ab	18,2 b
Daglichtkas	15,6 b	26,1 a	21,0 a	24,6 a
lsd 95%#	4,6	4,6	4,6	4,6

# Om de tabellen overzichtelijk te houden zijn alleen de behandelingseffecten getoetst per cultivar (binnen een kolom)

De resultaten van het versgewicht van de wortels waren als volgt: 'Golden Beauty' had betrouwbaar meer wortels onder diffuus glas vergeleken met de andere behandelingen. Voor 'Ikaria' en 'Novara' was dat anders en was de daglichtkas betrouwbaar beter dan het diffuse doek, de andere twee zaten daartussenin. Het wortel versgewicht bij 'York' was betrouwbaar beter bij de behandelingen van de daglichtkas en de referentie.

#### Samenvattend

Het verschilt per meetparameter en cultivar welke behandeling het beste is, wanneer uitgegaan wordt van bladoppervlak als beste maat voor een keuze, omdat de grootte van de bladeren meestal gebruikt wordt om te sorteren, dan zijn de resultaten onder diffuus glas en in de daglichtkas in het algemeen beter dan onder diffuus doek en referentie, maar de verschillen zijn niet heel erg groot

Aan het einde van de opkweek in week 40 (30-09-2013) is een destructieve meting van 2 cultivars (Ikaria en Novaria) uitgevoerd. De cultivars 'Golden Beauty' en 'York' zijn in verband met ziekteproblemen verwijderd. De resultaten staan in tabel 13 en 14.

Tabel 13

Aantal bladeren, bladoppervlakte, versgewicht blad en wortel per behandeling gemiddeld over 'Ikaria' en 'Novara' aan einde van opkweek (30-09-2013)) (n=24)

Meetparameters	Behandelingen				
	Referentie	Diffuus doek	Diffuus glas	Daglichtkas	Isd 95%
Aantal bladeren	7,8	7,7	7,6	7,6	n,s,
Bladoppervlak (cm <sup>2</sup> )	305 b	308 b	358 a	364 a	34,9
Versgewicht blad (g)	56,7 b	58,3 b	71,0 a	68,9 a	7,8
Versgewicht wortel (g)	34,7 b	32,8 b	44,6 a	52,8 a	8,2
Versgewicht totaal (g)	91,4	91,1	115,6	121,7	

Uit deze destructieve metingen bleek dat de planten uit de diffuus glas en daglichtkas betrouwbaar meer bladoppervlak, meer versgewicht aan blad en wortel hadden aangemaakt ten opzichte van de referentie en diffuus doek op basis van metingen aan 'Ikaria' en 'Novara', maar ook aan het einde van de opkweek zijn de onderlinge verschillen niet erg groot. Het aantal bladeren tussen de behandelingen is niet betrouwbaar verschillend. In bijlage 4 staat een tabel met de uitsplitsing naar cultivar.

Omdat de behandelingen diffuus doek en diffuus glas vanaf de koeling ook een aangepaste temperatuur en lichtbehandeling hebben kregen ten opzichte van de referentie, krijgen deze behandelingen een aangepaste naam, namelijk diffuus doek, stooklijn laag en diffuus glas, stooklijn laag.

Tabel 14

Aantal bloemtakken per plant bij de vier behandelingen (exclusief Daglichtkas; n=160).

	Referentie	Diffuus Doek stooklijn laag	Diffuus Glas stooklijn laag	Isd 95%
Gemiddelde beide cultivars	1,87	1,94	1,91	n.s.
	Ikaria	Novara		
Gemiddelde behandelingen	1,88	1,94		n.s.

Na vijf weken in de koeling is het aantal bloemtakken geteld en is er geen betrouwbaar verschil gevonden tussen behandelingen en ook niet tussen de cultivars (tabel 14).

Het verschil in temperatuur in koeling en afkweek tussen de behandelingen heeft verschil in bloeisnelheid opgeleverd en de resultaten daarvan staan in tabel 15 en deze verschillen in bloeisnelheid werken door in de het tijdstip van de eindbeoordeling.

Tabel 15

*Datum van bloei.*

	Referentie	Diffuus doek stooklijn laag	Diffuus glas stooklijn laag	Daglichtkas
Ikaria	3-10 feb	10-14 feb	12-19 feb	3-7 feb
Novara	24-27 feb	3-11 mrt	5-11 mrt	26 feb
Monte Bianco	3-5 feb	12 feb	12-17 feb	
Atlantis	17-18 feb	18-24 feb	21-25 feb	
Precious	7-10 feb	7-17 feb	14-19 feb	

De datum van bloei die opgenomen is in deze tabel geeft weer wanneer de eerste bloemen bloeien van planten uit het eerste en het laatste veldje van de drie waargenomen velden per behandeling. Uit deze tabel is af te leiden dat de referentie bij vier van de vijf cultivars eerder in bloei komt en dat dit varieert van één tot enkele dagen, waarbij de behandeling met diffuus glas nog iets achterlag ten opzichte van de afdeling met diffuus doek

De eindbeoordeling is uitgevoerd wanneer meer dan 10 planten van een veldje minimaal 3 bloemen open hadden. Dit varieerde tussen begin februari tot half maart. Vanuit tabel 15 is ongeveer te schatten wanneer dat geweest is en wat de tijdverschillen tussen de behandelingen en cultivars zijn geweest. De resultaten van de eindbeoordeling staan in tabel 16 en 17. In het onderzoek zijn nog twee cultivars overgebleven waaraan intensief is gemeten. In de eindbeoordeling zijn de metingen van nog drie andere cultivars vastgelegd, maar dat zijn ook de enige meetdata van deze gewassen. In de gebruikte dataset is gecorrigeerd op planten met een slecht wortelgestel, in totaal zijn er 17 planten verwijderd, waarvan 12 'Novara'. Van de planten uit de daglichtkas zijn alleen betrouwbare cijfers van de cultivar 'Ikaria', maar niet van de vier andere cultivars. Dat is de reden dat er geen cijfers vanuit de daglichtkas in tabel 13 staan. Indicatief staan er cijfers van 'Ikaria' in bijlage 4. In een aantal gevallen waren er statistisch significante interacties tussen cultivar en behandeling. De tabellen met de cijfers en de verklaringen staan ook in bijlage 5.

Tabel 16

*Eindbeoordeling per behandeling gemiddeld over de cultivars 'Ikaria' en 'Novara' (n=150).*

meetparameter	Referentie	Diffuus doek stooklijn laag	Diffuus glas stooklijn laag	Isd 95%
Aantal bladeren	7,8 a	7,6 b	7,4 c	0.2
Bladoppervlakte (cm <sup>2</sup> )	551 b	561 ab	576 a	19.6
Aantal bloemtakken	1,95	1,93	1,89	n.s.
Aantal bloemen	14,8	14,2	14,9	n.s.
Versgewicht blad	116,7	119,3	122,6	n.s.
Versgewicht bloem	63,3	65,2	66,7	n.s.
Versgewicht wortels	103,7	104,2	106,4	n.s.
Drooggewicht blad	6,7	6,8	6,9	n.s.
Drooggewicht bloem	6,3	6,3	6,5	n.s.
Drooggewicht wortel	9,1	9,1	9,5	n.s.



De eindbeoordeling liet zien dat de verschillen ontstaan tijdens de opkweek veranderd zijn onder invloed van de temperatuurbehandelingen in koeling en afkweek. Er zijn kleine significante verschillen tussen de behandelingen, waarbij de referentie nu meer bladeren heeft dan de behandelingen die in koeling en afkweek een lagere temperatuur hebben gehad (Diffuus doek en Diffuus glas). Er is nog verschil in bladoppervlak tussen de behandelingen, maar de verschillen zijn klein geworden, waarbij onder diffuus glas nog wel meer bladoppervlak is ontstaan dan in de referentie. Alle overige gemeten kenmerken zijn niet statistisch verschillend.

Tabel 17

Eindbeoordeling per cultivar (n=90)

meetparameter	Atlantis	Ikaria	Monte Bianco	Novara	Precious	Isd 95%
Aantal bladeren	7,0 b	8,7 a	8,7 a	6,6 c	7,0 b	0,2
Bladoppervlakte (cm <sup>2</sup> )	531 b	624 a	617 a	435 c	607 a	25,4
Aantal bloemtakken	1,96 a	1,83 b	1,87 b	1,98 a	1,98 a	0,10
Aantal bloemen	15,8 a	15,1 a	14,5 a	15,1 a	12,7 b	1,12
Versgewicht blad	119,7 c	137,1 a	123,2 b	91,9 d	125,7 b	5,8
Versgewicht bloem	70,0 a	74,2 a	72,2 a	48,3 c	60,5 b	3,9
Versgewicht wortels	86,4 c	108,3 b	125,5 a	91,0 c	112,6 b	7,6
Drooggewicht blad	6,9 b	7,3 b	7,0 b	6,0 c	7,0 b	0,3
Drooggewicht bloem	6,7 b	7,1 a	7,3 a	4,8 c	6,0 b	0,4
Drooggewicht wortel	7,7 c	9,7 ab	10,2 a	9,1 b	9,4 b	0,6

Tussen de cultivars zijn betrouwbare verschillen gemeten bij alle plantkenmerken. 'Ikaria', 'Monte Bianco' en 'Precious' zijn de snellere groeiers in dit onderzoek vergeleken met 'Atlantis' en 'Novara'.

### 2.2.3 Kwaliteit

In deze teelt zijn er in voorjaar, zomer en herfst behoorlijke hoge momentane lichtniveaus toegelaten, namelijk tot 400  $\mu\text{mol}$  en deze hebben geen zichtbare lichtschade opgeleverd, behalve in de daglichtkas waar door een fout het lichtniveau circa 1.5 uur boven 1200  $\mu\text{mol}$  is geweest ontstaan (zie figuur 7), waarbij in deze figuur de meting gedempt wordt doordat het een voortschrijdend gemiddelde is.

### 2.2.4 Plantmonitoring

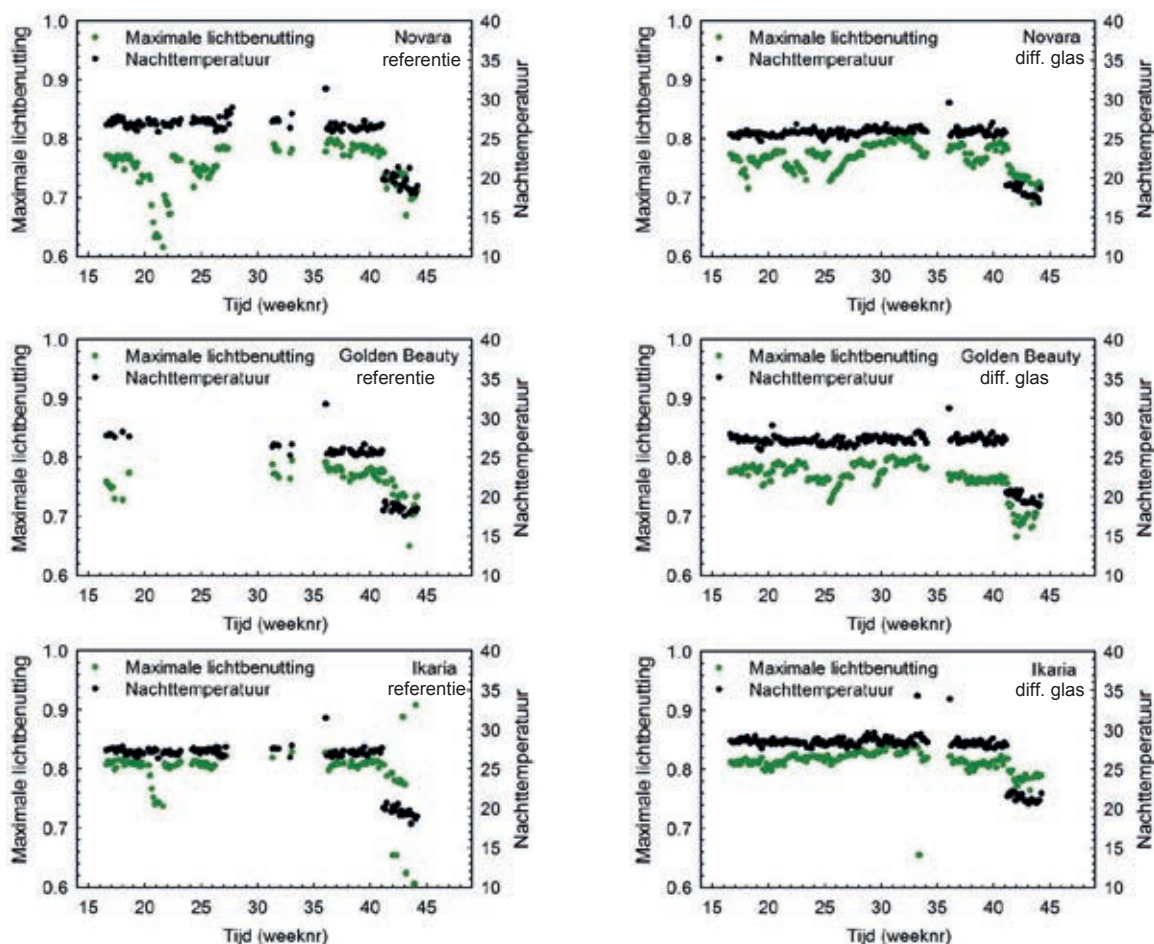
#### 2.2.4.1 Referentieafdeling en afdeling met diffuus glas

##### Verloop maximale lichtbenutting tijdens de teelt

Figuur 15 toont het verloop van de maximale lichtbenutting van de cultivars Novara, Golden Beauty en Ikaria tijdens de opkweek en de eerste weken van de koelfase. De linker figuren zijn van de referentieafdeling en de rechter figuren van de afdeling met diffuus glas. Nogmaals moet benadrukt worden dat het gaat om één meter per cultivar per behandeling. Wel is wekelijks elke meter op een andere plant gezet. Op een statistisch verantwoorde manier vergelijken is dus lastig. Het gaat alleen om het globale beeld over de teelt.

In de opkweekfase is alleen bij Ikaria een maximale lichtbenutting duidelijk hoger dan 0.8. Novara en Golden Beauty halen de 0.8 niet. In de weken 19-22 hebben de planten in de referentieafdeling een duidelijk lagere maximale lichtbenutting dan in de afdeling met diffuus glas. Dat betekent meer lichtschade (fotoinhibitie) onder helder glas dan onder diffuus glas. In de weken 25/26 hebben Novara en Golden Beauty in beide afdelingen last van lichtschade; Ikaria heeft in die periode een normale maximale lichtbenutting.

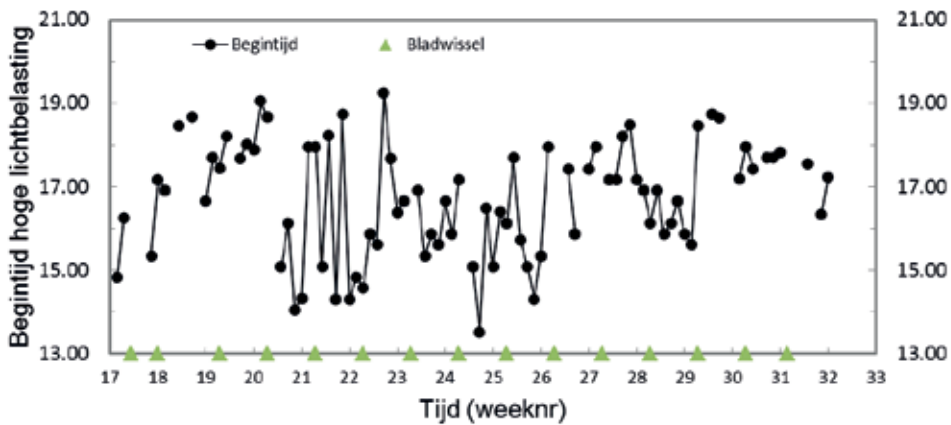
In de koelfase (vanaf week 42) zorgt de lagere kasttemperatuur (zie verloop nachttemperatuur in Fig. 15) in combinatie met het assimilatielicht bij alle cultivars in de referentie en onder diffuus glas voor een lagere maximale lichtbenutting. De verlaging is het kleinst bij Ikaria en het grootst bij Golden Beauty.



**Figuur 15** Verloop van de maximale lichtbenutting en de bladtemperatuur van de cultivars Novara, Golden Beauty en Ikaria gedurende de periode 26 april t/m 9 november 2013. De maximale lichtbenutting en de temperatuur werden rond middernacht gemeten. Door onderhoud zijn er geen metingen uitgevoerd in de weken 34-36. Bij Golden Beauty en Ikaria in de referentieafdeling werkten de Spectro-PAM meters niet in week 19-31 resp. in week 28-31. Van die periodes zijn er geen waarnemingen.

### Periode met hoge lichtbelasting

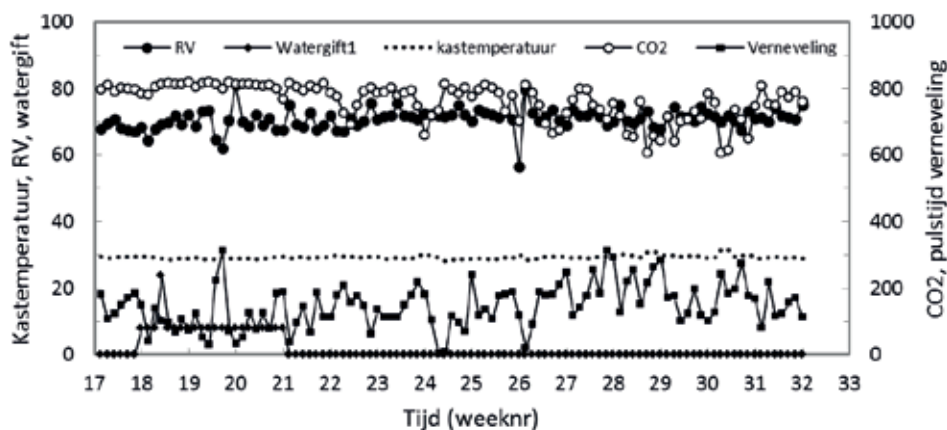
Eerder is gesuggereerd dat in de tweede helft van de dag de malaat opraakt en dat de fotosynthese en de lichtbenutting dan lager worden (Dueck *et al.* 2010, Trouwborst *et al.* 2013). Als de fotosynthese lager wordt en er niet extra geschermd wordt, zal er minder lichtenergie afgevoerd worden via fotosynthese. Het is dan belangrijk om te weten of de lichtenergie dan veilig afgevoerd wordt als warmte (Lichtbelasting) of mogelijk tot schade kan leiden (Lichtschade). Met de Plantivity kunnen fotosynthese (ETR), Lichtbelasting en Lichtschade gemeten worden (Dankers *et al.* 2011). In dit project is een algoritme ontwikkeld om de periode met hoge lichtbelasting te kwantificeren (zie paragraaf 4.3.4).



**Figuur 16** Laat zien dat het tijdstip waarop de hoge lichtbelasting begint nogal variabel is: van 13:30 tot 19:00. Bovendien zijn er grote verschillen tussen opeenvolgende dagen. Uit de figuur blijkt dat deze verschillen niet veroorzaakt worden door beïnvloeding van het blad door de meter.

### Relatie met klimaatfactoren

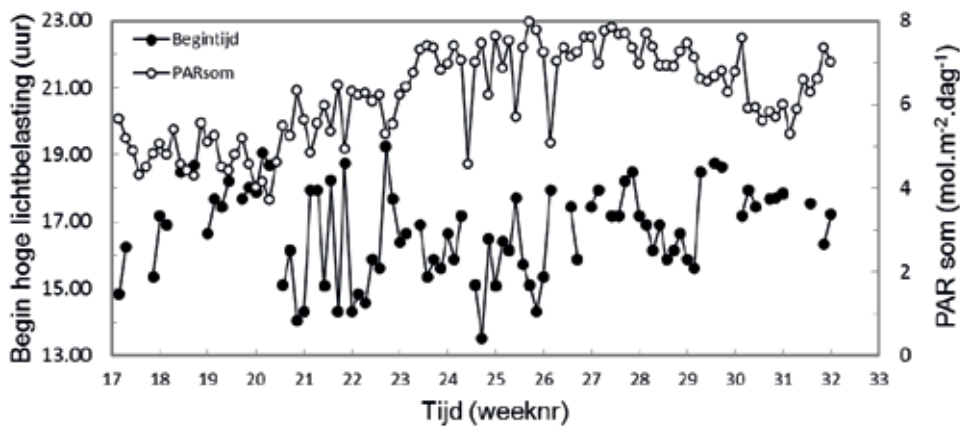
Een mogelijke oorzaak voor de schommelingen in de begintijd van de hoge lichtbelasting ligt mogelijk in het klimaat. Figuur 17 laat een aantal relevante klimaatfactoren zien. De luchtvochtigheid laat in week 19 en week 26 een verlaging zien die resulteert in een VPD > 11. In geen van de klimaatfactoren zijn schommelingen te zien die verband houden met de schommelingen in het tijdstip waarop de hoge lichtbelasting begint.



**Figuur 17** Verloop kasttemperatuur (•), RV (●), CO2 (○), duur verneveling (◊) en watergift (◆) gedurende de opweek van Ikaria onder diffuus glas.

### Relatie met lichtsom

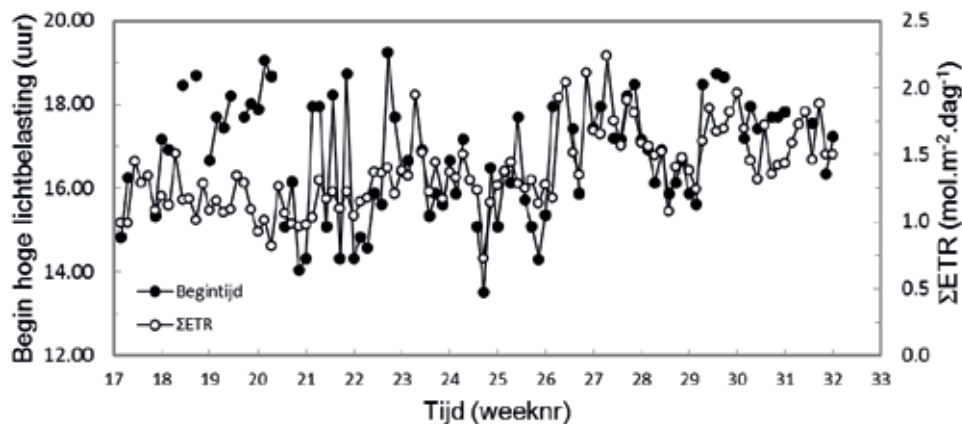
Omdat de opbouw (Dueck *et al.* 2010) en uitputting van de malaatpool afhangen van de hoeveelheid licht, zou een verband tussen lichtsom en opraken malaatpool verwacht worden. Uit figuur 18 blijkt echter dat het verloop van de lichtsom een ander patroon volgt dan het moment waarop de hoge lichtbelasting begint. Ook is er geen duidelijk verband tussen het moment waarop de hoge lichtbelasting begint en de lichtsom van de vorige dag.



**Figuur 18** Verloop van het tijdstip waarop de periode met hoge lichtbelasting begint (●) en van de lichtsom (○) gedurende de opkweek van *Ikaria* onder diffuus glas.

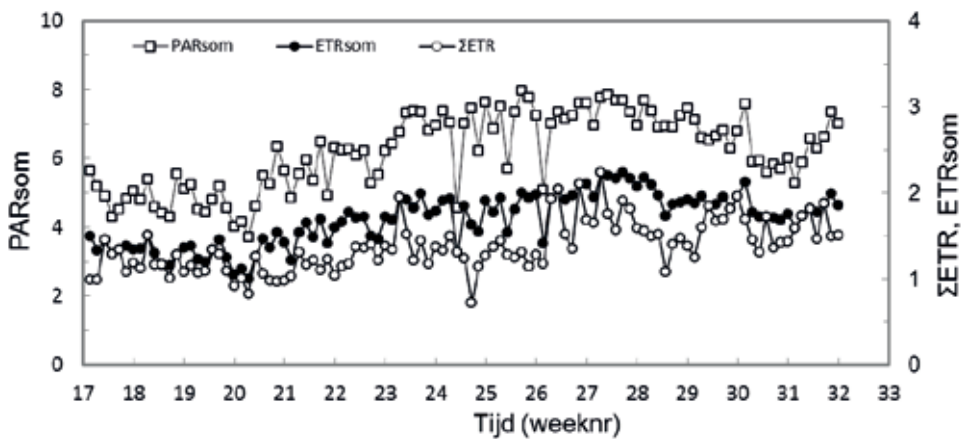
### Relatie met ETRsom vooraf

Nu er geen directe relatie lijkt tussen lichtsom van een dag en het moment waarop de hoge lichtbelasting begint, is mogelijk de fotosynthesesom tot dat moment ( $\Sigma ETR$ ) de oorzaak voor het opraken van het malaat en het begin van de hoge lichtbelasting. In hoofdstuk 4 (paragraaf 4.3.3) wordt beschreven hoe de fotosynthesesom ( $\Sigma ETR$ ) berekend kan worden. Figuur 19 laat het verloop van het begin van de hoge lichtbelasting en de fotosynthesesom op die dag tot dat moment ( $\Sigma ETR$ ) zien. Er lijken twee verschillende periodes te onderscheiden: week 17-26 en week 26-32. In de eerste periode is  $\Sigma ETR$  relatief constant en is de begintijd erg variabel. In de tweede periode lopen  $\Sigma ETR$  en de begintijd bijna gelijk op. In de eerste periode is de hoeveelheid fotosynthese ( $\Sigma ETR$ ) tot het moment waarop de hoge lichtbelasting begint dus relatief constant. In de tweede periode wordt de hoeveelheid fotosynthese ( $\Sigma ETR$ ) bepaald door het moment waarop de hoge lichtbelasting intreedt: hoe later, des te hoger de  $\Sigma ETR$ . Tot week 26 neemt de dagelijkse lichtsom toe en loopt de grootte van de malaatpool (wordt bepaald door lichtsom) achter bij de gewenste grootte. Dat betekent dat in de loop van de dag de malaatpool opraaft en de lichtbelasting hoog wordt. Vanaf week 26 loopt de lichtsom echter terug en zou de malaatpool groter moeten zijn dan nodig voor het beschikbare licht en zou er geen noodzaak zijn voor lagere fotosynthese en een hoge lichtbelasting. Waarschijnlijk speelt in deze periode nog een andere factor een rol.



**Figuur 19** Verloop van het tijdstip waarop de periode met hoge lichtbelasting begint (●) en van de ETRsom tot het moment waarop de hoge lichtbelasting optreedt (○) gedurende de opkweek van *Ikaria* onder diffuus glas.

Het is niet zo dat er geen fotosynthese meer mogelijk is als de lichtbelasting hoog is. Figuur 20 laat een vergelijking zien van de  $\Sigma ETR$  (ETR som tot aan het moment waarop hoge lichtbelasting optreedt) en de ETR som tijdens de opkweekfase. In het begin zijn ETR en  $\Sigma ETR$  nagenoeg gelijk. In die periode treedt de hoge lichtbelasting ook pas laat op (Fig. 19). Daarna is de ETR som groter dan  $\Sigma ETR$ . Dat geeft aan het niet zo is dat de fotosynthese stopt tijdens periodes met hoge lichtbelasting. Tussen week 20 en 27 vindt 25-30% van de fotosynthese plaats nadat de periode met hoge lichtbelasting ingegaan is.



**Figuur 20** Verloop PAR som ( $\square$ ), ETR som ( $\bullet$ ) en van de ETRsom tot het moment waarop de hoge lichtbelasting optreedt ( $\circ$ ) gedurende de opkweek van Ikaria onder diffuus glas.

Vergelijking eigenschappen Ikaria en Novara tijdens opkweek

Uit analyse van de plantmonitoringgegevens van de afdeling onder diffuus glas blijkt dat Ikaria beter presteert dan Novara (tabel 15). Met iets minder licht realiseert Ikaria toch een iets hogere elektronentransportsom en een betere lichtbenutting (ETRsom/PARsom). Ook wordt een groter deel van het elektronentransport gerealiseerd in de periode voordat de hoge lichtbelasting optreedt.

Tabel 15

Vergelijking tussen cultivars Ikaria en Novara tijdens deel opkweekfase (week 18-31) in afdeling met diffuus glas. In de meetperiode hebben de twee meters elk aan 14 verschillende planten van een cultivar gemeten. Waarden zijn het gemiddelde  $\pm$  standaardfout van de metingen over de periode.

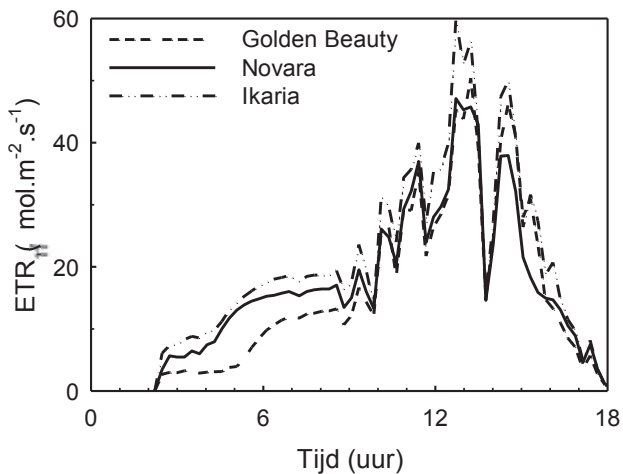
Cultivar	PARsom (mol.m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	ETRsom (mol.m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	ΣETR (mol.m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	ΣETR / ETR som (%)	(ETRsom / PARsom) (%)
Ikaria	6,32 $\pm$ 0,26	1,71 $\pm$ 0,08	1,38 $\pm$ 0,07	82,6 $\pm$ 3,6%	27,1 $\pm$ 0,4%
Novara	6,70 $\pm$ 0,28	1,50 $\pm$ 0,07	1,09 $\pm$ 0,05	73,8 $\pm$ 2,3%	22,4 $\pm$ 0,5%

Bij deze resultaten moet aangetekend worden dat de metingen uitgevoerd zijn aan 14 verschillende planten, maar wel met één aparte meter per cultivar. Met name voor de PAR meting kan dit gevolgen hebben door b.v. vervuiling of beschaduwing. Om een goede vergelijking van cultivars gedurende de teelt mogelijk te maken zouden minstens 4 meters per cultivar gebruikt moeten worden. In de huidige proefopzet was dit niet mogelijk.

### Efficiëntie assimilatielicht tijdens inductie fotosynthese

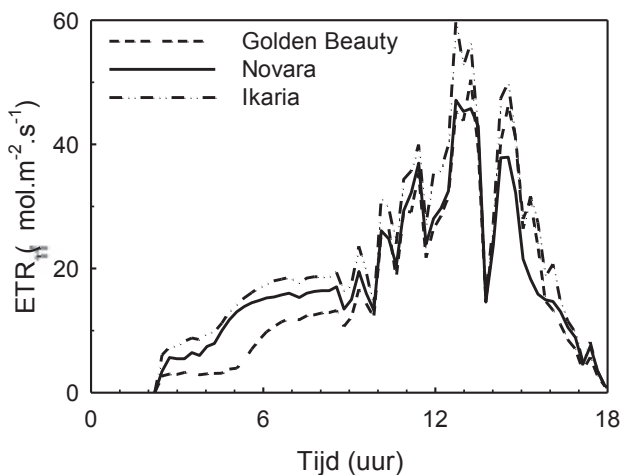
In bladeren die langer dan een uur in het donker geweest zijn is het fotosyntheseapparaat uitgeschakeld. Het aanschakelen door licht kost tijd. In C3 planten, b.v. tomaat, duurt dat meestal niet langer dan 30 minuten. In CAM planten hangt de snelheid van de inductie van de fotosynthese af van de fase waarin het blad zich bevindt (I, II, III of IV). Bij belichting van Phalaenopsis wordt meestal vroeg begonnen met belichten. 's Nachts belichten betekent dat het blad zich in fase 1 (donkerreactie: binding CO<sub>2</sub> via PEP-carboxylase) bevindt. Het is dan de vraag hoe snel het blad kan omschakelen naar fases 2 en 3 waarin de lichtreacties actief zijn. In de koelfase is bovendien de temperatuur lager waardoor de inductie van de fotosynthese langzamer verloopt.

De respons van de drie cultivars op assimilatielicht en koude is gevolgd gedurende 4 weken. Bij Ikaria kwam de fotosynthese het snelst op gang en bij Golden Beauty bleek de inductie van de fotosynthese het langzaamst (Fig. 21). Dat betekent dat het assimilatielicht in de eerste uren van de belichting weinig efficiënt is. Met behulp van de potentiële ETR kan uitgerekend worden wat de ETR geweest zou zijn als de fotosynthese meteen op gang gekomen zou zijn. Figuur 22 laat het verloop van de PAR, de ETR en de potentiële ETR zien voor cultivar Golden Beauty.



**Figuur 21** Tijdsverloop van ETR van Novara, Golden Beauty en Ikaria op 29 oktober 2013 in afd 9.06 (diffuus glas).

Aan het begin van de dag, maar ook aan het eind van de dag, ligt de ETR een stuk lager dan de potentiële ETR. In de periode tussen het aangaan van het licht (02:30) en het moment dat de ETR gelijk is aan de potentiële ETR (08:30) is de ETR bij Golden Beauty slechts 61% van de potentiële ETR som. Ikaria en Novara doen het wat beter (tabel 16), maar de benutting van het assimilatielicht in deze periode is duidelijk niet optimaal.



**Figuur 22** Tijdsverloop van lokale PAR (---), ETR (—) en potentiële ETR (- - -) van *Phalaenopsis* cv Golden Beauty op 29 oktober 2013 in afd 9.06 (diffuus glas). De metingen voor het bepalen van de potentiële fotosynthese werden om 09:00 uitgevoerd.

Ook bij deze resultaten moet aangetekend worden dat de metingen uitgevoerd zijn met één aparte meter per cultivar. Voor een goede vergelijking zouden minstens 4 meters per cultivar gebruikt moeten worden.

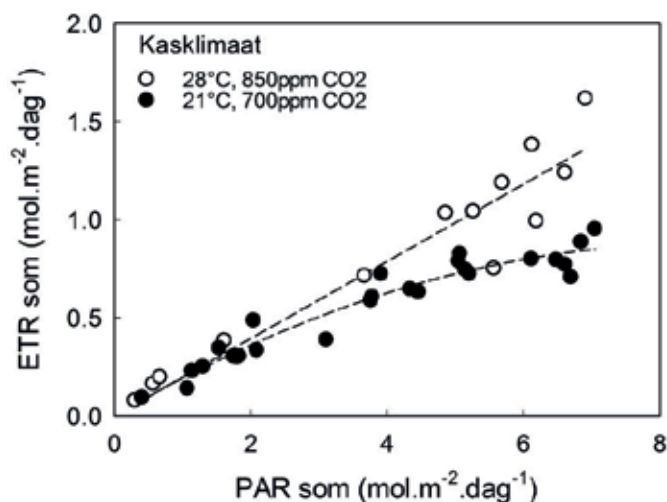
**Tabel 16**

*ETR gedurende inductieperiode als percentage van de potentiële ETR op 29 oktober 2013 in afd 9.06 (diffuus glas). De som van de ETR en de potentiële ETR werd berekend over de periode 02:30-08:30.*

	Novara	Golden Beauty	Ikaria
ETR/(potentiële ETR)	68,0%	61,2%	76,1%

#### 2.2.4.2 Daglichtkas

Met de Quad-PAM is cultivar Novara gevolgd in de periode 3 oktober – 14 november 2013. In het begin van deze periode gold het klimaat voor de opweekfase. Op 17 oktober is het klimaat aangepast voor de koelfase: een gerealiseerde etmaaltemperatuur van 21°C en een iets lager CO<sub>2</sub> niveau (ca. 700ppm). De klimaatgegevens in deze periode zijn te vinden in de figuren 6 t/m 14.



**Figuur 23** geeft het verband tussen de dagsom van de gemeten ETR als functie van de dagsom van de lokale PAR. Het is duidelijk dat bij hogere PAR de plant in de opweekfase meer ETR geeft (= betere lichtbenutting) dan in de koelfase. Vanaf een PAR som van 4 mol.m<sup>-2</sup>.dag<sup>-1</sup> is dit verschil in ETR som significant. Omdat zowel de kastemperatuur als het CO<sub>2</sub> niveau lager waren in de koelfase is niet duidelijk wat de precieze oorzaak van de lagere lichtbenutting in de koelfase is. Gelet op de kleine verlaging in CO<sub>2</sub> niveau is waarschijnlijk de lagere temperatuur de belangrijkste factor.

## 2.3 Energiegebruik

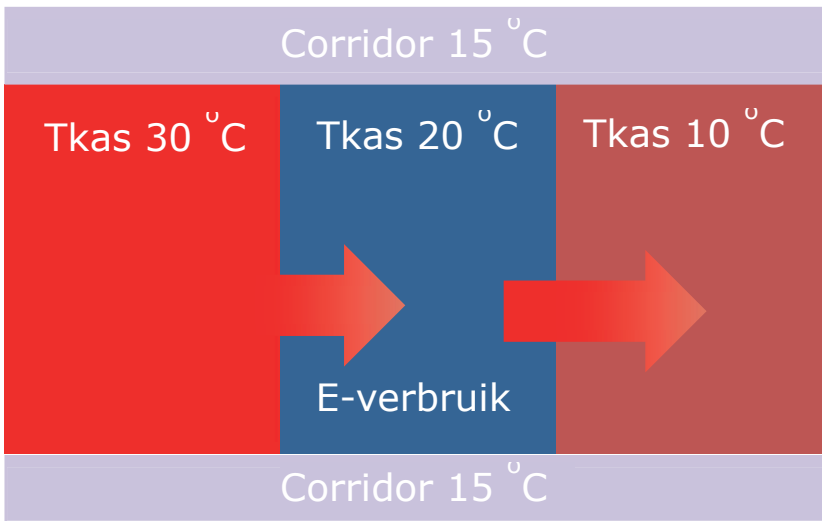
In deze paragraaf worden de gerealiseerde energiegebruiken van de teelten beschouwd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen warmte en elektriciteitsgebruik. Voor de elektriciteit wordt alleen het gebruik van de lampen besproken, alle andere elektriciteitsgebruikers als pompen, ventilatoren, ontsmetting, osmose e.d. worden hier buiten beschouwing gelaten.

### 2.3.1 Warmte

Het verwarmingssysteem in de kassen kent twee netten, een taferverwarming en bovenverwarming. De taferverwarming wordt als primair net ingezet waarbij de watertemperatuur (aanvoer) tot maximaal 40 oC op mag lopen. Zodra de watertemperatuur 37°C bereikt, komt het bovennet bij dat bestaat uit 3 x 51 mm buizen per kap van 4.8 m. Dit bovennet kan tot 80°C worden opgewarmd, echter is in deze proef niet boven de 60°C uitgekomen.

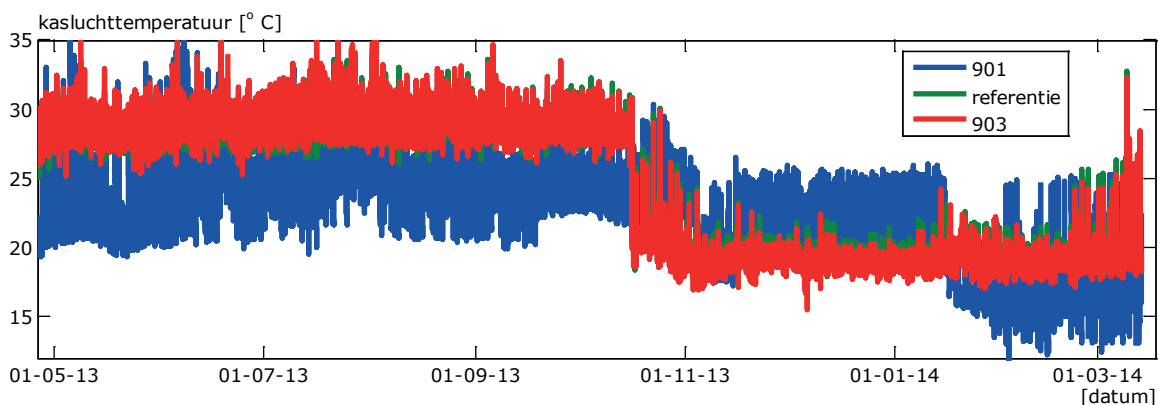
De warmteafgifte van het bovennet wordt berekend door middel van het temperatuurverschil buis – kaslucht, de buisdiameter en het aantal verwarmingsbuizen. Voor de taferverwarming zijn deze formules niet bruikbaar, omdat deze buizen tegen de tafel zijn geplakt. Daarvoor is één afdeling tijdelijk van een warmtemeter voorzien om de relatie buistemperatuur, kaslucht en warmteafgifte te bepalen. Dit was slecht tijdelijk mogelijk omdat de taferverwarming van aluminium is gemaakt. Door elektrochemische corrosie, tussen de tablet verwarming (aluminium) en de warmtemeet apparatuur (staal), is ter bescherming van de taferverwarming in een meetperiode van enkele weken de warmteafgifte van de taferverwarming met een warmtemeter gemonitord. Deze relatie is verondersteld voor de andere afdelingen gelijk te zijn. Aangezien de daglichtkas van warmtemeters was voorzien, is warmtegebruik hier altijd gebaseerd op deze meters.

Hoewel de kasafdelingen geen directe buitengevels hebben, de daglichtkas uitgezonderd, kunnen buurafdelingen wel degelijk het energiegebruik door het relatief grote tussengeveloppervlak beïnvloeden. Hiervoor wordt gecorrigeerd, afhankelijk of het gevelschem geopend of gesloten is geweest. Daarbij is alleen een correctie op het energiegebruik toegepast als er ook daadwerkelijk warmte de afdeling werd ingebracht. In figuur 24 is dit schematisch weergegeven. De verliezen naar de centrale corridors aan de voor en achterkant van de afdelingen worden als gelijk verondersteld.



**Figuur 24** Schematisch weergave warmtegebruik correctie ten gevolge van zijgevel effecten.

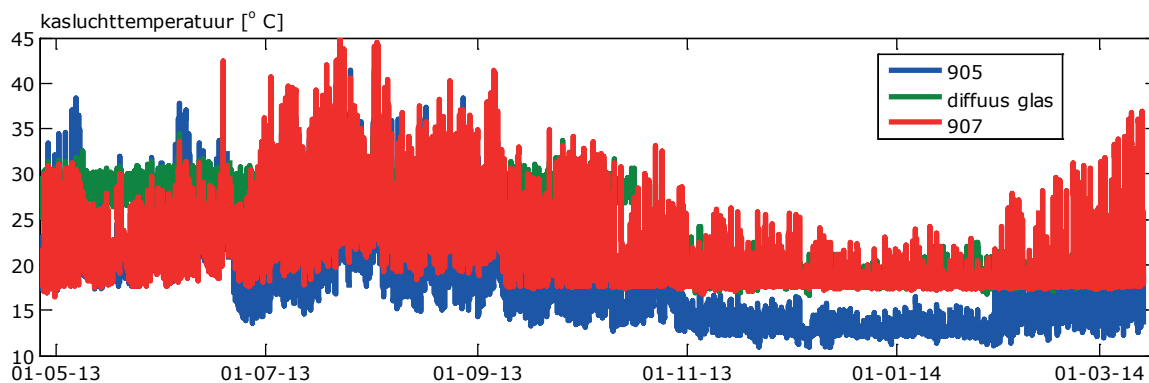
De daglichtkas is uitgerust met een afzonderlijk regelbaar gevelnet waardoor de gevelverliezen exact gecompenseerd worden. Hier wordt dan ook niet apart rekening gehouden met gevelverliezen. Voor de vergelijking van het energiegebruik is het goed te controleren of in de afdelingen ook een gelijke kasluchttemperatuur is gerealiseerd. Immers indien één van de afdelingen warmer wordt gestookt, zal dit (meestal) ook meer warmte vergen. In figuur 25 is voor afdeling 902 (de referentie afdeling) de gerealiseerde etmaaltemperatuur en die van de buurafdelingen (901 en 904) weergegeven. Afdeling 903 heeft een vrijwel gelijk temperatuurverloop als 902 wat logisch is gezien de diffuus doek behandeling in afdeling 904. Afdeling 901 daarentegen is tijdens de opkweek periode veel kouder en in de winter vaak juist weer warmer geweest dan de referentieafdeling (902).



**Figuur 25** Gerealiseerde kasluchttemperatuur in afdeling 902 (referentie) en de buurafdelingen tijdens de proef.

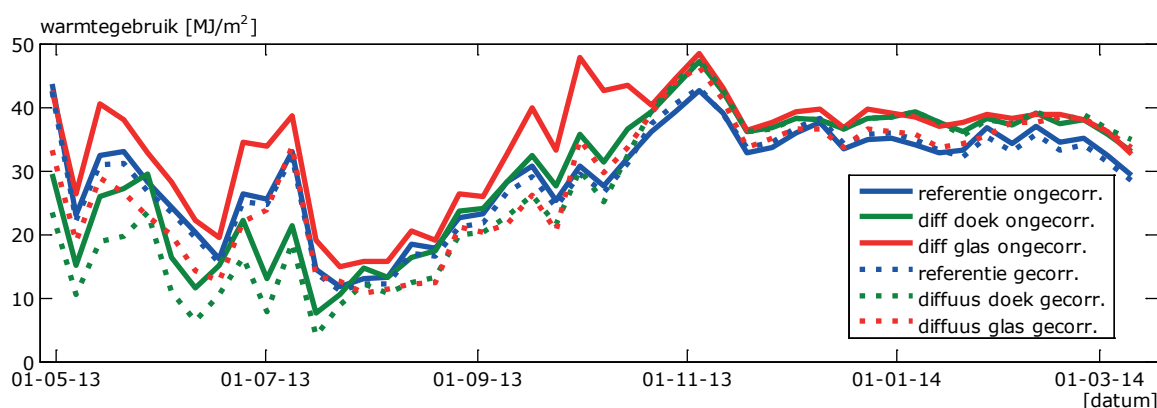
Voor afdeling 906 (diffuus glas) is dit in figuur 26 getoond.



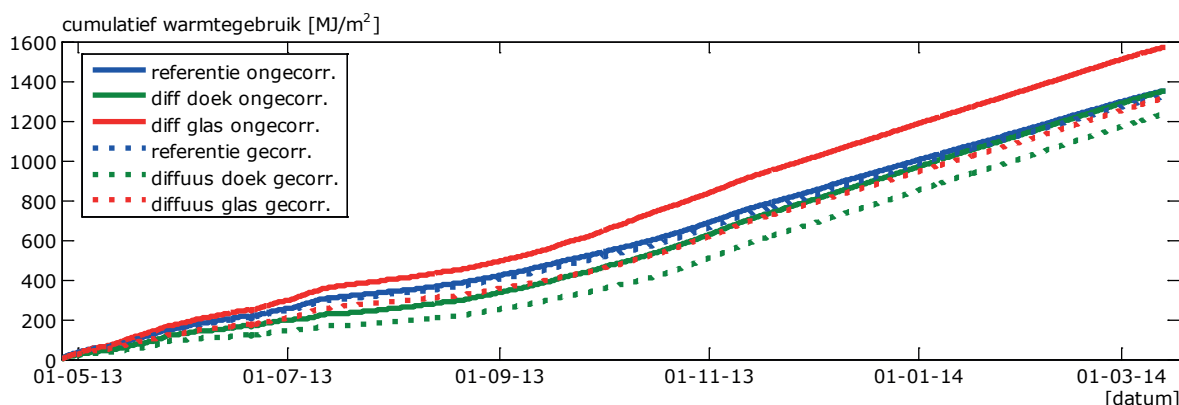


**Figuur 26** Gerealiseerde kasluchttemperatuur in afdeling 906 (diffuus glas) en de buurafdelingen tijdens de proef.

Per dag kan de correctie op warmtegebruik van de afdelingen aangepast moeten worden. In figuur 27 is het warmtegebruik per week per behandeling ongecorrigeerd (getrokken lijn) en gecorrigeerd (stippellijn) getoond.



**Figuur 27** Gerealiseerde warmte inbreng per afdeling per week ongecorrigeerd en gecorrigeerd voor zijgevel effecten tijdens de proef.

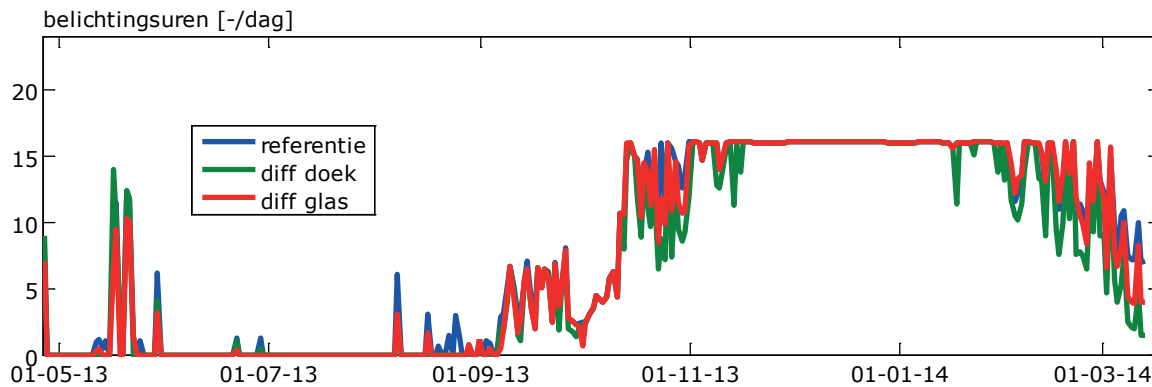


**Figuur 28** Gerealiseerde cumulatieve warmte inbreng per afdeling ongecorrigeerd en gecorrigeerd voor zijgevel effecten tijdens de proef.

Het gecorrigeerde warmtegebruik is 1325, 1236 en 1316 MJ/m<sup>2</sup> of te wel 41,9, 39,1 en 41,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> voor respectievelijk de referentie, diffuus doek en diffuus glas. Het lagere verbruik van het diffuus doek is vooral in de zomer van 2013 ontstaan. Wordt alleen de periode na augustus beschouwd, dan zijn de verschillen nog kleiner. Hier is geen verklaring voor.

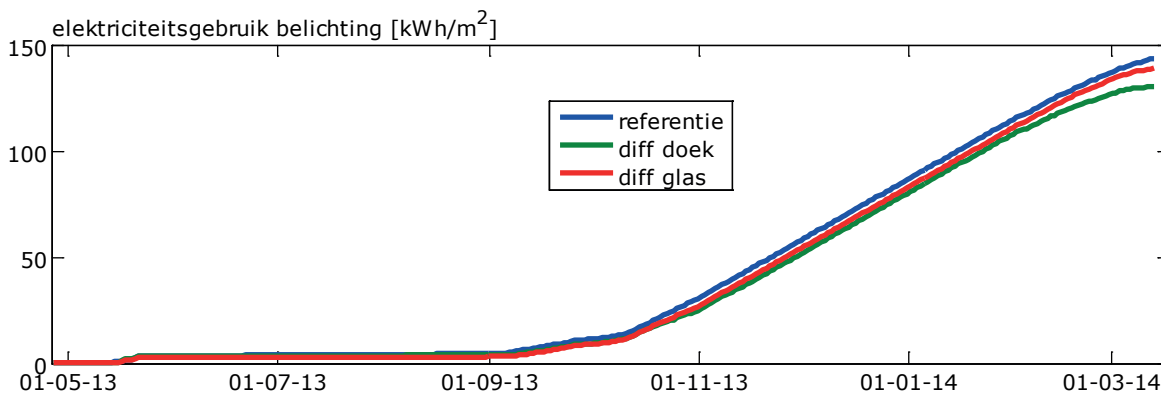
### 2.3.2 Elektriciteit

In deze paragraaf wordt alleen het elektriciteitsgebruik ten behoeve van de assimilatiebelichting besproken. De afdelingen waar assimilatielicht wordt toegepast, zijn uitgerust met 8 SONT-agro lampen van 1000 W per stuk. Het opgenomen vermogen van deze lampen bedraagt 1032 W per armatuur. De afdelingen zijn niet uitgerust met elektriciteitsmeters. De gebruiken worden berekend aan de hand van het aantal branduren (figuur 29) en het opgenomen elektrisch vermogen.



**Figuur 29** Gerealiseerde belichtingsuren per dag voor de verschillende behandelingen tijdens de proef.

De diffuus glas afdeling heeft op grond van het iets lagere gemeten PAR som (figuur 1.1) ook iets meer belichtingsuren gebruikt dan de diffuus doek afdeling. Deze belichtingsuren resulteren in een elektriciteitsgebruik zoals in figuur 30 getoond. De gebruiken zijn 143.6, 130.4 en 138.9 kWh voor respectievelijk de referentie, diffuus doek en diffuus glas behandeling.



**Figuur 30** Gerealiseerde cumulatieve elektriciteitsgebruik voor de verschillende behandelingen tijdens de proef.

### 2.3.3 Totaal energiegebruik

In de teeltfasen is een groot verschil in inzet van energie. Vooral de belichting in de wintermaanden vergt een grote inzet van primaire brandstof. Omdat warmte en elektriciteit een verschillende input van primaire energie kennen, zijn de warmtevraag en het elektriciteitsgebruik omgerekend naar  $m^3$  aardgas equivalenten. Voor warmte wordt uitgegaan van  $31.6 \text{ MJ}/m^3$  en voor elektriciteit wordt aangenomen dat uit  $1m^3$  4 kWh geproduceerd kan worden. In deze paragraaf wordt verder geen rekening gehouden met inzet van WKK, Voor alle energiestromen wordt aankoop van elders verondersteld. In tabel 17 is het totaal overzicht aan inzet voor warmte en elektriciteit van de opweek en koeling- afkweek-fase gegeven.

Tabel 17

Inzet van warmte, elektriciteit en het totale primaire brandstofgebruik voor de opkweek-, koeling- en afkweek-fase.

	warmtegebruik [MJ/m <sup>2</sup> ]			
	referentie	diff doek	diff glas	DagLichtKas
opkweek	571	411	521	469
koeling	283	300	291	-
afkweek	468	520	499	-
totaal	1321	1231	1311	469
	elektriciteitsgebruik [kWh/m <sup>2</sup> ]			
	referentie	diff doek	diff glas	DagLichtKas
opkweek	16,9	14,6	14,4	-
koeling	46,5	42,4	45,2	-
afkweek	81,1	74,3	80,2	-
totaal	144,5	131,3	139,8	-
	primaair brandstof gebruik [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]			
	referentie	diff doek	diff glas	DagLichtKas
opkweek	22,3	16,6	20,1	14,8
koeling	20,6	20,1	20,5	-
afkweek	35	35	35,8	-
totaal	77,9	71,7	76,4	14,8

#### 2.3.4 Discussie

In dit onderzoek is gestreefd naar een lichtniveau van 10 mol m<sup>2</sup> d<sup>-1</sup>. Dit lichtniveau heeft geen directe lichtschade gegeven bij Phalaenopsis. Wel is in het begin van het onderzoek geconstateerd dat de toegelaten lichtniveau 's voor de jonge planten te hoog leken te zijn. Dit werd geconstateerd, omdat kleine, jonge blaadjes bij sommige planten slap gingen hangen. De vraag is of dat dan ontstaat doordat instraling/temperatuur te hoog is geweest of dat er te weinig water is geven of dat het water niet gebruikt kon worden omdat er nog onvoldoende wortels aan de plant zaten om water aan te voeren. De strategie wekelijks één mol licht erbij, had in een ander onderzoek (5 weken eerder gestart) geen problemen opgeleverd met slappe blaadjes met de weggroei.

De Phalaenopsis cultivars die in het onderzoek zijn beproefd kunnen een lichtniveau van 10 mol m<sup>2</sup> d<sup>-1</sup> licht aan, Het is aan te bevelen om het licht langzaam op te bouwen, omdat er grote verschillen kunnen zijn in het lichtniveau waarbij de planten zijn opgekweekt bij de plantenkweker. Het lijkt ook beter om lichtniveaus pas op te gaan bouwen na 3 of 4 weken wanneer de nieuwe hartwortels voldoende gegroeid zijn, omdat de plant dan goed is aangepast aan de nieuwe teeltomstandigheden. De diffusiteit heeft in de onderzoek geen grote verschillen opgeleverd, terwijl dat wel verwacht was. Vooraf was ingeschat dat er bladschade op zou treden in de referentie afdeling, maar dat is niet gebeurd. Het is goed om de resultaten van de plantmonitoring te bekijken of er mogelijkheden zijn om de momentane lichtsturing verder te optimaliseren, omdat er wel efficiëntie verschillen zijn gemeten tussen de referentie en de diffuse behandelingen. Een andere mogelijkheid is dat de plant qua lichtverwerking aan het maximum van zijn kunnen zit, doordat het een CAM-plant is en opname en verwerking beperkt kunnen worden door de hoeveelheid malaat die gevormd is.

De belichtingsstrategie heeft een besparing in het elektriciteitsgebruik opgeleverd van een kleine 10% (diffuus doek ten opzichte van de referentie). Het hogere elektriciteitsgebruik van de diffuus glas behandeling ten opzichte van diffuus doek, is het gevolg van de sturing op het in vergelijking met de diff doek afdeling lagere PAR meting in de koel- en afkweekfase. Ondanks herhaaldelijke ijking van de PAR sensoren is weer eens gebleken hoe lastig deze meting in de kas is.

Het warmtegebruik is nog lastiger te bepalen door de grote variatie in temperaturen van de buurafdelingen. Het energiegebruik van de referentieafdeling is ondanks het hoger ingestelde setpoint een groot deel van de teelt wat lager uitgevallen. Hier is niet direct één waarschijnlijke verklaring voor te geven. Zo gaat het lagere energiegebruik van de diffuus doek afdeling in de opkweek samen met meer ventilatie wat duidt op een warmteoverschot in die periode voor de diffuus doek afdeling. In de afkweek als er volop belicht wordt, wordt een deel van de besparing op warmte in de referentie ongetwijfeld door het verhoogde elektriciteitsgebruik van deze behandeling veroorzaakt.

De besparing op primaire energie varieert tussen de 2 en 8% ten opzichte van de referentie.

## 3 Ontwikkeling plantmonitoring

### 3.1 Samenvatting

Er is een nieuw meetprotocol voor de Plantivity meter ontwikkeld waarmee een week lang gemeten kan worden zonder dat de meter het blad beïnvloedt, terwijl dat voorheen slechts 2-3 dagen was. Het nieuwe meetprotocol kan in de software van bestaande Plantivity meters ingebouwd worden. Verder is een protocol ontwikkeld om met behulp van een licht-respons meting met de Plantivity de potentiële bladfotosynthese te bepalen. Door deze meting aan het begin van de dag te doen is voor die dag de potentiële fotosynthese bekend. Bij Phalaenopsis werd op de eerste helft van de dag veelal een goede overeenstemming tussen potentiële en gerealiseerde bladfotosynthese gevonden. Daaruit mag geconcludeerd worden dat het kas klimaat optimaal is geweest voor de bladfotosynthese. Later op de dag lag de gerealiseerde fotosynthese vaak een stuk lager dan de potentiële fotosynthese, waarschijnlijk door opraken malaatpool waardoor substraat voor de fotosynthese opraakt. Met de experimentele Quad-PAM bleek het mogelijk om met de 4 meetkoppen een betrouwbare meting van de fotosynthese uit te voeren.

Belangrijkste winst voor de tuinders is dat langer aan een blad gemeten kan worden en dat met de potentiële bladfotosynthese de tuinder kan schatten of het klimaat goed afgestemd is op de plant.

### 3.2 Inleiding

Het project 'Grip op Licht' bestaat uit twee onderdelen. Aan de ene kant worden de energiebesparende mogelijkheden van diffuus glas, diffuus scherm, daglichtkas in combinatie met meer licht toelaten bij de teelt van schaduwminnende potplanten volgens Het Nieuwe Telen getest. Aan de andere kant wordt plantmonitoring verder ontwikkeld om de tuinders een middel te geven om de status van de planten continu in de gaten te houden en het ontstaan van lichtschade vroegtijdig te voorkomen. De enige meter die hiervoor geschikt is de Plantivity. De Plantivity heeft echter als nadeel dat de meter elke 2 à 3 dagen op een ander blad gezet moet worden omdat de meter het blad beïnvloedt. Allereerst is onderzocht of deze nadelen van de bestaande Plantivity-meter aangepakt kunnen worden (paragraaf 4.3.1). Daarnaast is het belangrijk om te weten of het extra daglicht ook goed benut wordt door de plant. Een goede manier is het vergelijken van de gerealiseerde bladfotosynthese met de potentiële bladfotosynthese. De potentiële bladfotosynthese bij een bepaalde lichtintensiteit zou bepaald kunnen worden met een snelle meting van de lichtrespons met de Plantivity (paragraaf 4.3.2). Om de data van de Plantivity beter toegankelijk te maken zijn analysemodules ontwikkeld waarmee dagsommen (4.3.3), begin van periode met hoge lichtbelasting (4.3.4), efficiëntie van lichtbenutting (4.3.5) en maximale lichtbenutting (4.3.6) bepaald kunnen worden. Tenslotte is met een experimentele Quad-PAM aangetoond dat met 4 meetkoppen een betrouwbare (fout < 5%) bepaling van de ETR mogelijk is (4.3.7).

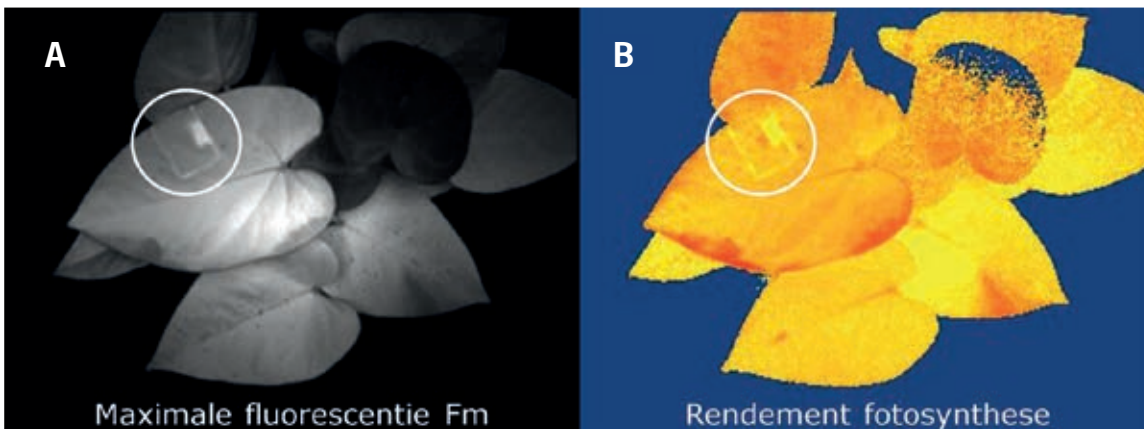
### 3.3 Verbeteringen toepasbaarheid Plantivity

#### 3.3.1 Invloed meter op blad

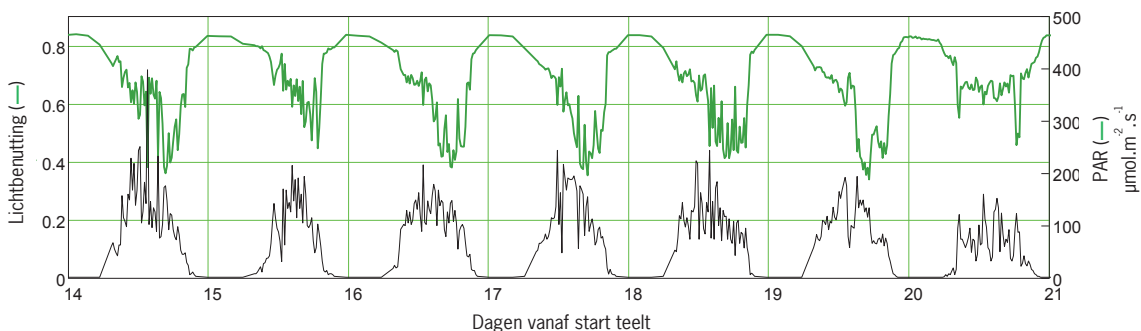
Uit de praktijk blijkt dat de Plantivity elke twee tot drie dagen op een ander blad geplaatst moet worden om betrouwbare metingen te krijgen. Dit wordt veroorzaakt door een effect van de Plantivity op het blad waardoor de maximale fotosynthese-efficiëntie 's nachts tijdens opeenvolgende nachten lager wordt. Dit instrument effect zorgt er voor dat het gemeten blad mogelijk teveel gaat afwijken van de overige bladeren en dus niet meer representatief is voor de rest van het gewas. Met een LED fluorescentie-camera is gekeken hoe de Plantivity het blad beïnvloedt.

Figuur 31 laat zien dat zowel de maximale fluorescentie FM (Fig. 31A) als het rendement van de fotosynthese (Fig. 31B) beïnvloed wordt. De toename in FM en rendement fotosynthese ter plekke van de bladklem is mogelijk te wijten aan de beschadiging van het blad door de bladklem. Dit effect is lokaal en beïnvloedt niet de meetspot. De plek waar het meetlicht van de Plantivity op het blad schijnt is in Figuur 31B te zien als een rondje met een lager fotosynthese-rendement dan de omgeving. Hiermee is aangetoond dat het meetlicht van de Plantivity er voor zorgt dat de meetspot op het blad gaat afwijken en daardoor het niet meer representatief is voor het blad.

Het meetprotocol voor de Plantivity is aangepast door het meetlicht tussen de metingen uit te zetten en de tussenpauzes tussen de metingen in de nacht te vergroten naar 1x per 2 uur. In Figuur 32 is een tijdserie metingen te zien met de nieuwe aansturing. De Plantivity heeft de hele week op hetzelfde blad gestaan en het is duidelijk dat het rendement van de fotosynthese 's nachts gedurende de hele week ruim boven de grenswaarde van 0.80 uitkomt. Het wisselen van blad hoeft dus niet meer elke 2-3 dagen, maar nog maar eens per week.



**Figuur 31** Beelden van maximale fluorescentie (A) en fotosynthese-efficiëntie (B) van *Anthurium Royal Champion* waaraan gedurende een week met de Plantivity gemeten is. Opname gemaakt met een LED fluorescentie-camera. De cirkels geven aan waar bladklem was gemonteerd. Bron: van Noort et al. 2013.



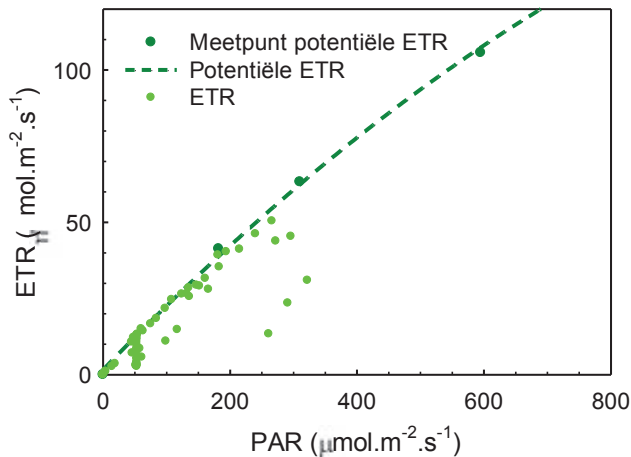
**Figuur 32** Tijdsverloop Lichtbenutting fotosynthese en PAR in de periode van 9 t/m 16 mei 2013 in compartiment 9.03 (diffuus scherm). Gemeten aan derde blad van *Phalaenopsis 'Ikaria'* met Plantivity gebruikmakend van verbeterd meetprotocol.

### 3.3.2 Bepaling potentiële bladfotosynthese

Er is ook gekeken of er naast de huidige monitoring nog meer bruikbare informatie kan worden verzameld uit de Plantivity meters. Naast het routinematig monitoren van de fotosynthese kan er ook gebruik worden gemaakt van de interne lichtbron om de potentiële bladfotosynthese te schatten door de licht-respons van een blad te meten. Hierbij wordt de fotosynthese bij een aantal lichtintensiteiten gemeten. In de eerste teelt is er elke ochtend om 9.00u een licht-respons bepaald in vier stappen (vier lichtniveaus) van elk 3 minuten.

Omdat de meting plaatsvindt aan het begin van de dag, waarbij het blad om 9.00u 's ochtends nog geen hoge lichtintensiteit te verduren heeft gehad, kan deze licht-respons een goede indicatie geven voor de potentiële fotosynthese als functie van lichtintensiteit. Uit de metingen in Figuur 33 blijkt dat de ETR waarden verzameld tijdens de monitoring gedurende de dag (lichtgroene lijn) deels op dezelfde kromme vallen als de punten van de licht-respons curve.

Een deel van de ETR waarden tijdens de monitoring ligt een stuk lager dan de potentiële ETR. In die gevallen is duidelijk zichtbaar dat de fotosynthesecapaciteit van de plant op dat moment lager is dan 's morgens tijdens de bepaling van de potentiële ETR. Dit is ook gemeten met assimilatiemetingen met de Licor fotosynthesemeter (Trouwborst *et al.* 2013).

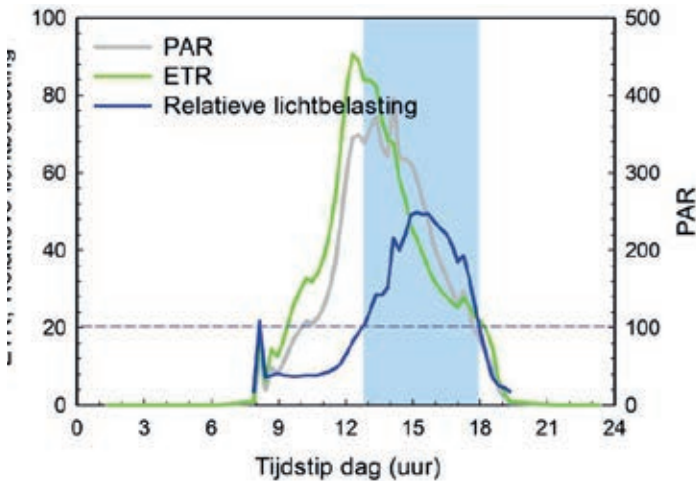


**Figuur 33** Licht-respons van de fotosynthese (ETR) gemeten met een korte licht-respons curve om 09:00 (●) en gemeten tijdens reguliere monitoring (●). De lijn is gefit door de meetpunten van de potentiële ETR. De potentiële ETR lijn geeft bij elke PAR waarde aan wat de waarde van de potentiële ETR is. De metingen zijn verricht aan *Phalaenopsis 'Ikaria'*.

### 3.3.3 Bepaling dagsommen

De lokale PAR, ETR, lichtbelasting en lichtschade zijn constant verondersteld in de periode van 7.5min voor tot 7.5 min na een meting. De meetfrequentie was 1x per 15min gedurende de lichtperiode. De dagsom werd berekend door elke meetwaarden te integreren over 15 min en alle meetwaarde op een dag bij elkaar op te tellen.

### 3.3.4 Bepaling moment start hoge lichtbelasting



**Figuur 34** Tijdsverloop van lokale PAR, fotosynthese (weergegeven als elektronentransport, ETR) en relatieve lichtbelasting van *Phalaenopsis cv Icaria* op 30 september 2013 in afd 9.06 (diffuus glas). De blauwe onderbroken lijn is de gekozen drempelwaarde voor de Relatieve lichtbelasting. Waarden van de relatieve lichtbelasting boven de 20 worden geclassificeerd als hoog. Het lichtblauwe gebied geeft de periode van de dag aan waarin de lichtbelasting hoog is. ETR, Relatieve lichtbelasting en PAR in  $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

De lichtbelasting van een blad is evenredig met de lokale PAR (Dankers *et al.* 2011). Daarom is de relatieve lichtbelasting (lichtbelasting gecorrigeerd voor PAR) een betere maat voor de fysiologische toestand van het blad. Op dagen met normaal lichtniveau loopt de relatieve lichtbelasting op een gegeven moment van de dag sterk op en neemt de efficiëntie van de fotosynthese af. In Fig. 34 gebeurt dat om ongeveer 13.00 uur en de periode met hoge lichtbelasting houdt aan tot 18.00 uur. Om deze periode objectief te kunnen bepalen is een algoritme ontwikkeld dat rekening houdt met de lokale PAR en de hoogte van de lichtbelasting van de naburige meetpunten.

De criteria voor de definitie van hoge lichtbelasting zijn:

- PAR > 10  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .
- Relatieve lichtbelasting > 20.

Met deze criteria is berekend op welke tijdstippen de relatieve lichtbelasting hoog was. Het begin van de periode met hoge lichtbelasting is eerste tijdstip van een aaneengesloten periode van minimaal 3 meetpunten (=0.5 uur). Het eind van de periode met hoge lichtbelasting is het laatste meetpunt met hoge lichtbelasting. Mocht er na deze periode nog een periode met hoge lichtbelasting geweest zijn, dan is die niet meegenomen in de berekening.

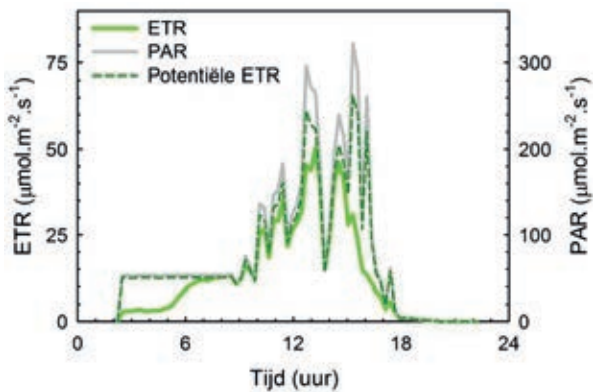
### 3.3.5 Berekening efficiëntie assimilatielicht tijdens inductie fotosynthese

Voor het berekenen van de efficiëntie van het assimilatielicht tijdens de inductie van de fotosynthese is eerst de potentiële bladfotosynthese (ETR) berekend zoals beschreven in 4.3.2. Vervolgens zijn de ETR en de potentiële ETR gesommeerd over de periode vanaf de start van de belichting tot het moment dat de ETR gelijk was aan de potentiële ETR. De efficiëntie van het assimilatielicht tijdens deze inductieperiode wordt als volgt gedefinieerd:

- efficiëntie assimilatielicht = som ETR / som potentiële ETR (sommatie over inductieperiode)

Figuur 35 geeft een voorbeeld van een meting bij Golden Beauty. De inductieperiode start om 02:30 met het aangaan van het licht en eindigt om 08:30 als de ETR gelijk is aan de potentiële ETR.





**Figuur 35** Tijdsverloop van lokale PAR (---), ETR (—) en potentiële ETR (- - -) van *Phalaenopsis* cv Golden Beauty op 29 oktober 2013 in afd 9.06 (diffuus glas). De assimilatiebelichting start om 02:30.

### 3.3.6 Bepaling maximale lichtbenutting

De maximale lichtbenutting is alleen te bepalen aan bladeren die minimaal 30 minuten volledig donker gestaan hebben. Omdat de Plantivity ook 's nachts doormeet, zijn die data beschikbaar. Er is een routine geschreven die uit de data de meetpunten selecteert die voldoen aan de volgende criteria:

1e meetpunt na begin nieuwe dag.

Lokale PAR < 2  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ .

Uit deze meetpunten is de maximale lichtbenutting voor die dag berekend.

### 3.3.7 Nieuwe hardware: Quad-PAM

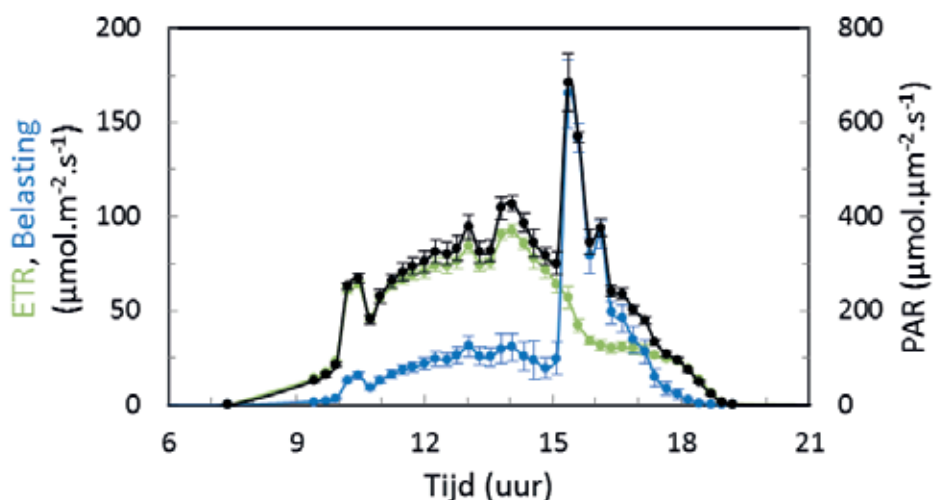
De Quad-PAM (zie Fig. 2 voor overzicht en Fig. 36 voor detail) is een experimentele meter met 4 meetkoppen gebaseerd op hetzelfde meetprincipe als de Plantivity. Elke meetkop heeft naast een fluorescentiesensor ook nog een PAR sensor en een thermokoppel voor het meten van bladtemperatuur. De Quad-PAM werd aangestuurd via een script voor het programma Wincontrol (Walz GmbH) onder Windows 7.



**Figuur 36** Experimentele Quad-PAM van Gademann Instruments op *Phalaenopsis* blad in de daglichtkas.

Anders dan bij de Plantivity wordt het licht met een dunne lichtgeleider tot bij het blad gebracht. Doordat de meetkop een stuk kleiner is dan bij de Plantivity, valt er minder schaduw op het blad. Door de lichtgeleider is de meetvlek ook wat kleiner dan bij de Plantivity.

Het is bekend dat er bij Phalaenopsis nog al wat variatie tussen individuele planten kan zijn. Om deze variatie in kaart te brengen is de Quad-PAM gebruikt om in de daglichtkas 4 Phalaenopsis planten te volgen. De meetkoppen zijn op het derde blad geplaatst en bovendien op eenzelfde plaats op het blad. Figuur 37 toont het verloop van PAR, ETR en lichtbelasting gedurende een dag in oktober.



**Figuur 37** Verloop van PAR, fotosynthese (ETR) en lichtbelasting van *Ikaria* in de daglichtkas op 2 oktober 2013. De punten zijn het gemiddelde van de Quad-PAM metingen aan bladeren van 4 verschillende planten. De foutenblaken geven de standaardfout weer.

Aan het begin en aan het eind van de dag is de variatie tussen de vier metingen klein. Midden op de dag is de variatie wat groter. Voor een deel wordt dat veroorzaakt door variatie in licht (PAR). Waarschijnlijk spelen hier schaduwwerking van structurele elementen en mogelijk bovenliggende bladeren van dezelfde plant een rol. De variatie in ETR is ook vrij klein, maar de variatie in lichtbelasting is midden op de dag een stuk groter dan 's morgens of 's avonds. Voor een aantal afgeleide parameters laat Tabel 18 zien dat met 4 meetkoppen toch een goede schatting van de planteigenschappen bepaald kan worden. De relatieve fout ten gevolge van de variatie tussen de combinatie van microklimaat en plant respons is kleiner dan 1% voor de maximale lichtbenutting en kleiner dan 5% voor de ETR som. De fout in de bepaling van de lichtbelasting som is een stuk groter (<15%).

Tabel 18

Analyse van enkele parameters berekend uit de Quad-PAM meetdata uit figuur 37. Eenheden van de PAR, ETR en Lichtbelasting som:  $\text{mol.m}^{-2}.\text{dag}^{-1}$ . De Maximale lichtbenutting is dimensieloos.

Parameter	Meetwaarden per meetkop				Resultaat van 4 meetkoppen		
	#0	#1	#2	#3	Gemiddelde	Fout	Relatieve fout
PAR som	9,15	7,80	9,38	8,54	8,72	0,35	4,1%
ETR som	2,02	1,67	1,75	1,80	1,81	0,07	4,1%
Lichtbelasting som	0,68	0,83	1,28	0,89	0,92	0,13	13,9%
Max. lichtbenutting	0,752	0,769	0,741	0,755	0,754	0,006	0,8%

### 3.3.8 Workshop Nieuwe mogelijkheden Plantivity in de praktijk

Op 6 maart 2014 is door Plant Dynamics en Wageningen UR Glastuinbouw voor telers, veredelaars en toeleveringsbedrijven in Bleiswijk de workshop Nieuwe mogelijkheden van de Plantivity in de praktijk georganiseerd (zie Fig. 38). Met meer dan 60 externe deelnemers was de workshop erg succesvol. Na een presentatie over huidige toepassingen werden nieuwe mogelijkheden van de Plantivity gepresenteerd. Deze kwamen deels uit het project Grip op Licht en uit het project Optimalisatie van het Nieuwe Telen (werkpakket Fotosynthesemonitoring). Uit de evaluatie blijkt dat de deelnemers de workshop beoordeelden met gemiddeld een 8. Verder hebben 16 bedrijven aangegeven bij de verdere ontwikkelingen van de Plantivity betrokken te willen worden. Plant Dynamics en Adviesbureau JFH Snel hebben aangegeven de Plantivity verder te willen ontwikkelen en zullen Wageningen UR en deze bedrijven bij de verdere ontwikkeling van de Plantivity betrekken.

# Nieuwe mogelijkheden van de Plantivity in de praktijk



## Over de Plantivity

Fen Plantivity meet een aantal parameters van de bladfotosynthese. Hiermee kan een teler zien hoe actief zijn gewas is en of het gewas geen stress heeft. Inmiddels worden er in de tuinbouw zo'n 100 Plantivity meters gebruikt.

Recent onderzoek biedt nieuwe kansen en mogelijkheden voor de Plantivity:

- Handzamer, goedkoper en minder zorg.
- Nu ook bladtemperatuur.
- Potentiele bladfotosynthese als benchmark voor optimaliseren kasclimaat.
- Opschaling naar gewasfotosynthese.

## Over de workshop

Er liggen dus geweldige kansen voor telers om betere informatie te krijgen over de fotosynthese van hun gewas. Of dit ook gaat gebeuren hangt af van de markt.

In deze workshop willen Plant Dynamics en Wageningen UR Glastuinbouw u, telers van potplanten, groenten en snijbloemen, adviseurs, toeleveranciers en veredelaars informeren over deze nieuwe ontwikkelingen.

Tenslotte willen we met u van gedachten willen wisselen hoe deze vernieuwde Plantivity's het best ingezet kunnen worden voor een betere en veiligere teelt.

De workshop wordt georganiseerd door Wageningen UR Glastuinbouw en Plant Dynamics met bijdragen van Productschap Tuinbouw, Ministerie van Economische Zaken, Biosolar Cells, Kas als Energiebron, Guardian en Svensson.

Datum: 6 maart 2014  
Locatie: Violierenweg 1, Bleiswijk  
Tijd: 14.30 - 17.30 uur

Deelname is gratis. Meer [informatie](#) op de site van Wageningen UR Glastuinbouw <http://www.wageningenur.nl/glastuinbouw>

## Programma workshop

- 14:30 Ontvangst met koffie en thee
- 15:00 Opening - Leo Marcelis (Wageningen UR)
- 15:05 Toepassingsmogelijkheden Plantivity Sander Pot (Plant Dynamics)
- 15:25 Nieuwe mogelijkheden voor de Plantivity Jan Snij (Wageningen UR)
- 15:45 Pauze
- 16:15 Telers aan het woord over de Plantivity o.j.v. Eric Poot (Wageningen UR)
- 17:15 Samenvatting en afsluiting Leo Marcelis (Wageningen UR)



**WAGENINGEN UR**  
For quality of life



**Figuur 38** Aankondiging Workshop Nieuwe mogelijkheden Plantivity in de praktijk.

## 3.4 Conclusies ontwikkeling plantmonitoring

- Verbetering meetprotocol.
  - Het in jaar 1 ontwikkelde meetprotocol om een week lang aan één blad te kunnen meten werkt ook bij Phalaenopsis.
  - Het meetprotocol kan in bestaande Plantivity-meters geïmplementeerd worden.
- Potentiële ETR (fotosynthese):
  - De potentiële ETR geeft aan welke ETR de plant bij een bepaalde lichtintensiteit en klimaat kan leveren. Door 's morgens te meten spelen limitaties door beperkte sink, lagere geleidbaarheid huidmondjes en beschikbaarheid malaat geen rol.
  - Het in jaar 1 ontwikkelde meetprotocol om uit de licht-respons de potentiële ETR (fotosynthese) te bepalen werkt ook bij Phalaenopsis.
- Dagsommen. Uit de data van de Plantivity kunnen dagsommen van lokale PAR, ETR, lichtbelasting en lichtschade berekend worden
- Efficiëntie van assimilatielicht. Met behulp van de potentiële ETR kan de efficiëntie van het assimilatielicht bepaald worden.
- Bepaling start hoge lichtbelasting. Er is een rekenmethode ontwikkeld om automatisch het moment van de dag te bepalen waarop de lichtbelasting hoog wordt.
- Quad-PAM. Met de experimentele Quad-PAM is betrouwbare (fout ETR < 5%) monitoring van fotosynthese mogelijk.
- Nieuwe methode schatten lichtbelasting. De in jaar 1 ontwikkelde methode voor het schatten van lichtbelasting op basis van absorptieveranderingen werkt niet bij Phalaenopsis. De kleine bladabsorptieveranderingen waaruit de lichtbelasting berekend wordt, worden gemaskeerd door grote absorptieveranderingen van het blad.
- Op 6 maart 2014 is een succesvolle workshop Nieuwe mogelijkheden Plantivity in de praktijk georganiseerd waarin telers, veredelaars en toeleveranciers geïnformeerd zijn over de nieuwe mogelijkheden van de Plantivity.



## 4 Conclusies

De hoofdconclusie van dit onderzoek is dat er bij de teelt van Phalaenopsis meer natuurlijk licht kan worden toegelaten dan gebruikelijk in de praktijk. De hoge lichtniveaus kunnen vooral toegepast worden als het licht diffuus gemaakt wordt door glas of schermdoek. Zeker als de overige teeltomstandigheden goed zijn, dan zal in ieder geval tot  $10 \text{ mol PAR m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  niet snel schade aan de planten optreden, terwijl de groei wel gestimuleerd wordt. Als planten opgekweekt zijn bij lagere lichtniveaus, is het wel belangrijk dat de hoge lichtniveaus geleidelijk worden opgebouwd. Plantmonitoring met fluorescentiemeters, zoals Plantivity, kan handig hulpmiddel zijn om risico op een te hoog lichtniveau vroegtijdig te detecteren.

Het Licht van assimilatielampen blijkt bij Phalaenopsis niet altijd efficiënt gebruikt te worden door de bladeren. Hier liggen duidelijk kansen voor optimalisatie van de teelt. Plantmonitoring kan hierbij ook helpen om de optimale belichting te vinden.

### 4.1 Teelt

#### 4.1.1 Productie/kwaliteit

- Aan het einde van de opkweek hebben de planten vanuit de daglichtkas en vanuit de behandeling met diffuus glas betrouwbaar meer bladoppervlak en versgewicht in blad en wortels gemaakt dan onder diffuus doek en de referentie.
- Door aanpassing van het klimaat (lichtintegratie en temperatuurverlaging) om energie te besparen tijdens winterperiode in de behandelingen met diffuus licht, is deze voorsprong in groei teniet gedaan.
- De planten van de referentie waren ongeveer een week eerder in bloei, omdat een stooktemperatuur één graad hoger lag dan bij de andere behandelingen.
- De Phalaenopsis cultivars die in het onderzoek zijn beproefd kunnen een lichtniveau van  $10 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  licht aan, Het is aan te bevelen om het licht langzaam op te bouwen, omdat er grote verschillen kunnen zijn in het lichtniveau waarbij de planten zijn opgekweekt bij de plantenkweker. Het lijkt ook beter om het lichtniveaus pas op te gaan bouwen na 3 of 4 weken wanneer de nieuwe hartwortels voldoende gegroeid zijn, omdat de plant dan goed is aangepast aan de nieuwe teeltomstandigheden.

#### 4.1.2 Energiebesparing

- Toepassen van lichtintegratie en het verlagen van de stooktemperatuur tijdens de koelfase en afkweek die in winterhalfjaar plaatsvonden, had een beperkt effect op energiebesparing, terwijl de teelt wel ongeveer een week vertraagd werd. Energiebesparing door andere maatregelen dan verlagen van temperatuur zal natuurlijk wel invloed hebben op het energiegebruik.
- Wanneer koeling en afkweek in de daglichtkas zouden zijn uitgevoerd (met assimilatielicht), zou dat geen gevolgen gehad hebben voor het elektriciteitsgebruik, maar wel voor het warmtegebruik ==> dat wordt (wat) lager en dan voor de warme fase meer dan voor de koeling. De belichting gaat een warmteoverschot creëren, dat bij de warme fase kleiner is dan tijdens de koeling, In de warme fase moet er wel één derde afkunnen en in de koude fase 20 a 25%. Overall een kleine 25% lager op warmte, mits de instellingen van de minimumbuizen niet veranderen.

## 4.2 Plant Monitoring

### 4.2.1 Ontwikkeling plantmonitoring

- Met nieuw meetprotocol kan de Plantivity minimaal een week lang aan hetzelfde blad meten zonder het blad te beïnvloeden.
- Met nieuw meetprotocol meet de Plantivity de potentiële ETR (fotosynthese). Met de potentiële fotosynthese kan bv. de efficiëntie van assimilatielicht bepaald worden.
- Berekening van maximale lichtbenutting en dagsommen van lokale PAR, ETR, lichtbelasting en lichtschade uit Plantivity data.
- Er is een rekenmethode voor Phalaenopsis ontwikkeld om automatisch het moment van de dag te bepalen waarop de lichtbenutting omlaag gaat en de lichtbelasting hoog wordt.
- Met de experimentele Quad-PAM is aangetoond dat met 4 meetkoppen een betrouwbare (fout in ETR < 5%) monitoring van fotosynthese mogelijk is.

### 4.2.2 Toepassing plantmonitoring

- Van de gevolgde rassen hadden Novara en Golden Beauty regelmatig last van lichtschade. De gebruikte lichtniveaus waren voor deze cultivars waarschijnlijk aan de hoge kant.
- Diffuus licht vermindert foto-inhibitie. In de weken 19-22 hadden de planten in de referentieafdeling (helder glas) duidelijk meer lichtschade (fotoinhibitie) dan in de afdeling met diffuus glas.
- In de opkweekfase is het moment waarop de lichtbenutting laag en de lichtbelasting hoog wordt variabel:
  - tot week 26 lijkt de grootte van de malaatpool bepalend.
  - vanaf week 26 is een andere, onbekende factor verantwoordelijk voor het begin van de periode met hoge lichtbelasting.
- In de koelfase is de lichtbenutting van het assimilatielicht in de eerste uren van de belichting bij alle cultivars laag. Voor Golden Beauty ligt de gerealiseerde ETR (fotosynthese) in de eerste 6 uur van de belichting zo'n 40% lager dan de potentiële ETR.
- Bij een etmaaltemperatuur van 21 °C en 700ppm CO<sub>2</sub> is de de fotosynthese van Novara bij lichtsommen groter dan 4 mol.m<sup>-2</sup>.dag<sup>-1</sup> duidelijk lager dan bij een etmaaltemperatuur van 28 °C en 800 ppm CO<sub>2</sub>.
- De lagere temperatuur in de koelfase leidt bij Novara, Golden Beauty en Ikaria in alle afdelingen ook tot meer lichtschade. Dat blijkt uit de lagere maximale lichtbenutting. Die verlaging is het kleinst bij Ikaria en het grootst bij Golden Beauty.

### 4.2.3 Workshop Nieuwe mogelijkheden van de Plantivity in de praktijk

- Op 6 maart 2014 is door Plant Dynamics en Wageningen UR Glastuinbouw voor telers, veredelaars en toeleveringsbedrijven in Bleiswijk de workshop Nieuwe mogelijkheden van de Plantivity in de praktijk georganiseerd (zie Fig. 38).
- Met meer dan 60 externe deelnemers was de workshop erg succesvol.
- Na afloop hebben 16 bedrijven aangegeven bij ontwikkeling van de Plantivity betrokken te willen worden.
- Plant Dynamics en Adviesbureau JFH Snel hebben aangegeven, samen met Wageningen UR en geïnteresseerde bedrijven, de Plantivity verder te willen ontwikkelen en in de markt te zetten.



## 5 Literatuur

- Dankers, P., Rooij, E. de., Verberkt, H., Blaakmeer, A., Roovers-Huijben, T., Pot, S., Trouwborst, G. 2011.  
GrowSense 2. Energiebesparing door optimalisering van de teeltfactoren temperatuur, CO<sub>2</sub>, licht en VPD op basis van plantreacties. Rapport PT 13236.
- Dueck, T., Boer, P. de, Noort, F. van. 2010.  
Teeltversnelling Phalaenopsis door klimaat optimalisatie. Rapport GTB 1016. Wageningen UR Glastuinbouw.
- Noort, F. van., Kempkes, F., Zwart, F. de., 2011.  
Het Nieuwe Telen Potplanten - meer licht toelaten bij wijdere temperatuurgrenzen bij een hogere luchtvochtigheid. Rapport GTB-1093. Wageningen UR Glastuinbouw.
- Noort, F. van., Kromdijk, W., Snel, J., Warmenhoven, M., Meinen, E., Li, T., Kempkes, F., Marcelis, L. 2013.  
Grip op licht' bij potanthurium en bromelia. Rapport GTB-1287. Wageningen UR Glastuinbouw.
- Sonneveld, P. J. Swinkels, G. L. A. M., Tuijl, B. A. J. van., Janssen, H. J. J., Gieling, T. H. 2011.  
A Fresnel lenses based concentrated PV system in a greenhouse. Acta Hort. 893,343-350.
- Trouwborst, G., Hogewoning, S., Pot, S. 2013.  
Meer rendement uit licht en CO<sub>2</sub> bij Phalaenopsis. Rapport PT 14922.



# Bijlage I. Begrippen en afkortingen

Begrip	Omschrijving
Lichtschade	Kans op beschadiging fotosyntheseapparaat (GrowSense 2. Dankers <i>et al.</i> 2011).
Fotoinhibitie	Beschadiging van fotosysteem II.
Bladschade	Vermindering van visuele kwaliteit blad.
Fluorescentie	Heruitzending van opgevangen licht. De kleur is rood, ongeacht de kleur van het opvallende licht.
Visuele schade	Zie bladschade.

Afkorting	Omschrijving
F	Fluorescentie.
FM of FM	Maximum fluorescentie in het donker.
FM' of FM'	Maximum fluorescentie in het licht.
F0	Minimum fluorescentie in het donker.
FV of FV	Variabele fluorescentie ( $FV=FM-F0$ ).
FV/FM of Fv/Fm	Maximum rendement fotosynthese van PSII.
$\Delta F/FM'$	Rendement fotosynthese PSII.
ETR	Snelheid van PSII elektrontransport.
PAR	Photosynthetically active radiation.
PPFD	Photosynthetic Photon Flux Density.
VPD	Dampdrukverschil voor water.
PSII of PS2	Fotosysteem II.



## Bijlage II. Kasplattegrond

Referentie, afdeling 9.02									
Tafelnummer					tafelnummer				
7					14				
6	atlantis	precious	Monte b	Dawson	13	dawson	precious	purple h.	monte b
5	Novara	Ikaria	novara	gb/il/wp	12	monte b.	Dawson	precious	misty m
4	York	gb/il/wp*	york	Ikaria	11	atlantis	purple h.	monte b.	dawwson
3	Ikaria	Novara	gb/il/wp	Novara	10	purple h.	misty m.	precious	purple h
2	gb/il/wp*	york	Ikaria	York	9	misty m.	atlantis	misty m	atlantis
1	bristol		Boston		8				

Diffuse doeken 9.03									
Tafelnummer					tafelnummer				
7					14				
6	Dawson	misty m.	purple h.	Precious	13	Dawson	purple h.	monte b.	precious
5	gb/il/wp	novara	gb/il/wp	York	12	monte b.	atlantis	precious	purple h.
4	Ikaria	gb/il/wp	York	Ikaria	11	atlantis	misty m.	monte b.	atlantis
3	novara	York	Ikaria	Novara	10	misty m.	atlantis	Dawson	purple h.
2	York	Ikaria	Novara	gb/il/wp	9	precious	Dawson	misty m.	monte b.
1	bristol		Boston		8				

Diffuus glas 9.06									
Tafelnummer					tafelnummer				
7					14				
6	misty m.	purple h.	Dawson	purple h.	13	misty m.	precious	purple h.	Dawson
5	gb/il/wp	Ikaria	gb/il/wp	Novara	12	monte b.	purple h.	Dawson	monte b.
4	York	Novara	Ikaria	Ikaria	11	precious	atlantis	precious	atlantis
3	novara	York	Novara	York	10	Dawson	monte b.	atlantis	misty m.
2	Ikaria	gb/il/wp	York	gb/il/wp	9	misty m.	atlantis	precious	monte b.
1	bristol		Boston		8				

Daglichtkas									
tafel	tafel			Tafel	tafel			tafel	
1	7			13	19			25	
2	Dawson	8	misty m.	14	purple h.	20	Ikaria	26	monte b.
	gb/il/wp	novara		monte b.		novara		atlantis	
3	York	9	gb/il/wp	15	York	21	purple h.	27	purple h.
	monte b.	York		atlantis		Dawson		precious	
4	Ikaria	10	Dawson	16	misty m.	22	York	28	misty m.
	novara	Ikaria		gb/il/wp		Ikaria		purple h.	
5	atlantis	11	novara	17	Dawson	23	gb/il/wp	29	precious
	precious	monte b.		misty m.		precious		atlantis	
6	12		bristol/boston	18	24		30		



# Bijlage III Drainanalyses

Behand.	data	pH	EC [mS/cm]	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	SO4	HCO3	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Mengmonster	6-6-2013	6,2	2	1,3	7	1,1	2,6	1,7	9,9	0,7	2,8	0,4	1,5	11	6,2	17,4	11	6,4	0,2
Daglichtkas	24-6-2013	6,8	1,3	2,3	3,8	0,4	1,4	1	5,6	0,4	1,5	0,9	0,84	30,3	2,2	6	14	1,5	0,2
mengmonster	26-6-2013	6,5	1,6	2,6	4,7	0,5	2,3	1,3	8,9	0,2	1,6	0,6	1,2	21,5	5,7	5,1	16	1,7	0,2
diffuus doek	1-8-2013	5,9	2,3	2,4	5,1	0,6	3,5	2,3	15,2	0,4	1,6	<0,1	1,2	15,1	5,0	5,6	15	1,0	0,10
daglichtkas	1-8-2013	5,8	2,1	2,6	4,2	0,5	3,2	2,1	14,2	0,5	1,7	<0,1	0,95	27,6	5,2	8,0	15	1,8	0,10
diffuus doek	8-8-2013	5,8	1,1	0,30	2,2	0,4	1,8	1,3	7,4	0,3	0,7	<0,1	0,39	2,2	2,8	2,6	7	0,5	<0,1
referentie	30-9-2013	5,5	1,8	2	5,2	0,3	3,2	1,7	11,4	0,2	2	<0,1	1,4	25,9	10	6,8	18	2,3	0,2
diffuus doek	30-9-2013	5,6	1,4	1,4	3,7	0,2	2,5	1,3	8,4	0,2	1,4	<0,1	1,2	27,2	8	4,2	15	1,2	0,1
diffuus glas	30-9-2013	5,6	1,9	2	5,4	0,3	3,2	1,7	11,1	0,3	2,1	<0,1	1,5	22,2	10	6,3	18	2,3	0,2
referentie	14-11-2013	4,0	1,3	0,9	3,1	0,3	2,3	1,2	7,5	0,4	1,6	<0,1	1,0	17,6	6,1	3,6	13	1,0	0,10
diffuus doek	14-11-2013	4,4	1,1	0,9	2,7	0,2	1,6	0,9	6,0	0,3	0,8	<0,1	0,75	13,9	4,0	2,7	11	0,6	<0,1
diffuus glas	14-11-2013	3,7	1,3	0,8	2,8	0,2	2,1	1,1	6,6	0,4	1,5	<0,1	0,80	16,0	6,9	3,3	12	1,0	<0,1
referentie	24-12-2013	4,2	2,3	2,9	7	0,9	3,1	1,8	13,3	1	1,9	0,1	1,6	22	10,7	7,7	21	2,2	0,2
diffuus doek	24-12-2013	3,7	1,3	1,2	3,4	0,6	1,8	1	6,5	0,7	1,1	0,1	0,95	14,2	7	6,2	13	3,5	0,1





## Bijlage IV Resultaten einde opkweek van de cultivars

*Aantal bladeren, bladoppervlakte, versgewicht blad en wortel per cultivar gemiddeld over de behandelingen aan het eind van de opkweek (30-09-2013) (n=48)*

Meetparameters	Cultivars		
	Ikaria	Novara	Isd 95%
Aantal bladeren	8,8 a	6,5 b	0,4
Bladoppervlak (cm <sup>2</sup> )	397 a	270 b	24,6
Versgewicht blad (g)	78,3 a	49,2 b	5,5
Versgewicht wortel (g)	50,2 a	32,3 b	5,8



## Bijlage V Statistische interacties tussen behandeling en cultivar bij eindbeoordeling

*Aantal bladeren met interactie tussen behandeling en cultivar (n=30)*

Cultivar	Referentie	Diffuus doek	Diffuus glas	Isd 95%	Daglichtkas
Atlantis	7,2	7,0	6,9	0,38	
Ikaria	8,7	8,8	8,7		8,5
Monte Bianco	9,6 a	8,7 b	7,8 c		
Novara	6,5	6,7	6,8		
Precious	7,2	6,9	6,9		

In het aantal bladeren zit vrijwel geen betrouwbare verschillen in de interactie cultivar en behandelingen. Alleen bij Monte Bianco zijn de verschillen zo groot dat daar effecten gemeten zijn, waarbij het opvallend is dat de referentie beduidend beter is dan de overige behandelingen.

*Bladoppervlakte (cm<sup>2</sup>) met interactie tussen behandeling en cultivar (n=30)*

Cultivar	Referentie	Diffuus doek	Diffuus glas	Isd 95%	Daglichtkas
Atlantis	521	544	527	43,92	
Ikaria	592 b	611 b	670 a		648
Monte Bianco	631	623	597		
Novara	409 b	439 ab	457 a		
Precious	601	591	630		

Bij de cultivars 'Ikaria' en 'Novara' zijn betrouwbare verschillen ontstaan in bladoppervlak tussen de behandelingen, waarbij Diffuus glas bij Ikaria betrouwbaar beter is dan Diffuus doek en referentie en bij Novara alleen beter dan de referentie.

*Aantal takken met interactie tussen behandeling en cultivar (n=30)*

Cultivar	Referentie	Diffuus doek	Diffuus glas	Isd 95%	Daglichtkas
Atlantis	2,00	1,93	1,93	0,18	
Ikaria	1,80	1,83	1,87		1,8
Monte Bianco	2,07 a	1,83 b	1,70 b		
Novara	2,00	2,00	1,93		
Precious	1,87	2,07	2,00		

Het aantal takken bij Monte Bianco betrouwbaar hoger bij de referentie in vergelijking met de andere behandelingen.

*Aantal bloemen met interactie tussen behandeling en cultivar (n=30)*

Cultivar	Referentie	Diffuus doek	Diffuus glas	Isd 95%	Daglichtkas
Atlantis	15,3	15,5	16,6	1,94	
Ikaria	14,3	15,0	15,9		13,6
Monte Bianco	15,8 a	14,1 ab	13,6 b		
Novara	14,9 ab	14,0 b	16,5 a		
Precious	13,6	12,5	12,1		

Er zijn wat kleine, maar betrouwbare verschillen ontstaan in het aantal bloemen bij de cultivars Monte Bianco en Novara en deze komen niet overeen met elkaar. Bij Monte Bianco is de referentie dan diffuus glas met diffuus doek ertussen in. Bij Noavara is diffuus glas het beste vergeleken met diffuus doen, met referentie ertussenin.

*Versgewicht blad met interactie tussen behandeling en cultivar (n=30)*

Cultivar	Referentie	Diffuus doek	Diffuus glas	Isd 95%	Daglichtkas
Atlantis	117,5	122,9	118,8	10,1	
Ikaria	130,3 b	133,9 b	147,3 a		140,1
Monte Bianco	125,8	124,6	119,2		
Novara	85,0 b	94,8 a	96,0 a		
Precious	125,0 ab	120,3 b	131,7 a		

Bij het versgewicht zijn ook kleine, betrouwbare verschillen gevonden en hierbij is het opvallend dat onder diffuus glas meestal betrouwbaar meer versgewicht is gemaakt dan bij de andere behandeling, maar niet bij alle cultivars, waardoor het hoofdeffect (net) niet betrouwbaar is geworden.

*Versgewicht wortel met interactie tussen behandeling en cultivar (n=30)*

Cultivar	Referentie	Diffuus doek	Diffuus glas	Isd 95%	Daglichtkas
Atlantis	92,7	87,5	79,0	13,2	
Ikaria	95,7 b	117,3 a	111,8 a		119,0
Monte Bianco	134,1 a	115,7 b	126,7 ab		
Novara	80,0 b	98,6 a	94,4 a		
Precious	116,2 a	101,7 b	120,0 a		

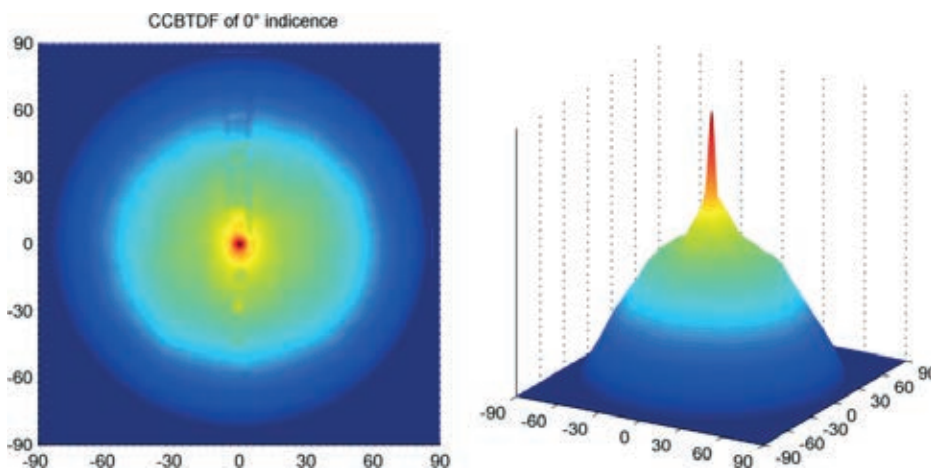
Ook bij de wortelgewichten betrouwbare verschillen, maar evenals bij het aantal bloemen zijn de verschillen behoorlijk tegengesteld gericht tussen cultivars.

# Bijlage VI Haze en scattermetingen van twee doeken van Ludvig Svensson

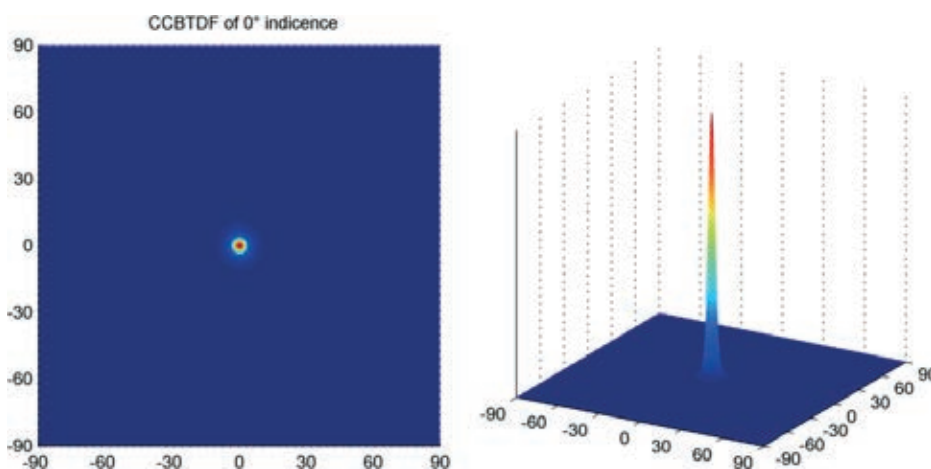
Deze bijlage zal in eindversie worden opgenomen (opnemen metingen doeksamples niet de doek-film samples)

Measurement (appendix)	Haze	F-Scatter
Method (appendix)	WUR-TNO	
Mean (appendix)	Not weighted	
Harmony	100 ± 5 %	100 ± 5 %
Revolux	68 ± 5 %	49 ± 5 %

## F scatter - meting



Harmony



Revolux





## Bijlage VII Eindwaarneming 'Ikaria' en 'Novara', planten van week 26 (30-12-2013)

Meetparameters	Cultivars	
	Ikaria	Novara
Aantal bladeren	7,5	5,4
Aantal bloemtakken	1,85	2,0

N=20









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



Wageningen UR Glastuinbouw  
Postbus 20  
2665 ZG Bleiswijk  
Violierenweg 1  
2665 MV Bleiswijk  
T +31 (0)317 48 56 06  
F +31 (0) 10 522 51 93  
[www.wageningenUR.nl/glastuinbouw](http://www.wageningenUR.nl/glastuinbouw)

Glastuinbouw Rapport GTB-1327

Wageningen UR Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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.