



Besparen op Groeilicht en Warmte bij Gerbera

Tom Dueck¹, Frank Kempkes¹, Pieter de Visser¹, Peter Lagas¹ en Marco de Groot²

Rapport GTB-1377

1. Wageningen UR Glastuinbouw, 2. FloriconsultGroup

Referaat

Om inzicht te krijgen in het effect van nieuwe belichtingssystemen op de productie, is Gerbera, cv. Kimsey werd gekweekt onder SON-T (13 uur dag), hybride (9-12 uur dag) en onder LED (10.5 uur dag) belichting, met oplopende etmaaltemperaturen. Het teeltsysteem met SON-T belichting bij koudere dag- en nachttemperaturen presteerde lange tijd het beste voor wat betreft bloemproductie in vergelijking met de hybride en LED behandeling. Het lijkt er sterk op dat een voldoende lage etmaaltemperatuur, onder de 16°C, een versterkend effect heeft op de generativiteit van een Gerbera gewas. Daglengte lijkt dan tot zekere hoogte ondergeschikt te zijn voor wat betreft aanleg van knoppen en scheuten. Een lagere kastemperatuur resulteerde in een langere uitgroei duur van de bloemen met 2 dagen. Er kan veel energie bespaard worden bij de Gerberateelt. T.a.v. de referentie werd aan elektrische energie bespaard bij SON-T (28%), hybride (35%) en LED (41%), en voor wat betreft warmte energie bij SON-T (71%), hybride (59%) en LED (36%). Het totaal energiebesparing aan elektrische en warmte energie tezamen was voor SON-T 48%, hybride 46% en voor LED 39%. Het aantal Gerbera taken dat geproduceerd werd per eenheid primaire energie was 18.6, 19.8 en 17.2 voor SON-T, hybride en de LED teeltconcepten, respectievelijk.

Abstract

In order to gain insight into the impact of new lighting systems on the production, Gerbera, cv. Kimsey was grown under HPS (13 hour day), hybrid (9-12 hour day) and under LED (10.5 hour day) lamps, at increasing daily temperatures. The cultivation system with HPS exposure at a colder temperature performed best for a long time in terms of flower production, compared to the hybrid and LED treatments. It appears that a sufficiently low daily temperature, below 16°C, increased the generativity of a Gerbera crop. Day length seems to be subordinate to some extent regarding the initiation of flower buds. A lower air temperature increased the outgrowth duration of flowers by 2 days. A great deal of energy can be saved in Gerbera cultivation. Compared to the control, electrical energy was saved in HPS (28%), hybrid (35%) and LED (41%), and heat energy in HPS (71%), hybrid (59%) and LED (36%). The total energy saving for electricity and heat together was 48% (HPS), 46% (hybrid) and 39% (LED). The number of Gerbera flowers produced per unit primary energy was 18.6, 19.8 en 17.2 voor HPS, hybrid and the LED cultivation systems, respectively.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1377

Projectnummer: 3742177101



Disclaimer

© 2015 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, 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

	Voorwoord	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
2	Materialen & Methoden	11
	2.1 Plantmateriaal	11
	2.2 Behandelingen	11
	2.3 Belichting	12
	2.4 VentilationJets	12
	2.5 Metingen	12
	2.5.1 Oogst	12
	2.5.2 Uitgroeiduur	13
	2.5.3 Destructieve oogst	13
	2.5.4 Klimaat	13
	2.5.5 Energie	13
	2.5.6 Groeimodel	13
	2.6 Energie berekeningen	13
3	Resultaten & Discussie	15
	3.1 Daglengte	15
	3.2 Kasklimaat	15
	3.3 Plantrespons in relatie tot kasklimaat	17
	3.4 Uitgroeiduur van de bloemtakken	18
	3.5 Destructieve oogst	19
	3.6 Productie & Kwaliteit	21
	3.6.1 Aantal bloemen	21
	3.6.2 Taklengte	22
	3.6.3 Takgewicht	23
	3.6.4 Bloemdiameter	23
	3.7 Simulaties met groeimodel	24
	3.8 Lichtverdeling en benutting in de tijd	26
	3.9 Energiebesparing	28
	3.10 Opbrengst in relatie tot primaire energie	31
4	Conclusies	33
5	Literatuur	35
	Bijlage 1 Telvakken en proefvakken	37
	Bijlage 2 Uitgroeiduur in relatie tot Lichtsom	39

Voorwoord

Voor de Gerberateelt wordt gezocht naar verbeterde belichtingssystemen, nu veel telers hun belichtingssystemen gaan vervangen of verzwaren qua niveau. Verandering van het belichtingssysteem in termen van lichtintensiteit of type belichting (SON-T, hybride of alleen LED) brengt ook aanpassingen in het teeltsysteem mee, zoals temperatuur- en vochtregeling. In deze combinatie moet ook gezocht worden naar de meest rendabele manier van telen, waarbij energie bespaard kan worden.

Het project werd uitgevoerd in het kader van het innovatieprogramma Kas als Energiebron in opdracht van het Ministerie van EZ en LTO Glaskracht Nederland. In het project werd onderzocht welke belichtingssysteem in combinatie met een aangepaste temperatuur en daglengte tot een goed producerende Gerbera gewas kan leiden, en waarbij veel energie bespaard kan worden.

Het onderzoek werd uitgevoerd door Wageningen UR Glastuinbouw. Philips Lighting heeft het LED-belichtingssysteem en lichtplannen geleverd.

De teelt werd verzorgd door Bram van Haaster en de proef werd begeleidt door Marco de Groot van FloriConsult Groep en de volgende leden van de Gerbera Commissie: Berry den Houter, Ruud van Leeuwen, Aad Zuiderwijk en Richard Vijverberg, waarvoor onze dank.

De auteurs
Wageningen UR Glastuinbouw
september 2015

Kennisoverdracht

Dueck T & Kempkes F. 2015. Vervangt LED straks SON-T in gerberateelt? Kas Techniek 1: 16-19.

Dueck TA. 2015. LED of SON-T voor gerbera? Energiek2020, 2015-01-23.

Dueck T, Kempkes F, Van der Helm F & De Groot M. 2015. Influence of light and temperature on flower development in Gerbera. Poster presentatie, Greensys 2015, Evora, Portugal.

Dueck T & Kempkes F. 2015. Teeltconcepten en Energiebesparing in Gerbera. Voordracht Gewascoöperatie Gerbera, 11 november 2015.

Dueck T, Kempkes F, Van der Helm F & De Groot M. 2015. Influence of light and temperature on flower development in Gerbera. Acta Hortic. (in press).

Samenvatting

Sinds de introductie van assimilatiebelichting in de Gerberateelt, is de lichtintensiteit relatief laag geweest, maar omdat deze belichtingssystemen aan vervanging toe zijn, wordt vaker overgegaan naar 1000 Watt SON-T lampen. Hiermee hebben ze een hogere lichtopbrengst voor een relatief beperkte investering. LED belichtingssystemen zijn nog efficiënter, maar vragen een beduidend hogere investering. Om inzicht te krijgen in het effect ervan op de productie van Gerbera, werd een experiment uitgevoerd met drie teeltconcepten. Gerbera, cv. Kimsey werd gekweekt met teeltconcepten met SON-T, hybride (combinatie van SON-T en LED) en LED belichting in drie kassen van 144 m². Naar aanleiding van de resultaten uit de vorige LED proef in 2014/2015, waarbij de indruk bestond dat onder LED lampen de Gerbera's zich meer vegetatief ontwikkelden, was voor dit onderzoek gekozen voor een verschil in lichtniveau en daglengte strategie. Bij alle drie de teeltconcepten is gebruik gemaakt van elementen van Het Nieuwe Telen.

De teeltconcept met LEDs van 100 µmol/m²/s werd geteeld met een daglengte van 10,5 uur, met hybride belichting met een variabele daglengte tussen 9 en 12 uur en met SONT belichting met een daglengte van 13 uur waarbij de etmaaltemperatuur 2°C lager was dan de referentie afdeling. In de praktijk bestaat nl sterk de indruk dat daglengte en etmaaltemperatuur aan elkaar gecorreleerd zijn als het gaat om plantbalans

Bij een hogere kastemperatuur maar zonder stralingswarmte onder LED-belichting werd verwacht dat het zou resulteren in een meer generatieve groei dan bij SON-T of hybride belichting, maar dit bleek niet het geval te zijn. Hoewel de telers vermoedden dat onder LED-belichting Botrytis infectie toe zou nemen vanwege het ontbreken van stralingswarmte van het gewas, werd geen toename van Botrytis infectie waargenomen. Het teeltsysteem met SON-T belichting bij koudere dag- en nachttemperaturen presteerde lange tijd het beste voor wat betreft bloemproductie in vergelijking met de hybride en LED behandeling. Het lijkt er sterk op dat een voldoende lage etmaaltemperatuur, onder de 16°C, een versterkend effect heeft op de generativiteit van een Gerbera gewas. Daglengte lijkt dan tot zekere hoogte ondergeschikt te zijn voor wat betreft aanleg van knoppen en scheuten. De toename in aantal bloemen, bloemtak lengte en gewicht bleek meer veroorzaakt te worden door de gehanteerde lagere kasluchttemperatuur bij de SON-T behandeling. Daarin bleek het gewas zeer goed te groeien en produceren, al leidde de lagere kastemperatuur tot een langere uitgroei duur van de bloemen met 2 dagen. Tegen de zomer echter, met het bewust handhaven van een lagere temperatuur bij een langere dag bij SON-T (1°C lagere etmaal en ca. 2 mol/dag meer), werd de productie bij SON-T vertraagd en pas op het eind van het belichtingsseizoen kwam die uit op gelijk niveau met hybride en LED. In de periode december tot en met maart lag de productie onder SONT hoger dan de andere behandelingen. Het is aan te bevelen om vanaf medio februari een kortere dag geleidelijk in te stellen. Het blijkt goed mogelijk Gerbera te telen in een teeltconcept met LEDs, en mogelijk zou er bij een lagere kastemperatuur tot meer energiebesparing kunnen leiden. Onder alleen rode LEDs werd geen voordeel geconstateerd voor wat betreft de bloemproductie en kwaliteit.

Het aantal bloemen geproduceerd per m³ gas als primaire energie is 17.1, 19.8 en 18.6 voor respectievelijk de LED, Hybride en SON-T behandeling. Er kunnen dus meer bloemtakken worden geoogst onder de hybride belichting bij een hogere kastemperatuur dan bij de SON-T (19.8 takken tegenover 18.6 takken in de SON-T behandeling). Het aantal bloemtakken per m³ primaire gas geproduceerd in de praktijk is ca. 12.3 (berekend van data van 3 telers), wat 45% minder is dan in de SON-T behandeling van deze proef.

Er kan veel energie bespaard worden bij de Gerberateelt door het trapsgewijs aan- en afschakelen van de lampen, afhankelijk van de zonlicht intensiteit. Ook het trapsgewijs aan- en afschakeling van de lampen bij het begin en einde van de dag levert een energiebesparing op. Bij SON-T werd de minste energie bespaard t.o.v. de referentie tijdens de wintermaanden (28%) in vergelijking met de hybride (35%) en LED belichtingssystemen (41%) voor wat betreft elektra.

Het telen bij een lagere temperatuur is goed mogelijk en veel energie kan bespaard worden door een aantal maatregelen. Het weglaten van minimum buis en het handhaven van (veel) lagere nachttemperaturen levert energiebesparing op. Ook kan energie worden bespaard door het gebruik van VentilationJets, waardoor het mogelijk is de schermen (langer) dicht te houden en gebruik te maken van een transparante scherm overdag bij slecht weer, waardoor er minder gestookt hoeft te worden. Het teeltconcept met SON-T heeft de grootste energiebesparing t.o.v. de referentie tijdens de wintermaanden (71%) in vergelijking met de hybride (59%) en LED belichtingssystemen (36%) voor wat betreft warmte. Daarnaast is de totale hoeveelheid verbruikte energie aan warmte en elektra bij elkaar opgeteld en vergeleken met de referentie. Daaruit blijkt dat er, mede dankzij de wijze waarop de referentie is berekend (koudere buitenklimaat), er in alle drie teeltconcepten een aanzienlijke energiebesparing is gerealiseerd. In totaal is er het minst energie gebruikt in de teeltconcept met SON-T belichting (48%), gevolgd door de hybride (46%) en dan de teeltconcept met LEDs (39%). Het gekozen teeltconcept is mede verantwoordelijk voor de hier gerealiseerde verschillen.

1 Inleiding

Sinds het gebruik van assimilatiebelichting geïntroduceerd werd in de Gerberateelt, is de lichtintensiteit van de standaard belichtingssystemen doorgaans 55 tot 70 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Echter, deze belichtingssystemen zijn aan vervanging toe, en de trend hierbij is dat kwekers tegen relatief lage kosten 600 Watt lampen vervangen voor 1000 Watt lampen. Hierdoor hebben die kwekers voor maar 5% meer energie input 20% meer licht. Telers verwachten daarmee meer bloemen per m^2 te kunnen oogsten. Gewasgroeimodellen suggereren dat bij een hogere lichtintensiteit, de korte dag plant Gerbera meer licht nodig heeft voor de initiatie en ontwikkeling van een bloemtak (P. de Visser, unpubl.).

De energie efficiëntie, de hoeveelheid μmol per Watt elektrische input, van LEDs (light emitting diodes) als topbelichting is op dit moment 23% hoger en wordt verwacht in de nabije toekomst 30% hoger te zijn dat de energie efficiëntie van SON-T lampen. Echter, kwekers weten niet of zij de warmtestraling van SON-T lampen kunnen missen bij de beheersing van o.a. Botrytis. Er werd geen verhoogde aantasting van Botrytis onder LEDs gezien in het onderzoek in 2013/2014 (Van der Helm *et al.* 2014), wel een langzamere opbouw van plaagpopulaties, mogelijk als gevolg van een veranderd microklimaat.

Terwijl de productie van elektriciteit, warmte en CO_2 met een WKK aantrekkelijk lijkt, is de kans op warmteoverschot groot en deze zal vernietigd moeten worden. Een warmteoverschot is juist niet gewenst in de Gerberateelt omdat bij Asteraceae in het algemeen een verhoogde kasluchttemperatuur, wat bij warmtevernietiging al snel een rol gaat spelen, leidt tot een lagere initiatie van bloemknoppen (Leffring, 1975), al wordt de uitgroei ervan versneld. Daarnaast is het zo dat uit het onderzoek van Van der Helm *et al.* (2014) is gebleken dat een lagere temperatuur geen nadelige invloed had op de fotosynthese. Het gebruik van energie efficiënte LEDs zou een rol kunnen spelen, in combinatie met het inkopen van elektriciteit van het net om warmteoverschot uit de WKK te voorkomen. Echter, terwijl LEDs mogelijkheden bieden om energie te besparen, zijn ze mogelijk niet de beste belichtingssystemen voor Gerbera. Het is de vraag of LEDs tot een generatief of juist vegetatief gewas leiden. Mogelijk liggen oplossingen in spectrale verschillen, in hybride belichting (combinatie van LED en SON-T), aanpassing van de daglengte, en/of verhoging van de kasisolatie met een tweede schermdoek.

Daarom is het volgende experiment uitgevoerd, waarin deze mogelijke oplossingen zijn verwerkt, samen met drie belichtingssystemen, met als doelstelling energie te besparen in een gezonde Gerberateelt met een verhoogde bloemproductie. Doestelling was om een teeltconcept te ontwikkelen waarbij 40% energie (elektra en warmte) bespaard werd. Deze besparingen zouden tot stand moeten komen door gebruik te maken van de volgende elementen van Het Nieuwe Telen, t.w. lichtintegratie, het aan/uitschakelen van lampen afhankelijk van het beschikbare zonlicht, het gefaseerd opstarten en uitschakelen van de lampen, gebruik van een tweede scherm en vochtbeheersing met behulp van een VentilationJet.

2 Materialen & Methoden

2.1 Plantmateriaal

Gerbera jamesonii cv. Kimsey planten, ca. 1.5 jaar oud uit het project van Van der Helm *et al.* in 2013-2014, werden gelijkmatig verdeeld over 3 kassen en aangevuld met jongere planten die als randplanten dienden. Alleen de oudere planten werden gebruikt voor de metingen in gewasregistraties.

2.2 Behandelingen

De planten werden begin september 2014 geplaatst in 3 kassen van 144 m² elk bij Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk. Daar hebben ze kunnen acclimatiseren tot oktober, de start van het experiment. Naast het standaard donkere scherm (10070 FR WB+B, (LS)) werden de kassen uitgerust met een tweede transparante scherm (Luxous 1243 D, (LS)) voor de beheersing van temperatuur en licht om ook overdag te kunnen schermen zodat een maximale warmtebesparing bereikt kon worden. Ook is een VentilationJet systeem voor de vochtregulatie onder gesloten schermen geïnstalleerd.

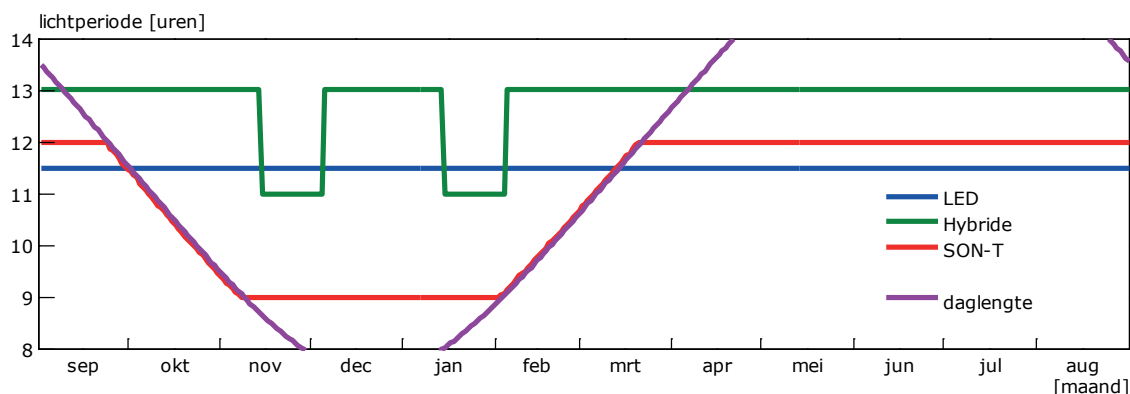
De condities waaronder het (korte dag) gewas zoals *Gerbera* groeit worden beïnvloedt door een aantal factoren, zoals de hoeveelheid licht, daglengte en temperatuur. Deze werden op elkaar afgestemd zodat er een goed producerend gewas en energiebesparing gerealiseerd kon worden. Drie belichtingssystemen werden gebruikt: LEDs, hybride en SON-T, elke met verschillende intensiteiten, daglengtes en kasluchttemperatuur met de bedoeling energiebesparende omstandigheden te creëren. Deze zijn weergegeven in Tabel 2.1.

Tabel 2.1

Beoogde licht- en klimaatomstandigheden in de drie behandelingen.

	Lichtintensiteit ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Daglengte (uren)	Kasluchttemperatuur (°C, dag/nacht)
LED	90	10.5	18/16
Hybride	100	9.5-12	17/15
SON-T	90	13 (11)	16/14

De combinatie lichtintensiteit en daglengte werd zo ingesteld om een gelijke lichtsom in mol PAR te krijgen in de drie behandelingen. De daglengte in de hybride liep met de natuurlijke daglengte mee met een minimum van 9 uur en mocht uitlopen tot maximaal 12 uur (Figuur 2.1), en had daarbij de hoogste lamp lichtintensiteit. In 2 periodes, in november en in januari werd een kortere dag in de SON-T behandeling gebruikt om te bezien of er meer bloemtakken geproduceerd zou worden rond de Kerst en Valentijnsdag. De daglengte in de LED behandeling was gedurende de gehele proef met 11.5 uur constant.



Figuur 2.1 Verloop van de daglengte tijdens de teelt in de LED, SON-T en Hybride kas en de natuurlijke daglengte.

De temperatuur in de LED behandeling was hoger ingesteld om voor het ontbreken van stralingswarmte van de SON-T lampen te compenseren, en het laagst in de SON-T behandeling (Tabel 2.1).

2.3 Belichting

De LEDs in de LED behandeling werd in 2 groepen geïnstalleerd, achterin de kas een mix van rood/wit/blauw (86:5:9) LEDs, en voorin de kas alleen rode LEDs. In de hybride kas zijn naast de SON-T achterin de kas rood/blauw (76:24) LEDs gehangen en voorin alleen rode LEDs. In de SON-T en hybride behandelingen werden 1000W SON-T lampen gebruikt. De energie-efficiëntie van de SON-T lampen was ca. $1.8 \mu\text{mol/J}$ en van LEDs was dat ca. $2.3 \mu\text{mol/J}$.

Alle drie de belichtingssystemen werden in 2 groepen geïnstalleerd (beoogde verdeling in lichtintensiteit over de beide strengen was 45/45 of 50/50 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$), zodat ze in 2 stappen aan/uit geschakeld konden worden. In de ochtend werden eerst de helft van de lampen aangeschakeld (de LEDs in de hybride behandeling) en 20 min later de tweede helft van de lampen (de SON-T in de hybride behandeling). Overdag werd de helft van de lampen afgeschakeld op bepaalde zonlichtintensiteiten, dat varieerde per behandeling en in het verloop van het voorjaar. Bij voldoende licht werd ook de tweede helft afgeschakeld.

2.4 VentilationJets

Voor de vochtbeheersing onder gesloten schermen zijn VentilationJets gemonteerd. Deze maken het mogelijk om droge maar koude lucht die boven de gesloten schermen zit met behulp van een ventilator en een kanaal door het scherm pakket, het donker en energiedoek zitten ongeveer 40 cm uit elkaar, te transporteren en daarmee de warme maar vochtige lucht onder het scherm pakket te verdrijven. De VentilationJets kunnen dus allen bij gesloten scherm(en) gebruikt worden en zijn ingezet indien het VD kleiner dan 1.2 g/m^3 werd. Onder de uitstroom opening van de ventilationjet was een ketsplaat gemonteerd op koudeval van de luchtstroom op het gewas te voorkomen. De lucht werd met behulp van een nivulator door de kas verspreid.

2.5 Metingen

2.5.1 Oogst

Bloemen werden 2 keer per week geoogst in 2 telvakken in elke behandeling. Dat betekent dat er 2 telvakken werden gebruikt in de SON-T behandeling, en 4 telvakken in zowel de hybride als LED behandeling (2 achterin bij de gemengde kleuren LEDs, en 2 voorin bij de rode LEDs), zie ook bijlage I. Bloemen werden 2 keer per week geoogst, en daarvan werden van de in totaal 950-1000 geoogste bloemen per behandeling tijdens de teelt, aan ca. 70% ervan de taklengte, takgewicht en bloemdiameter gemeten.

2.5.2 Uitgroeiduur

Gedurende de maanden oktober t/m december zijn kleine bloemknoppen (ca. 3-5 cm hoog) gelabeld. Wanneer de bloem rijp was, werd de bloemtak geoogst en de taklengte, takgewicht en bloemdiameter gemeten.

2.5.3 Destructieve oogst

Op 2 momenten, eind januari en begin mei, werden uit elke behandeling 10 planten destructief geoogst. Van de planten werd het aantal groeipunten, aantal bladeren, bladoppervlak, drooggewicht van de bladeren en bloemen en het aantal bloemen gemeten.

2.5.4 Klimaat

Naast de bestaande vaste meetopstelling, per afdeling bestaande uit een meetbox met temperatuur, RV en CO₂ meting, een PAR sensor en IR camera voor de planttemperatuur waren er additioneel twee extra meetboxen, met temperatuur en RV meting, waarvan één boven het schermdoek voor de besturing van de ventilationjet, een IR camera voor de planttemperatuur en een PAR sensor geïnstalleerd.

2.5.5 Energie

Voor het bepalen van het warmtegebruik is ieder afzonderlijk verwarmingsnet in ieder kascompartiment voorzien van een warmtemeter die handmatig wekelijks is uitgelezen. Voor de opschaling van het warmtegebruik van deze kleine afdelingen naar praktijkschaal zijn eerst de onderlinge gevelinvloeden opgeheven, immers de setpoint temperaturen voor de verschillende afdelingen lagen verschillend (Tabel 2.1) waarna het warmtegebruik met 10% is verhoogd. Van een praktijkbedrijf met een omvang van 4 ha. is het gevelverlies ca. 10% van het totale warmteverlies van de kas.

Het elektriciteitsgebruik is bepaald aan de hand van de gebruiksduur per belichtingssysteem plus de door de leveranciers opgegeven vermogensopname per belichtingssysteem.

2.5.6 Groeimodel

Het in het PT-project (PT-nummer 14281.01) ontwikkelde groeimodel gerbera wordt getoetst aan de gemeten productie en bloemkwaliteit in de behandelingen SON-T, Hybride en LED. Meting en simulatie zullen vergeleken worden t.a.v. cumulatieve bloemproductie en bloemgewicht. Met de hieruit verkregen informatie kan het model hiermee worden verbeterd.

2.6 Energie berekeningen

Bij aanvang van het project is een prognose voor het energiegebruik opgesteld. Daarvoor zijn de resultaten, klimaatinstellingen, van de voorgaande proef met gerbera (Van der Helm *et al.* 2014) als uitgangspunt gebruikt. Daaraan zijn toegevoegd de aanvullende uitgangspunten voor de huidige proef zoals beschreven in paragraaf 2.2., zoals een transparant energiescherm, de VentilationJets, de verlaagde setpoints voor verwarmen etc. In deze prognose berekeningen is geen rekening gehouden met de uiteindelijk wel toegepaste gefaseerd opstarten van de lampen. Met behulp van het kasklimaatmodel KASPRO en een buiten-klimaatfile zijn de gevolgen op het kasklimaat en daarmee het energiegebruik berekend. Omdat deze berekeningen medio mei 2014 zijn gemaakt is hiervoor het klimaatjaar 2013–2014 gebruikt. De resultaten zijn onder de kop prognose in Tabel 2.2 terug te vinden. De referentie, het praktijk gebruik, is ook met het KASPRO model berekend maar daarvoor zijn de klimaatsetpoints en het belichtingsregime destijds in overleg met de BCO vastgesteld als een realistische situatie voor een modern praktijk bedrijf.

Tabel 2.2

Geprognostiseerde energieverbruiken en de beoogde besparingen ten opzichte van een referentie, de gangbare praktijk.

	Prognose energiegebruik		Energie besparing	
	Warmte (m ³ /m ²)	Elektriciteit (kWh/m ²)	Warmte (%)	Elektriciteit (%)
Referentie	21.7	105.1	-	-
LED	14.3	69.5	30	33
Hybride	13.8	79.7	20	23
SON-T	11.8	83.4	35	20

De in Tabel 2.2. weergegeven resultaten zijn tijdens de proef als benchmark gebruikt om het gerealiseerde energiegebruik te kunnen duiden en indien noodzakelijk daarop bij te sturen.

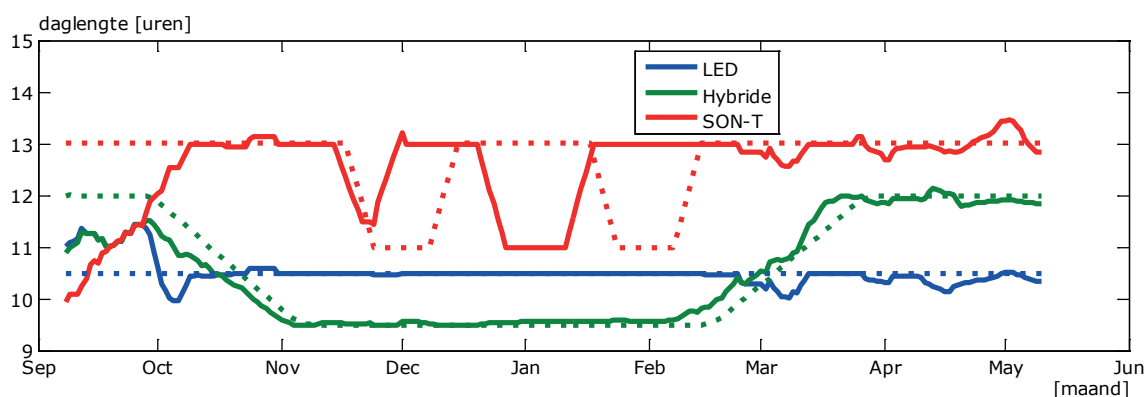
In de gerbera teelt is het gebruik van een warmtekrachtinstallatie standaard. Echter omdat het gebruik zeer sterk afhankelijk is van de fluctuaties van de elektriciteitsprijzen, is er bij de berekeningen nog bij verwerking van de resultaten van de proef hiermee direct rekening gehouden. Hierdoor zijn warmte en het elektriciteitsgebruik onafhankelijk van elkaar.

Op het primaire brandstofgebruik kan het gebruik van een warmtekrachtinstallatie wel grote invloed hebben. Het primaire brandstofgebruik is de hoeveelheid energie die nodig is geweest om de energie zoals gebruikt in de teelt, op te wekken. Hierbij spelen rendementen van het opwekkingsproces een grote rol die grote verschillen kunnen veroorzaken. Daarom zal achteraf met behulp van een aantal eenvoudige rekenregels het primaire brandstofgebruik berekend worden waarbij vernietiging van warmte wordt uitgesloten.

3 Resultaten & Discussie

3.1 Daglengte

De gerealiseerde daglengtes in elke behandeling zijn gegeven in Figuur 3.1, en met uitzondering van die van de SON-T behandeling, goed vergelijkbaar met de geplande daglengtes (gestippelde lijnen). Verschillen tussen de planning en realisatie zijn vooral te wijten aan de toegepaste lichtintegratie waardoor een deel van de lampen uitgingen bij hogere intensiteiten van zonlicht, en de schermen, wanneer de beoogde lichtsom bereikt was werd gesloten. Hierdoor werd warmte in de kas vastgehouden en was minder verwarming nodig. Voor SON-T werden twee periodes van een kortere daglengte gepland (11 uur i.p.v. 13 uur), maar doordat de eerste periode mis ging, werd de tweede periode naar voren geschoven.



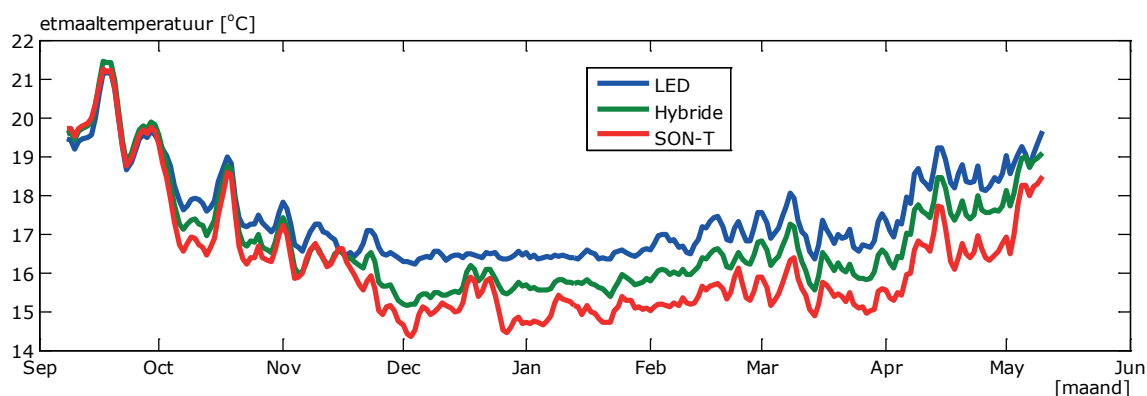
Figuur 3.1 Geplande (stippellijn) en gerealiseerde (getrokken lijn) verloop van de daglengte tijdens de teelt in de LED, SON-T en Hybride kas.

Dit resulteerde in de lichtsommen in Tabel 3.1. De gerealiseerde lichtsommen in het belichtingsseizoen (november t/m februari) waren iets lager in de hybride behandeling ($5.9 \text{ mol/m}^2/\text{d}$) t.o.v. de overige 2 behandelingen ($6.2 \text{ mol/m}^2/\text{d}$). Gedurende het experiment van oktober t/m april was de lichtsom bij de SON-T behandeling het hoogste ($8.5 \text{ mol/m}^2/\text{d}$), gevolgd door de hybride ($8.3 \text{ mol/m}^2/\text{d}$) en LED ($8.2 \text{ mol/m}^2/\text{d}$). Belangrijkste oorzaak hiervan was de daglengte bij SON-T, maximaal 13 uur, waardoor meer zonlicht in de kas werd toegelaten dan bij de LED behandeling (10.5 uur daglengte) en bij de hybride (9-12 uur daglengte). Richting het zomerseizoen is er aan de daglengte van 13 uur bij de SON-T stringent vastgehouden. Hierdoor neemt na half april de lichtsom in de SON-T afdeling sneller toe dan in de andere behandelingen, waarbij de temperatuursom niet is aangepast. Dit is gedaan om de grens van de lichtsom en lage temperatuur op te zoeken. Dit heeft consequenties gehad voor de knopontwikkeling en daarmee de productie (zie ook paragraaf 3.6).

3.2 Kasklimaat

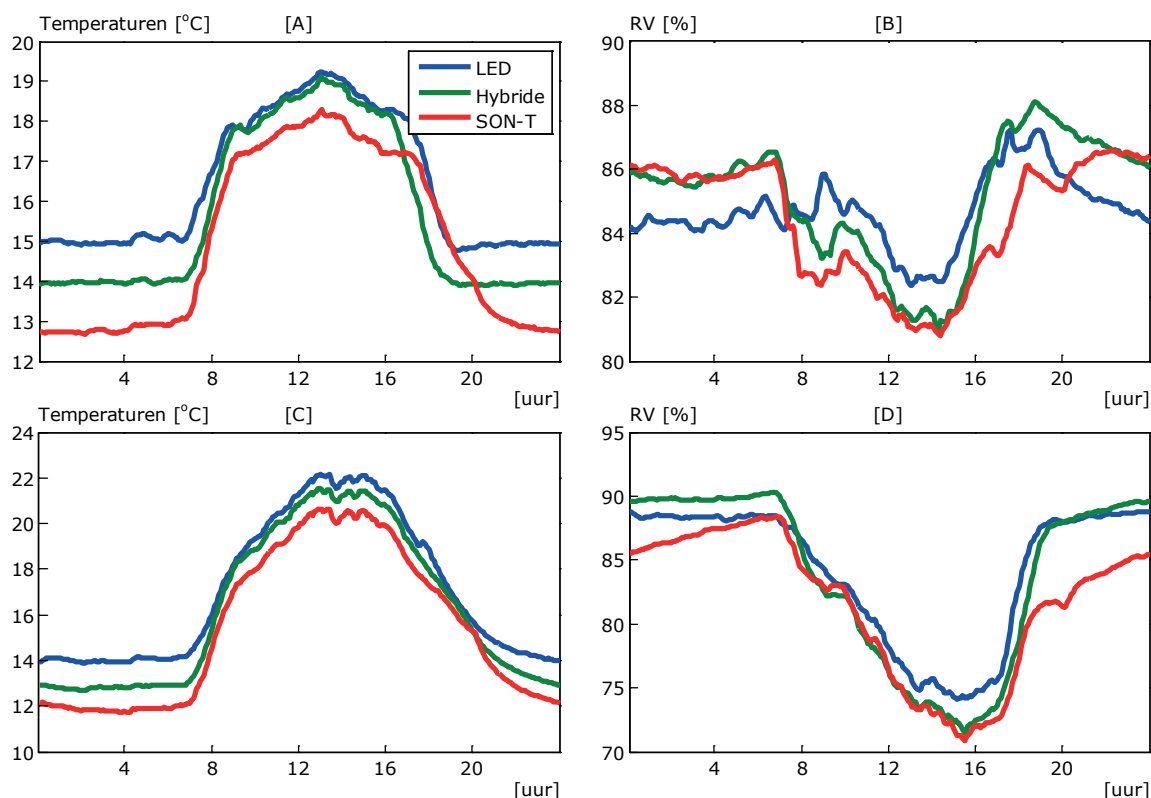
In de proef zijn verschillende setpointtemperaturen voor de verschillende behandelingen gehandhaafd. Vooral in de SON-T afdeling met een dag nacht temperatuurinstelling van $16/14^\circ\text{C}$ is het bij iets hogere buitentemperaturen al snel lastig om deze "lage" temperaturen te handhaven ondanks veelvuldig ventileren. In Figuur 3.2 zijn de gerealiseerde etmaaltemperaturen van de 3 behandelingen getoond. Het is dan ook duidelijk dat de gewenste verschillen niet altijd bereikt zijn.

De gerealiseerde temperaturen over de periode november t/m februari waren iets hoger dan de ingestelde punten, bij 17.4°C daggemiddelde (17°C setpoint) onder LEDs; 16.5°C daggemiddelde (16°C setpoint) in de hybride behandeling en 15.9°C daggemiddelde (15°C setpoint) in de SON-T behandeling. De waargenomen verschillen worden grotendeels veroorzaakt door verschillen in verwarming en ventilatie setpunten.



Figuur 3.2 Gerealiseerde etmaaltemperaturen van de LED, SON-T en Hybride kas.

In Figuur 3.3 wordt op meer detail niveau naar de verschillende gerealiseerde klimaten gekeken door voor zowel januari als maart het cyclisch maandgemiddelde van zowel de temperatuur als de RV te tonen. De figuur laat zien dat gedurende de proef de setpointtemperaturen wat lager zijn ingesteld dan volgens de opzet van de proef, het gewas kon het echter aan. Ook zijn de gerealiseerde temperaturen volgens verwachting met de SON-T als koudste en de LED als warmste. De verschillen patroon voor wat betreft de RV wordt voornamelijk veroorzaakt door de temperatuurstellingen. Om de temperatuur setpoints te bereiken wordt er in de SON-T afdeling veel meer geventileerd, en dus ook ontvochtigd, dan in de Hybride en LED afdeling waardoor het daar naar verhouding droger wordt dan verwacht.



Figuur 3.3 Cyclisch gemiddelde verloop van de gerealiseerde temperatuur en RV in januari (A en B) en in maart (C en D) van de LED, SON-T en Hybride kas.

Zoals vermeld in Tabel 3.1, de gerealiseerde daggemiddelde kas temperaturen tijdens de wintermaanden waren in de buurt van de ingestelde temperatuur; onder LED iets lager, onder de hybride hetzelfde en onder SON-T een beetje hoger dan de dagelijkse gemiddelde setpoints.

Tabel 3.1

Gerealiseerde etmaaltemperatuur (°C) en lichtsom van lamplicht en zonlicht (mol/m²/d), gedurende het hele experiment en de wintermaanden november t/m februari.

	1 oktober tot 1 mei				1 november tot 1 maart			
	Etmaal T (°C)	RV (%)	CO ₂ (ppm)	Lichtsom (mol/m ² /d)	Etmaal T (°C)	RV (%)	CO ₂ (ppm)	Lichtsom (mol/m ² /d)
LED	17.2	84	684	8.2	16.6	85	761	6.2
Hybride	16.5	83	645	8.3	15.9	85	718	5.9
SON-T	15.8	81	654	8.5	15.3	83	724	6.2

Dankzij de verschillende ventilatie regimes is het CO₂ gebruik ook behoorlijk verschillend geweest tussen de afdelingen. De CO₂ dosering was gemaximaliseerd op 125 kg/ha/uur. In de periode november (daarvoor is de CO₂ doseerflux meting onbetrouwbaar gebleken) t/m einde teelt is er 4.3, 6.6 en 8.4 kg CO₂/m² gedoseerd voor respectievelijk LED, Hybride en SON-T.

3.3 Plantrespons in relatie tot kasklimaat

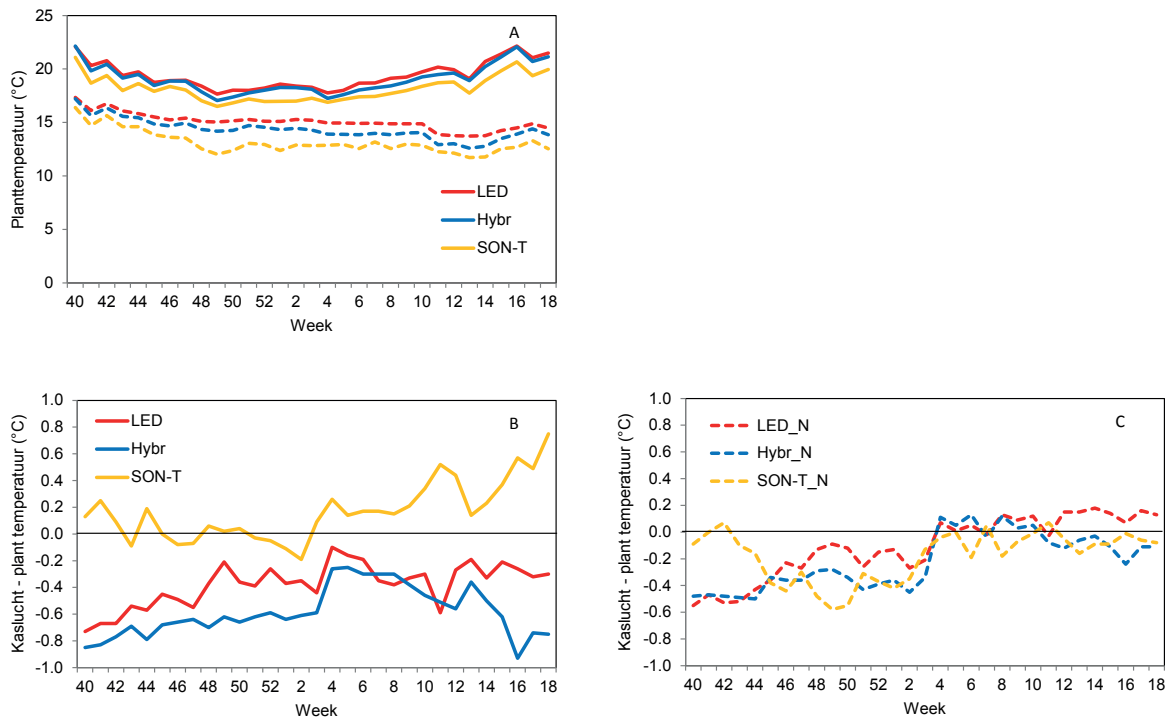
De etmaal temperatuur in combinatie met de belichtingssysteem bepalen in belangrijke mate de planttemperatuur. Wanneer gebruik wordt gemaakt van SON-T belichting met stralingswarmte of LED belichting zonder stralingswarmte heeft dat invloed op de planttemperatuur.

De gemiddelde kas- en planttemperaturen overdag en 's nachts zijn weergegeven in Tabel 3.2. De data zijn gemeten in de wintermaanden wanneer de lampen voor meer licht in de kas zorgen dan de zon.

Tabel 3.2

Gemiddelde kas- en planttemperatuur (°C, dag en nacht) gemeten gedurende de wintermaanden november t/m februari.

		Nov		Dec		Jan		Feb	
		Kas T	Plant T	Kas T	Plant T	Kas T	Plant T	Kas T	Plant T
LED	D	18.3	18.8	17.7	18.0	17.9	18.2	18.6	18.9
	N	15.1	15.3	15.0	15.1	15.0	15.1	15.0	14.9
Hybr	D	17.8	18.5	16.9	17.5	17.4	17.9	18.0	18.4
	N	14.4	14.7	14.1	14.4	14.0	14.2	14.0	13.9
SON-T	D	17.9	17.8	16.9	16.9	17.0	17.1	17.5	17.6
	N	13.8	13.4	13.0	12.6	13.0	12.8	12.9	12.8



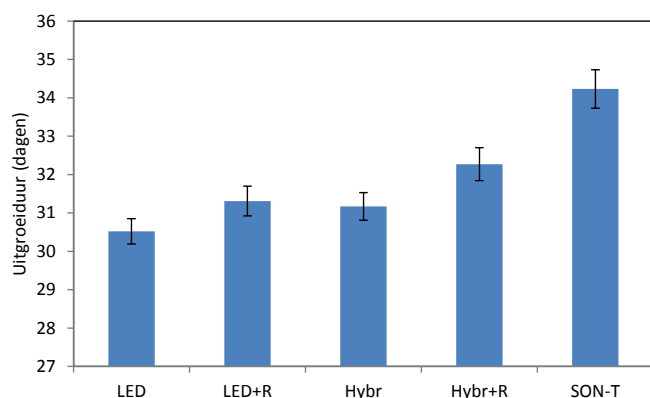
Figuur 3.4 Gemiddelde planttemperatuur dag (getrokken lijn) en nacht (stippellijn) (A) en het verschil kaslucht - planttemperatuur (°C) overdag (B) en 's nachts (C) gedurende het experiment van 1 oktober tot 1 mei.

Figuur 3.4A geeft het verloop van het verschil in planttemperatuur dag en nacht in de tijd. Gedurende de nacht blijft de planttemperatuur schommelen rond 13-16°C, met een redelijk constante verschil tussen behandelingen. Overdag is het verschil minder groot en de planttemperatuur stijgt iets vanaf maart door de toename aan zonlicht dat de kas in komt.

Interessant is te zien dat overdag onder SON-T lampen, de planttemperatuur tot januari min of meer gelijk blijft met de kastemperatuur en daarna enkele tienden daalt t.o.v. de kastemperatuur tot mei wanneer de teelt beëindigd werd. Echter zowel in de hybride als de LED behandeling bleef de planttemperatuur hoger dan de kastemperatuur (Figuur 3.4B). Toch heeft de stralingswarmte van SON-T lampen een effect op de planttemperaturen; bij etmaal temperaturen tot 2°C minder dan de LED behandeling, is de planttemperatuur minder dan 0.5°C lager dan bij de LEDs. Een mogelijke oorzaak hiervoor is de hogere buistemperatuur op de plant bij de hybride en LED behandelingen, of het verschil in schermuren. Gedurende de nachten bleef de planttemperatuur in alle drie de behandelingen tot 0.5°C hoger dan de kastemperatuur, maar na januari was er geen verschil meetbaar (Figuur 3.4C).

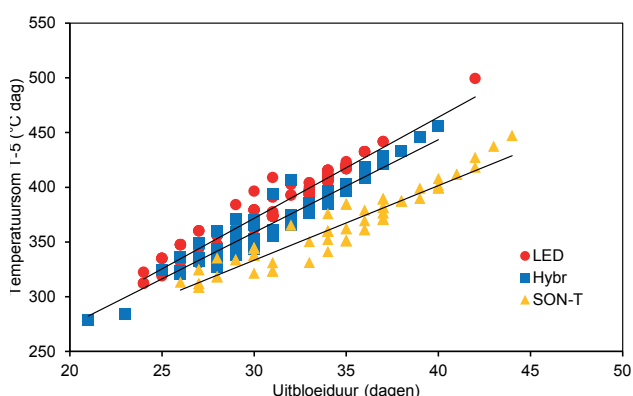
3.4 Uitgroeiduur van de bloemtakken

Op het moment dat de nieuwe bloemknoppen ca. 5 cm lang waren, werd een label met datum erom gehangen. Op het moment dat de bloemtak werd geoogst, werd de uitgroeiduur vastgesteld: de tijd tussen labelen en oogst. Het is uitgevoerd in alle behandelingen, ook in de proefvakken in de hybride en LED behandelingen waar alleen rode LEDs werden gebruikt.



Figuur 3.5 Gemiddelde uitgroeiduur (met standaard error) van bloemen in de verschillende lichtbehandelingen.

In beide proefvakken in de LED behandeling en de hybride (met rood/blauwe LEDs) is de duur van bloem ontwikkeling nagenoeg gelijk, ca. 31 dagen (Figuur 3.5). In de hybride behandeling met rode LEDs en in de SON-T behandeling is de uitgroeiduur langer, van 32 tot 34 dagen, en deze 2 behandelingen verschillen significant van elkaar. Vooral wat betreft de SON-T behandeling is de lagere etmaaltemperatuur de oorzaak van een langere ontwikkelingstijd.

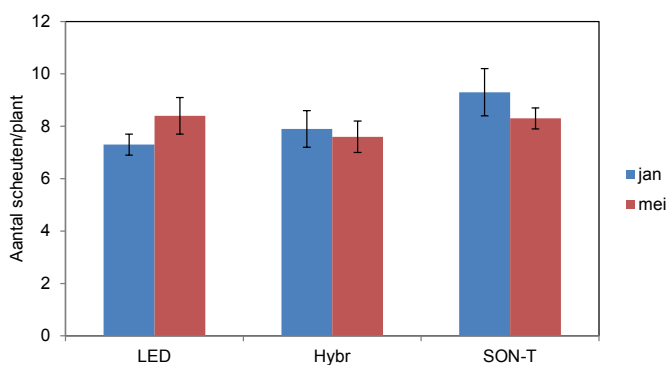


Figuur 3.6 Relatie tussen de temperatuursom en uitgroeiduur van bloemtakken in de SON-T, hybride en LED behandelingen.

Tussen de start van de metingen en eind december is de gemiddelde uitgroeiduur langer geworden, van ca. 25 dagen tot ca. 35 dagen. Omdat de uitgroeiduur langer werd toen de natuurlijke daglengte korter werd in de wintermaanden en bij lagere temperaturen, zijn de data vanaf het begin van het experiment tot eind december uitgezet in Figuur 3.6. Daarin is het ook duidelijk dat onafhankelijk van de tijd van het jaar, en dus ook de natuurlijke daglengte, de uitgroeiduur sterk gerelateerd is aan de temperatuur. Bij dezelfde temperatuursom, bv. 400 graaddagen, duurt de uitgroeiduur van een Gerberabloem in de LED behandeling ca. 33 dagen, in vergelijking met ca. 40 dagen bij SON-T. Dat betekent niet alleen minder dagen, maar ook dat minder energie gaat in de uitgroei van een bloemtak bij de LED behandeling. Waar de etmaaltemperatuur bij LED 1°C hoger was dan bij de hybride, is goed terug te zien in Figuur 3.6, met een duidelijke vertraging in uitgroeiduur bij Gerbera in de SON-T behandeling t.o.v. de hybride en LED behandelingen. Er was geen relatie tussen de uitbloeiduur en de lichtsom, zie bijlage 2.

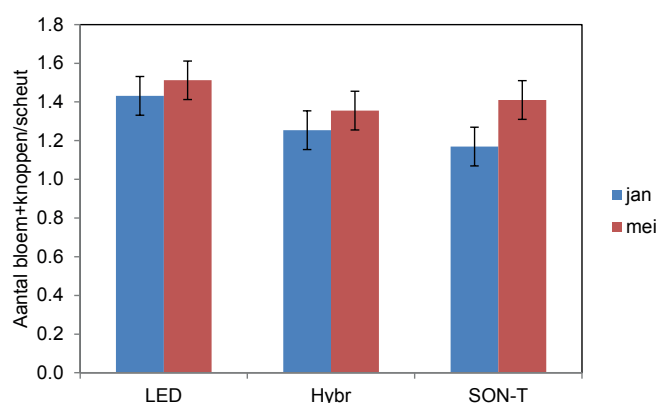
3.5 Destructieve oogst

Op 2 momenten tijdens de teelt werd een destructieve oogst uitgevoerd om inzicht in de plantontwikkeling en plantbelasting te krijgen. In de winter seizoen (januari) en op het eind van de teelt (begin mei) zijn 10 planten per behandeling geoogst. De 2 proefvakken met alleen rode LEDs werd niet meegenomen in deze.



Figuur 3.7 Aantal scheuten (gemiddelde $\pm$ SE) per plant in de drie behandelingen in januari en mei.

Uit het aantal scheuten die per plant wordt gevormd, ontwikkelen zich bloemknoppen die uitgroeien tot oogstbare bloemtakken. In Figuur 3.7 is het gemiddelde aantal scheuten per plant gegeven. Verschillen zijn niet statistisch significant tussen de waarnemingen in januari en mei, maar een tendens dat er in beide maanden meer scheuten per plant aanwezig waren in de SON-T behandeling is wel helder. De langere dag in combinatie met een lagere temperatuur in de SON-T behandeling werkt positief t.a.v. het aantal scheuten. Het gewas onder SON-T gedurende de hele teelt leek, volgens de begeleidende telers, meer vegetatief maar stond er goed bij met grote bladeren.



Figuur 3.8. Aantal bloemen en bloemknoppen per scheut in de drie behandelingen in januari en mei.

Een schatting van de momentane plantbelasting werd gemaakt door het aantal bloemknoppen en bloemtakken per scheut te berekenen. In januari waren planten in de LED behandeling meer generatief, d.w.z. er waren meer bloemen per scheut, dan in de hybride en SON-T behandelingen. Dit suggereert een daglengte effect, nl. dat er minder bloemknoppen worden gevormd onder een langere dag. Dat klopt ook met de telers' waarnemingen dat planten onder SON-T meer en grotere bladeren hadden, meer vegetatief eruit zagen. Dat geldt nog steeds in mei, met het verschil dat onder SON-T de planten nu iets meer generatief waren t.o.v. planten in de hybride en LED behandelingen.

Wel is gebleken dat de lichtefficiency uitgedrukt in mol PAR-licht per scheut daalt bij langere dag, echter het aantal scheuten per plant neemt wel toe bij langere dag. De lage etmaaltemperatuur zorgt dan nog steeds voor voldoende aanleg van bloemknoppen uit deze scheuten zodat netto per plant, er toch meer bloemknoppen aangelegd worden en uitgroeien. Mogelijk speelt ook bloemknopabortie een rol in deze verklaring. In het verleden is gebleken dat bloemknopabortie vooral optreedt onder natuurlijke korte dag omstandigheden in de winter (zonder belichting) waarbij de PAR som en etmaal- (plant)temperatuur laag was.

In dit onderzoek is weliswaar de etmaaltemperatuur ook laag geweest, echter de PAR som en planttemperatuur waren vergelijkbaar met de overige 2 behandelingen. Minder abortie van bloemknoppen in de winter kan ook leiden tot een hogere productie. Juist het hanteren van een lage etmaaltemperatuur zorgt ervoor dat de assimilatenbalans van het gewas positiever is dan van behandelingen met een hogere etmaaltemperatuur; de source werking is groter, de sink werking (onder meer door dissimilatie) is minder. Netto houdt het gewas dan meer suikers over die aangewend kunnen worden voor het aanleggen van meer bloemknoppen. Ook kunnen de bloemstelen hierdoor toenemen in gewicht. Opvallend was ook dat gedurende de winterperiode de beworteling in de behandeling met lage etmaal en lange dag, beter was dan van de overige 2 behandelingen. Meer suikers beschikbaar betekent ook vaak meer wortelgroei.

3.6 Productie & Kwaliteit

Tijdens de teelt werd aan ca. 675 bloemen per behandeling de parameters aantal, takgewicht, taklengte en bloemdiameter gemeten om een indicatie van de bloemkwaliteit te krijgen. De resultaten zijn weergegeven in deze sectie.

3.6.1 Aantal bloemen

Het aantal bloemen dat geoogst werd tijdens de teelt verschilde tussen de LED en SON-T behandeling in de winter en voorjaar. In de LED was het aantal bloemen en bloemknoppen per plant hoger in het voorjaar dan in de winter. Bij de SON-T behandeling was het andersom (Tabel 3.3). In Tabel 3.3 is het cumulatieve aantal geoogste bloemen per maand weergegeven. Tot begin april heeft de SON-T behandeling ca. 6-15 bloemen meer per m² geproduceerd. Mogelijk door het warmere weer in april met meer zon is het verschil verdwenen.

Tabel 3.3

Cumulatieve aantal bloemen/m² geoogst gedurende het belichtingsseizoen.

	6 Okt	3 Nov	1 Dec	5 Jan	2 Feb	2 Mar	6 Apr	1 Mei
LED	18.4	56.7	94.2	138.6	167.4	210.1	275.6	319.5
LED+R	16.9	56.0	89.8	132.6	162.8	205.1	268.2	310.3
Hybr	17.1	54.0	90.6	131.1	164.4	206.6	277.4	324.0
Hybr+R	16.8	55.8	89.3	130.9	160.1	205.9	271.7	320.9
SON-T	18.9	55.0	93.0	141.4	174.1	217.4	283.1	321.9

Het aantal bloemknoppen die zich ontwikkelde tot oogstbare bloem was het meest beïnvloedt door de kasttemperatuur. De lichtsommen waren vergelijkbaar in alle drie de behandelingen (Tabel 3.1), maar de etmaaltemperatuur was lager in de SON-T dan in de hybride en LED behandeling, met resp. 1 en 2°C. Terwijl de initiatie van bloemknoppen bij Asteraceae zoals Gerbera en chrysant vaak wordt gestimuleerd bij lagere temperaturen (Carvalho & Heuvelink, 2001), de ontwikkelingssnelheid wordt bij hogere temperaturen en licht niveaus gestimuleerd (Adams *et al.* 1998).

Dat betekent dat meer bloemknoppen zouden moeten ontstaan onder SON-T met de laagste temperatuur (etmaal 15.4°C) in de maanden november t/m februari, maar zouden er langer over moeten doen om tot een oogstbare bloem te komen. Gemiddeld was dit ook het geval met meer bloemen per m² (Tabel 3.3) en een langere uitgroeiduur (34 d).

Het aantal bloemen bij SON-T was het hoogst gedurende de wintermaanden, al was het gewas op het oog meer vegetatief dan de overige twee. Maar met het intreden van het voorjaar zijn de verschillen kleiner geworden, waarschijnlijk doordat een lagere etmaaltemperatuur (vooral de nacht) werd gehandhaafd bij een relatief lange daglengte (13 uur). Gevolg was dat de SON-T teelt 2-2.5 mo/m² meer licht in het voorjaar (Figuur 3.15) bij een lagere etmaaltemperatuur van ca. 1°C.

Tabel 3.4

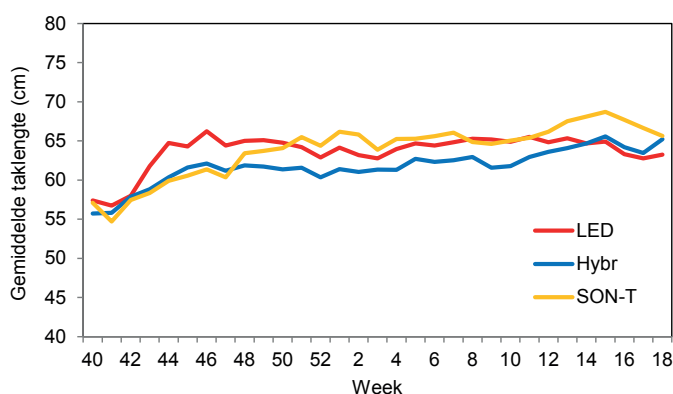
Bloem kwaliteitsparameters, gemiddeld over de hele teelt onder 5 licht behandelingen.

	Aantal bloemen/m ²	Lengte (cm)	Gewicht (g)	Diameter (cm)
LED	320	63.7	21.9	8.8
LED+R	310	62.9	22.2	8.8
Hybr	324	62.1	23.1	8.8
Hybr+R	321	62.3	23.1	8.8
SON-T	322	64.2	24.2	8.9

Het aantal bloemen geproduceerd per m² in elke behandeling is gemiddeld over de teeltperiode vergelijkbaar (Tabel 3.4). Echter, als we kijken naar de productie op een maandelijkse basis, blijkt dat meer bloemen werden geoogst in de SON-T behandeling tijdens de wintermaanden dan in de hybride en LED-behandelingen. Tijdens de winter in december en januari, is de daglengte in de SON-T behandeling verkort van 13 uur tot 11 uur (Figuur 3.1). Dit werd gedaan om te zien of een tijdelijke verkorting in belichtingsperiode de bloemknop initiatie, en dus bloemproductie tijdens een economisch interessante periode verhoogd kan worden. Daarom is gedurende 4 weken tot 19 januari, een 11 uur dag uur gehandhaafd zoals getoond in Figuur 3.1. Er is echter geen zichtbare toename in bloei productie (geen significante verandering in de helling van de cumulatieve bloemproductie) waargenomen in de tweede helft van februari en maart, ca. 34 d na bloemknop initiatie. Op een cumulatieve basis, tot aan het begin van april, produceerden alle behandelingen ongeveer evenveel bloemen. Dat er niet meer bloemen werden geproduceerd in de SON-T over de hele teelt is mogelijk te wijten aan de onbalans tussen meer licht en een (aangehouden) lagere kastemperatuur in het voorjaar.

3.6.2 Taklengte

De taklengte is continu bijgehouden en vertoonde een verloop die te zien is in Figuur 3.9. Aanvankelijk waren de bloemtakken in de LED behandeling het langste, gevolgd door SON-T en de hybride, maar vanaf eind december is dat beeld veranderd.

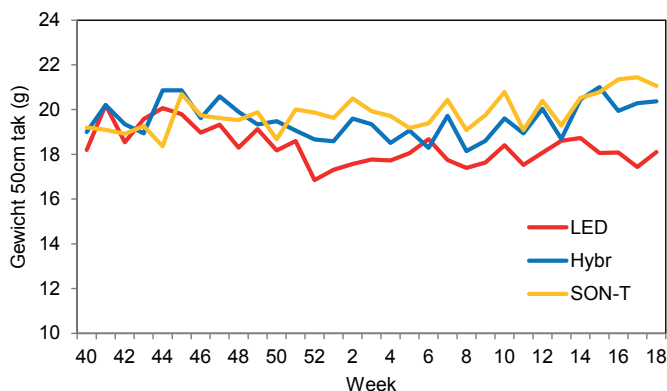


Figuur 3.9 Gemiddelde taklengte (cm) gedurende het experiment.

Gedurende de laatste 6 maanden van de teelt waren de takken in de SON-T behandeling overwegend het langst, wat waarschijnlijk het gevolg is een langere daglengte die de strekking van bloemstelen en blad stimuleert. Een lagere temperatuur verlengt weliswaar de uitgroei duur enkele dagen, maar dit heeft juist een verminderde bloemstrekking tot gevolg. Dit zijn ook de ervaringen in de praktijk. Een hogere etmaaltemperatuur bij dezelfde langere daglengte, zou de strekking nog meer stimuleren. De taklengte bij de SON-T behandeling was goed vergelijkbaar met de taklengte in de LED behandeling. De taklengte in de hybride behandeling bleef vrijwel continu 2-3 cm korter. Pas in april, met een sterke toename aan zonlicht in alle kassen, zijn de lengtes vergelijkbaar geworden.

3.6.3 Takgewicht

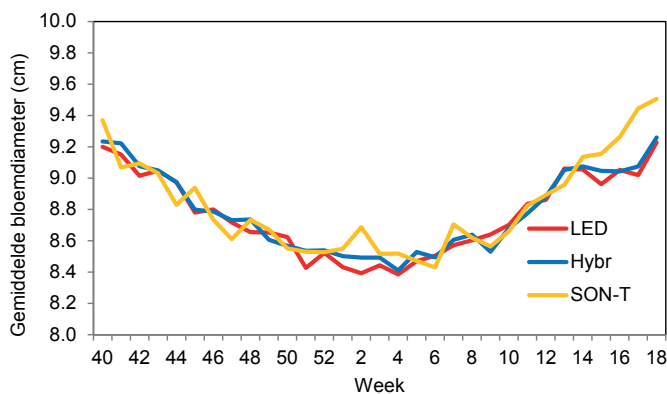
Gerbera bloemtakken worden beoordeeld op 50 cm lengte, en daarom is het takgewicht van takken van 50 cm gemeten om de biomassa toename en daarmee de stevigheid ervan aan te geven. Net zoals de taklengte, was het takgewicht in de SON-T behandeling het hoogst (Figuur 3.10), vanaf december. Dit was waarschijnlijk ook het gevolg van de lagere kasluchttemperatuur en daardoor enkele dagen langere uitgroei duur van bloemknop tot oogstbare bloem. Hierdoor wordt meer biomassa geaccumuleerd (Autio, 2000) in de bloemtak waardoor het steviger wordt en de kwaliteit toeneemt. Hierdoor blijkt dat voor de Gerberateelt, temperatuur goed gebruikt kan worden om de groei en kwaliteit te sturen. De kwaliteit neemt toe met lagere temperaturen, al duurt het enkele dagen langer voordat de bloem oogstbaar wordt.



Figuur 3.10 Gemiddeld gewicht (g) van 50 cm takken gedurende het experiment.

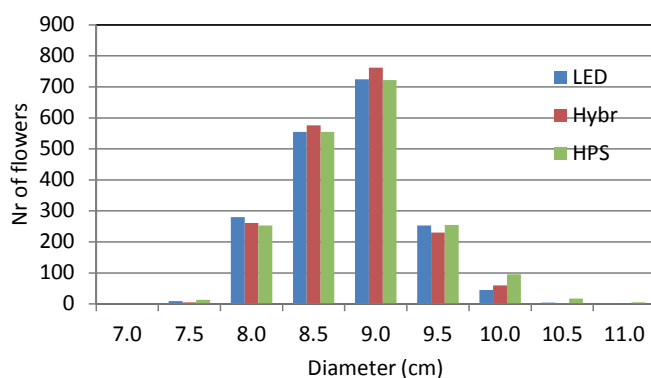
3.6.4 Bloemdiameter

Met afnemende lichtsommen tijdens najaar en winter neemt de bloemdiameter in alle behandelingen af (Figuur 3.11), met toenemend licht in het voorjaar nam de bloemdiameters weer toe. Dit bekende fenomeen wordt hierbij nog eens bevestigd.



Figuur 3.11 Gemiddelde wekelijkse bloemdiameter gedurende het experiment.

Tijdens de bezoeken van de BCO werd vaker gedacht dat er wel een verschil in bloemdiameter tussen de behandeling was. Om dat te controleren zijn de meetdata geanalyseerd. In het resulterende frequentiediagram in Figuur 3.12 wordt de verdeling in bloemdiameters gegeven voor alle 3 behandelingen. De frequentie diagram (Figuur 3.12) geeft aan dat de bloemdiameter in alle behandelingen vergelijkbaar waren. De gemiddelde diameter voor de hele teeltperiode in de LED-behandeling was 8.7 ± 0.0 cm, en in zowel de hybride en SON-T behandelingen was 8.8 ± 0.0 cm. Terwijl lage nachttemperaturen resulteren in grotere bloemdiameters volgens Carvalho & Heuvelink (2001), hebben de lage nachttemperaturen onder SON-T (Tabel 3.1) de bloemdiameter niet beïnvloed. Mogelijk heeft de dagelijkse lichtsom invloed hierop, als is dat niet duidelijk gebleken uit de gemiddelde diameters in Tabel 3.4.



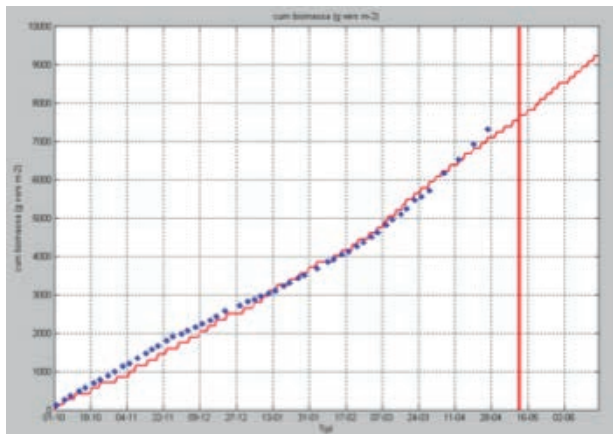
Figuur 3.12 Frequentiediagram van de bloemdiameters. $n=1870-1920$.

3.7 Simulaties met groeimodel

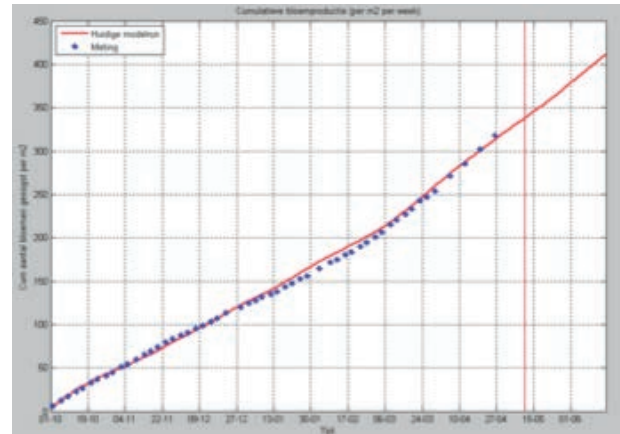
Het bestaande groeimodel gerbera heeft het geregistreerde klimaat gebruikt om biomassaontwikkeling en bloemproductie te voorspellen. Zoals gebruikelijk bij een nieuwe praktijktoepassing is eerst de gesimuleerde cumulatieve productie geijkt op de metingen van de LED afdeling, d.m.v. de waarde van de schuifjes lichteffect en temperatuureffect aan te passen. Het aangepaste model simuleerde de aantallen en gewichten van bloemen uitstekend voor de LED en de Hybride afdeling (Figuur 3.13). Voor de SON-T behandeling onderschatte het model de bloemaantallen, terwijl het individueel bloemgewicht wel klopte, hetgeen dan ook resulteerde in een onderschatting van de versgewicht productie (aantal x bloem- en takgewicht) per m^2 (Fig. 3.13). Door verlaging van het negatieve effect van grotere daglengte benaderde de simulatie de metingen al meer (niet afgebeeld). Als deze verlaging werd aangevuld met verlaging van de bloemtemperatuur met 0.5 graad kwam de simulatie overeen met de meting (zie Figuur 3.10).

Het is opmerkelijk dat simulatie van de SON-T behandeling met het oorspronkelijke model niet klopte, aangezien het model voor daglengten tot 14 uur is geijkt, evenals voor de gebruikte temperaturen. Het blijkt dus dat combinatie van 2 klimaatfactoren niet altijd goed voorspelbaar is op grond van een model dat alleen voor de afzonderlijke factoren is geijkt, m.a.w. mogelijke interacties van factoren zijn niet altijd voorspelbaar. Een aanpassing van het nu in de praktijk draaiende model wordt overwogen.

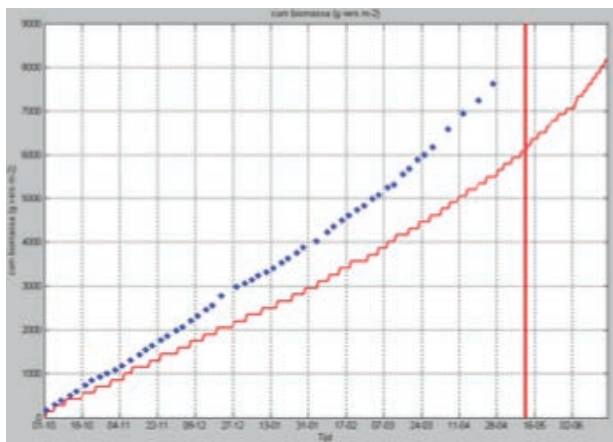
Hybride



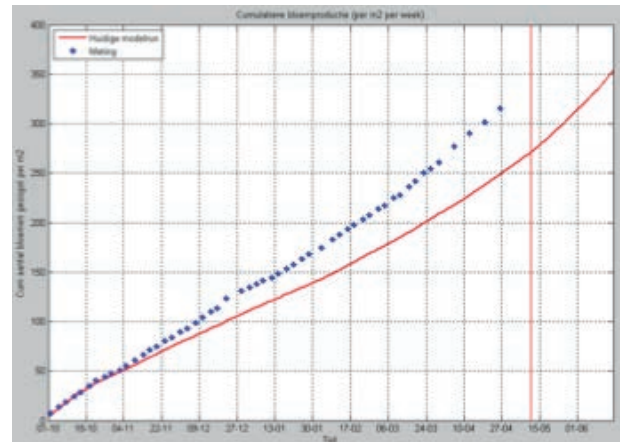
Hybride



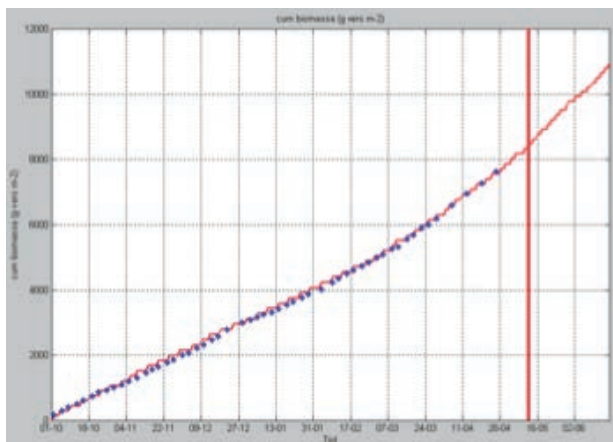
SONT



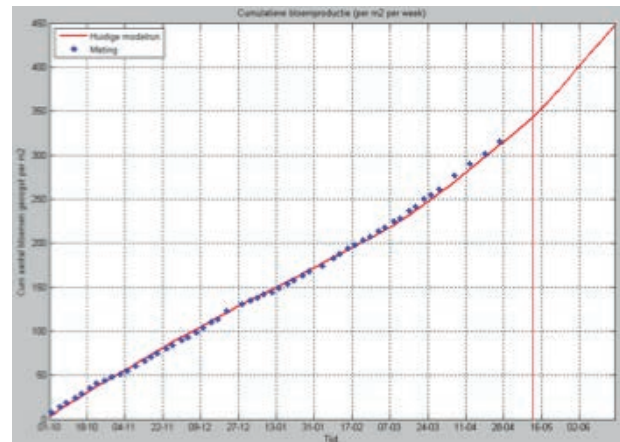
SONT



SONT na optimalisatie



SONT na optimalisatie



Figuur 3.13 Voorspelde (rode lijn) en gemeten (blauwe kruisjes) cumulatieve biomassa (g vers m^{-2} , links) en bloemaantallen ($\# \text{ m}^{-2}$, rechts) voor Hybride, SON-T voor, en SON-T na modeloptimalisatie.

Uit praktijkervaring blijkt dat bij een lage etmaaltemperatuur de daglengte langer mag zijn dan de kritische daglengte van 11.5 uur ter bevordering van knopaanleg zonder dat deze geremd wordt door langere dag. En daaruit volgt dat bij een hogere etmaaltemperatuur moet de daglengte korter zijn dan de kritische daglengte van 11.5 uur ter voorkoming van verminderde knopaanleg.

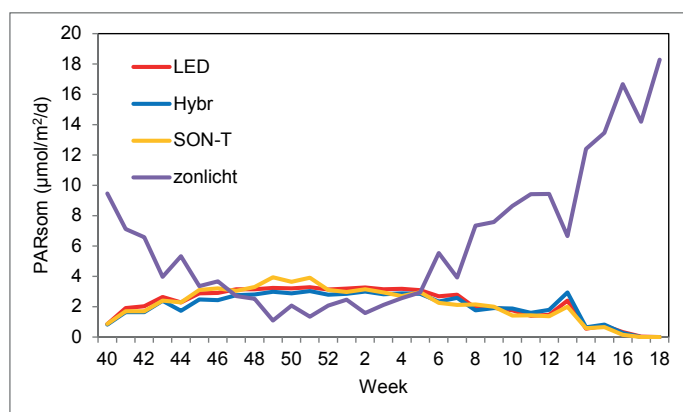
Het vermoedelijke verband kan als volgt zijn:

Daglengte	Etmaaltemperatuur	Daglengte	Etmaaltemperatuur
14	15	11.5	20
13.5	16	11.0	21
13	17	10.5	22
12.5	18	10.0	23
12	19	9.5	24

3.8 Lichtverdeling en benutting in de tijd

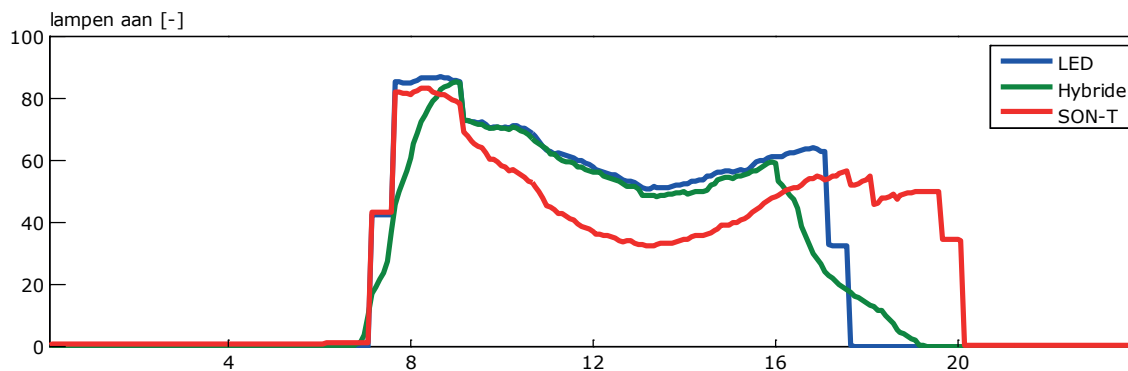
In oktober en april is de lichtintensiteit van de lampen in de kassen gemeten met de schermen dicht, zonder daglicht. De gerealiseerde intensiteiten in de proefvakken waren: SON-T 90 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, hybride 95 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ en LED 90 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Dat betekent dat de SON-T en LED lichtintensiteiten keurig volgen de geplande intensiteiten. De lichtintensiteit bij de hybride behandeling echter, is 5 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ lager dan gepland.

Door de verschillende belichtingsintensiteiten en variërende daglengte is de bijdrage van lamplicht en zonlicht aan de totale lichtsom op het gewas verschillend. Ook is ondanks de ruime zorg die besteed is aan de installatie van de armaturen gebleken dat de verdeling tussen de twee strengen niet gelijkmatig was. In de winterdag zijn deze verschillen klein maar later in het seizoen wordt de bijdrage van het lamplicht kleiner maar dat van het natuurlijk licht groter. Vooral later in het seizoen als de natuurlijke daglengte langer wordt dan de gewenste lichtperiode kan een uur langer natuurlijk licht behoorlijke invloed hebben op de lichtsom van die behandeling waardoor ook verschillen in lichtsom kunnen ontstaan (Figuur 3.14 en 3.16).



Figuur 3.14 PAR som ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$) van het zonlicht buiten en van de 3 belichtingssystemen gedurende het experiment.

Voor alle behandelingen gold dat de dag om 07:00 begon en beëindigd werd naar gelang de gewenste daglengte bereikt was. In Figuur 3.15 is voor de periode 1 oktober tot en met einde teelt het cyclisch gemiddelde van de gebruiksduur van de assimilatielampen gegeven. Hierbij is het gemiddelde van de twee strengen gebruikt. Honderd betekent in dit geval dat de lampen op dat moment iedere dag aan geweest zouden zijn in de periode 1 oktober tot einde teelt.

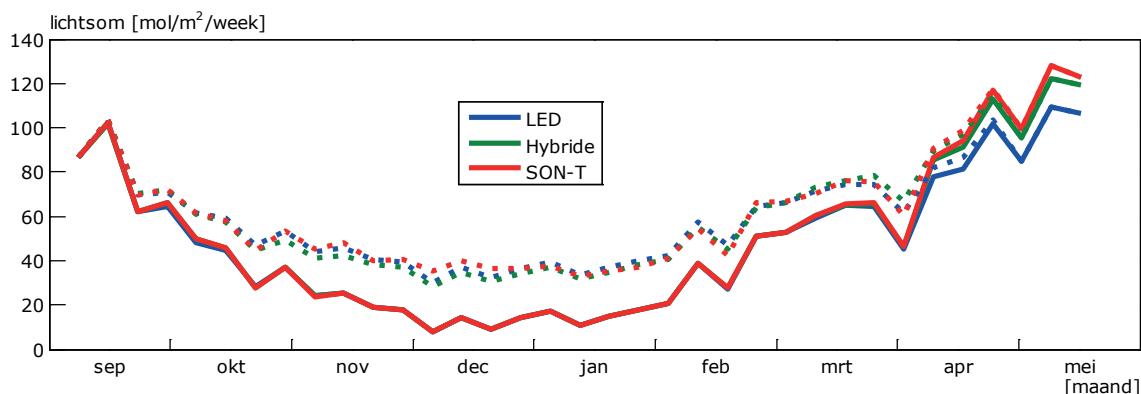


Figuur 3.15 Cyclisch gemiddelde gebruik van de assimilatiebelichting in de periode 1 oktober t/m einde teelt van de LED, SON-T en Hybride kas. De weergave is het gemiddelde van de twee strengen.

De figuur laat goed het gefaseerd opstarten van de twee strengen zien. In de Hybride is dit niet goed zichtbaar doordat de daglengte voor een groot deel van de proef met het natuurlijke licht is meegelopen.

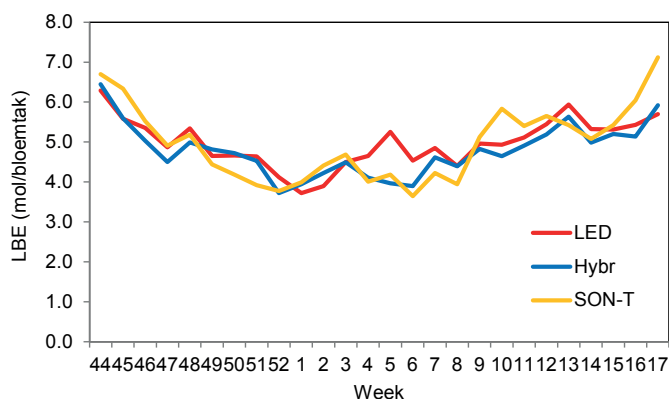
Ook het versneld afschakelen van de lampen in de SON-T is overdag goed terug te vinden.

Door deze instellingen zijn de verschillen in gerealiseerde PAR som tussen de afdelingen in de winter ook klein. In Figuur 3.16 is de weeksom aan PAR licht totaal, natuurlijk + lamp licht (stippel lijn) en natuurlijk licht (getrokken lijn) van de LED, SON-T en Hybride kas weergegeven. Tot begin april zijn de verschillen erg klein hoewel rond begin december de SON-T een kleine 10% meer licht krijgt dan de andere twee behandelingen. Vanaf tweede week april gaan de dagsommen pas sterk uit elkaar lopen wat door de al eerder genoemde daglengte verschillen komt.



Figuur 3.16 Weeksom PAR licht totaal, natuurlijk + lamp licht (stippel) en natuurlijk licht (getrokken lijn) van de LED, SON-T en Hybride kas.

Over de gehele proefperiode liggen de verschillen in PAR som tussen de verschillende behandelingen binnen enkele procenten.

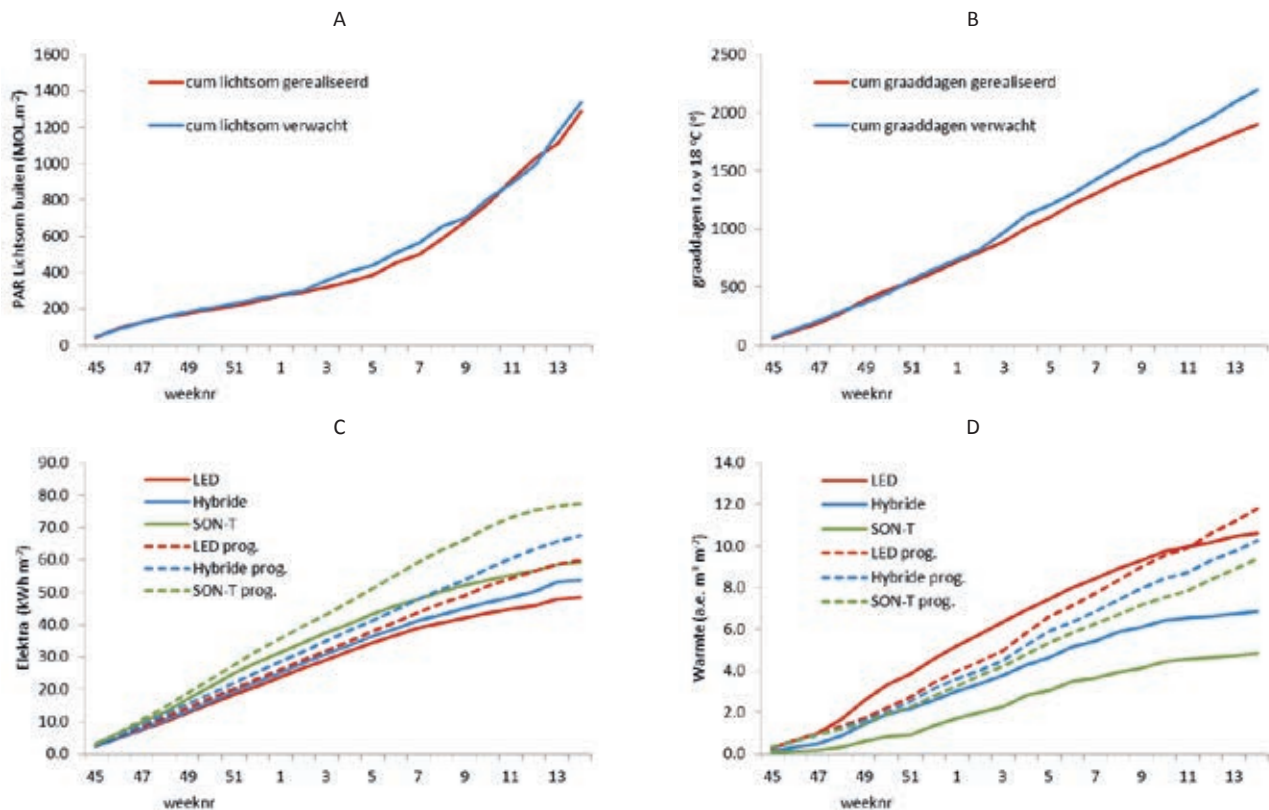


Figuur 3.17 Lichtbenuttingsefficiëntie (mol PAR licht/bloemtak) vanaf week 44. Lichtsom is berekend over het gemiddelde van 4 weken voorafgaande aan de oogst, en het aantal takken is geïntegreerd over 3 weken (voortschrijdend gemiddelde).

Afgezien van andere invloeden zoals temperatuur en daglengte, gebruikt het gewas een hoeveelheid licht voor gewasgroei en de ontwikkeling van bloemtakken. Terwijl deze andere factoren uiteraard van belang zijn, wordt er vaak met een lichtbenuttingsefficiëntie (LBE) gerekend. De LBE is verkregen door de lichtsom van de 4 weken voorafgaand aan de oogstdatum te delen door het aantal geoogst bloemtakken. Dat geeft het aantal mol licht nodig om 1 bloemtak te laten ontwikkelen. Deze is weergegeven in Figuur 3.17, waarin de invloed van minder licht in de wintermaanden opvalt. Daaruit blijkt dat, in vergelijking met het najaar en voorjaar, de lichtbenutting (productie van bloemtakken per eenheid licht) in de winter efficiënter verloopt. Gedurende de winter is er ca. 5 mol licht per geproduceerde bloemtak en in het na- en voorjaar 6 mol per tak benodigd. De verschillen tussen behandelingen zijn klein, 5.3 mol/tak bij de LED, 5.2 mol/tak bij de hybride en 5.5 mol/tak bij SON-T. Deze waarden zijn vergelijkbaar met de praktijk (veelal 4-5 mol PAR per bloem).

3.9 Energiebesparing

De gerealiseerde energiegebruiken zijn uiteraard afhankelijk van de buitenklimaatomstandigheden. Om dit vergelijk te kunnen maken is in Figuur 3.18 van de periode 1 november tot en met 1 april de buiten lichtsom en de graaddagen som cumulatief weergegeven (A en B). Momenteel zijn er met betrekking tot verwachte lichtsom wat verschillen opgetreden maar omdat dit midden in het volle belichtingsseizoen viel, is hier geen elektriciteitsbesparing uit naar voren gekomen. De verwachting met betrekking tot het warmtegebruik lag in de prognose wat hoger dan de realisatie omdat januari en het voorjaar van 2013, welke gebruikt zijn voor de prognose bepaling, kouder waren dan de winter in 2015. In graaddagen uitgedrukt was dit 15% meer. Het gerealiseerde warmtegebruik moet dus zeker 15% onder het geprognostiseerde warmtegebruik liggen. Dit verschil moet vooral in de periode 15 januari tot 1 april ontstaan. Figuur 3.18D laat voor de LED een energiegebruik zien dat dicht bij de verwachting licht, zeker als ook nog rekening gehouden wordt met de verminderde graaddagen. Voor de Hybride maar in nog grotere mate de SON-T afdeling is het gebruik verder achtergebleven bij de prognose dan verwacht kan worden op basis van de graaddagen. Oorzaak hiervan is onder andere dat de gerealiseerde nachttemperaturen uiteindelijk ook iets lager zijn ingesteld dan in de prognose berekeningen.



Figuur 3.18 Gerealiseerde lichtsom buiten (A), graaddagen (B), het gerealiseerde en geprognostiseerde elektriciteitsgebruik (C) en het gerealiseerde en geprognostiseerde warmtegebruik (D) in de periode van 1 november t/m 1 april.

Er werd geen minimumbuis gebruikt, iets wat vaker voorkomt in de praktijk voortvloeiend uit Het Nieuwe Telen (De Gelder *et al.* 2012). Ook werd meer energie uit zonlicht in de kas gebracht vanaf februari waardoor minder verwarming nodig was, en gedurende de laatste paar weken van het experiment was het zo warm buiten dat de verwarming niet werd aangezet. Door een tweede scherm tegen de avond in te zetten, kon een hogere temperatuur gehandhaafd worden in de kas in de periode tussen het einde van de dag en begin van de avond, en creëerde hiermee een dode zone tussen verwarmen en ventileren.

Het gebruik van de VentilationJets resulteerde in het dicht kunnen houden van het energiescherm voor langere periodes, een directe vorm van energiebesparing. In de praktijk laten telers zonder VentilationJets een kleine kier in het scherm om er voor te zorgen dat de warme, vochtige lucht in de kas uitgewisseld kan worden met de koelere droge lucht boven het scherm.

Omdat de belichtingssystemen in 2 strengen waren verdeeld, kon de helft van de lampen ingeschakeld worden gedurende de eerste 30 minuten van het belichten, gevolgd door de tweede streng. Vervolgens, later op de dag, werd de tweede streng weer uitgeschakeld afhankelijk van de hoeveelheid zonlicht, en afhankelijk van de behoefte van het gewas en het verwachte klimaat (licht). Dit varieerde van week tot week in alle behandelingen, bv. de lampen in de SON-T behandeling werden aan- en afgeschakeld bij ca. 50W en bij 200W in de LED behandeling. Op het einde van de dag werden de lampen afgeschakeld in 2 stappen (2 strengen). Deze wijze van toepassen van licht integratie bleek een waardevolle tool wat resulteerde in energiebesparing, zonder consequenties voor gewasgroei en productie.

Tabel 3.5

Verwachte en gerealiseerde warmte en elektriciteitsgebruik voor de specifieke winter periode 1 november tot 1 maart en de hele proef van 1 oktober tot 1 mei.

	1 november–1 april				1 oktober–1 mei			
	Warmte (m ³ /m ²)		Elektriciteit (kWh/m ²)		Warmte (m ³ /m ²)		Elektriciteit (kWh/m ²)	
	prognose	realisatie	prognose	realisatie	prognose	Realisatie	prognose	realisatie
referentie	16.7	-	82.4	-	20.6	-	99.3	-
LED	11.8	10.6	59.8	48.4	13.7	11.5	71.9	57.4
Hybride	10.3	6.9	67.4	53.8	12.0	7.4	82.3	63.1
SON-T	9.4	4.8	77.3	59.3	11.2	5.3	90.7	69.4

In Tabel 3.5. is voor de specifieke winterperiode (1 november – 1 april) en de gehele proef (1 oktober – 1 mei) het geprognoteerde en gerealiseerde warmtegebruik van de kas en het elektriciteitsgebruik van de lampen gesommeerd. Daarnaast is ook het berekende referentie gebruik voor deze perioden gegeven. De realisaties zitten allemaal onder de prognose hoewel voor de LED geldt dat indien rekening wordt gehouden met het verschil in graaddagen voor 2013 (het jaar waarop de referentie is gebaseerd) en de winter van 2015, het warmtegebruik van de LED afdeling nagenoeg gelijk wordt aan de prognose. De elektriciteitsgebruiken zijn wel allemaal fors onder de prognose gegeven. Het gefaseerd op en afschakelen heeft hier een belangrijke bijdrage aan geleverd. Daarnaast is gedurende de proef het afschakelmoment overdag op straling van de tweede streng (die dus als eerste uit gaat) een paar keer naar een lager niveau gezet dan verwacht.

In Tabel 3.6 zijn de realisaties van warmte en elektriciteitsgebruik in een besparingspercentage uitgedrukt.

Tabel 3.6

De besparing t.o.v. de referentie voor de specifieke winter periode 1 november tot 1 april en de hele proef van 1 oktober tot 1 mei.

	1 november 1 april				1 oktober 1 mei			
	Warmte (%)		Elektriciteit (%)		Warmte (%)		Elektriciteit (%)	
	prognose	realisatie	prognose	realisatie	prognose	realisatie	prognose	realisatie
LED	29	36	27	41	33	44	28	42
Hybride	39	59	18	35	42	64	17	36
SON-T	44	71	6	28	46	74	9	30

Echter, waar de teler vooral in geïnteresseerd is, is de totaal energieverbruik bij deze drie teeltconcepten met bijbehorende belichtingssystemen en klimaatinstellingen. Tot nu toe is het verbruik en besparing aan warmte en elektra apart behandeld, maar om een totaal beeld van het energieverbruik worden de twee gebruikte energie eenheden, m³/m² aardgas en kWh elektriciteit, omgezet naar megajoules (MJ). Hiermee werd de energieverbruik in de winterperiode (1 november tot 1 april) opnieuw berekend (Tabel 3.7).

Tabel. 3.7

Het gerealiseerde energieverbruik door warmte, elektra en totaal (MJ/m²) in elk van de drie teeltconcepten voor de specifieke winter periode 1 november tot 1 maart.

	Warmteverbruik (MJ/m ²)	Elektraverbruik (MJ/m ²)	Totaal energie- verbruik (MJ/m ²)	Energiebesparing t.o.v. referentie
Referentie	528	600	1128	-
LED	335	352	687	39%
Hybride	218	392	610	46%
SON-T	152	432	583	48%

Zoals eerder in dit hoofdstuk is gesteld, mede door de (koudere) winterklimaat waarop de referentie is berekend en de verschillende maatregelen die genomen zijn om energie te besparen, is er zowel in het warmte- als elektraverbruik veel energie bespaard in alle drie teeltconcepten. Gegeven de gebruikte teeltconcepten met bijbehorende temperatuur instellingen, heeft de teeltconcept met SON-T belichting het minst energie in totaal gebruikt. De hybride concept heeft 5% meer en de LED teeltconcept heeft 15% meer energie verbruikt t.o.v. de SON-T concept.

Met bovenstaande berekening van de totaal energieverbruik, blijft de hoeveelheid verbruikte elektrische energie blijft gelijk, maar de inzet aan primaire energie is afhankelijk van de opwekkingsmethode. Stel de elektriciteit zou als groene stroom zijn ingekocht, dan was de primaire input hiervoor nul. In de praktijk wordt veelal met een eigen WKK de "grijze" stroom opgewekt. Hoe de WKK wordt ingezet is echter afhankelijk van de situatie op de stroomprijs markt. Ingekochte elektriciteit kan wellicht goedkoper zijn maar dan zal op het eigenbedrijf soms aanvullende warmte moeten worden geproduceerd. Dus afhankelijk van de herkomst van de gebruikte energie kan de primaire energie-input voor de drie teeltconcepten uit Tabel 3.7 anders uitvallen (in termen van primaire energie) dan het totale energieverbruik is.

3.10 Opbrengst in relatie tot primaire energie

De meeste telers maken gebruik van een WKK voor elektriciteit, CO₂ en warmte. Wanneer telers de warmte nodig hebben, is een WKK zeer efficiënt. Echter, wanneer ze vooral elektriciteit en CO₂ nodig hebben, maar weinig tot geen warmte, zoals in de SON-T behandeling waar de elektriciteitsvraag hoog en de warmtevraag laag is (Tabel 3.5, periode 1 oktober – 1 mei) is een WKK minder efficiënt. Dat is omdat er dan overtollige warmte ontstaat die niet gebruikt kan worden en moet worden vernietigd. Wanneer dat het geval is, is het waarschijnlijk meer rendabel (financieel) om elektriciteit in te kopen van het net, maar in termen van primaire energie geeft dat mogelijk een slechtere carbon footprint. Voor deze berekening is de WKK zodanig ingezet dat er geen warmte vernietigd hoeft te worden, maar in het geval dat de productie voor het invullen van de warmtevraag meer elektriciteit oplevert dan de elektriciteitsvraag, dan is de elektriciteitsproductie leidend. Gevolg hiervan is dat er soms elektriciteit moet worden ingekocht (Hybride en SON-T, resp. 10 en 31 kWh) en dat bij de LED er wat extra warmte met de ketel moet worden geproduceerd (3.5 m³).

Voor ieder van de drie behandelingen is de primaire energie input per geoogste tak bepaald. Het aantal bloemen geproduceerd per m³ gas als primaire energie is 17.1, 19.8 en 18.6 voor respectievelijk de LED, Hybride en SON-T behandeling. Er kunnen dus meer bloemtakken worden geoogst onder hybride belichting bij een hogere kastemperatuur dan bij de SON-T (19.8 takken tegenover 18.6 takken in de SON-T behandeling). Het hybride belichtingssysteem is daarom 6% efficiënter per bloemtak dan de SON-T, waarbij nog geen rekening is gehouden met de additionele CO₂-vraag in de SON-T afdeling. Het aantal bloemtakken per m³ primaire gas geproduceerd in de praktijk is ca. 12.3 (berekend van data van 3 telers), wat 35% minder is dan in de hybride behandeling van deze proef, al zijn de verschillen overigens gering.

In de SON-T behandeling werd met 8.4 kg CO₂/m² in de periode oktober tot en met mei de meeste CO₂ in de kas gedoseerd om het gewenste CO₂ niveau te handhaven. Ondanks de kleine warmtevraag is er door de productie van elektriciteit en de bijstook met de ketel om elektriciteitsoverschot op bedrijfsniveau te voorkomen in deze periode nog voldoende CO₂ geproduceerd. Er zal echter wel een onbalans in de vraag en het aanbod zijn, maar daar zal hier niet verder op worden ingegaan. Voor de zomerdag als de elektriciteitsvraag helemaal wegvalt en de warmtevraag zeer beperkt is zal er zeker een externe CO₂ bron benodigd zijn.

4 Conclusies

1. Elektra

Veel energie bij de Gerberateelt kan bespaard worden door:

- Trapsgewijs aan- en afschakeling van de lampen, afhankelijk van de zonlicht intensiteit.
- Trapsgewijs aan- en afschakeling van de lampen bij het begin en einde van de dag.

Bij SON-T werd de minst elektriciteit bespaard t.o.v. de referentie (28%) in vergelijking met de hybride (35%) en LED belichtingssystemen (41%).

De energiebesparing in het teeltconcept met LEDs wordt deels gerealiseerd door de efficiëntie ervan (ca. 2.3 $\mu\text{mol/J}$), en dat is met de nieuwste LED toplight inmiddels 2.7 $\mu\text{mol/J}$ geworden.

2. Warmte

Telen bij een lagere temperatuur is goed mogelijk en veel warmte kan bespaard worden door:

- Weglaten van minimum buis.
- Handhaven van (veel) lagere nachttemperaturen.
- Gebruik van VentilationJets, waardoor het mogelijk is de schermen (langer) dicht te houden.
- Gebruik maken van een transparant scherm overdag bij slecht weer, waardoor er minder gestookt hoeft te worden.

SON-T heeft de grootste warmtebesparing t.o.v. de referentie (71%) in vergelijking met de hybride (59%) en LED belichtingssystemen (36%), wat vooral te danken is aan het handhaven van een lagere kasluchttemperatuur. Mogelijk dat er bij een lagere temperatuur in de teeltconcepten met hybride en LED belichting ook kan leiden.

Voor de winterperiode van 1 november tot 1 maart zijn in de 3 behandelingen de volgende elektriciteit en warmte-gebruiken gerealiseerd. Een geprognostiseerde referentie geeft aan op welk niveau een praktijksituatie uit zou komen. Daarnaast is de totale hoeveelheid verbruikte energie aan warmte en elektra bij elkaar opgeteld in megajoules en vergeleken met de referentie. Daaruit blijkt dat er, mede dankzij de wijze waarop de referentie is berekend (koudere buitenklimaat), er een aanzienlijke energiebesparing is gerealiseerd. In totaal is er het minst energie gebruikt in de teeltconcept met SON-T belichting, gevolgd door de hybride en dan de teeltconcept met LEDs.

Het gekozen teeltconcept is mede verantwoordelijk voor de hier gerealiseerde verschillen. DE LED afdeling is bewust het warmst gestookt waardoor daar het warmtegebruik ook het hoogst is uitgevallen.

Winterperiode 1 november – 1 april					
Teeltconcept	Warmte (m^3/m^2)		Elektriciteit (kWh/m^2)		Energie- besparing t.o.v. de referentie
	Prognose	Realisatie	Prognose	Realisatie	
Referentie	16.7		82.4		-
LED		10.6	48.4	687	39%
Hybride		6.9	53.8	610	46%
SON-T		4.8	59.3	583	48%

3. Teeltsysteem

Een teeltsysteem met SON-T belichting bij koudere dag- en nachttemperaturen presteerde lange tijd – de winterperiode – het beste voor wat betreft bloemproductie in vergelijking met de hybride en LED behandeling. Tegen de zomer echter, met het handhaven van een lagere temperatuur en langere dag bij SON-T (1°C lagere etmaal en ca. 2 mol/dag) werd de productie bij SON-T vertraagd en kwam uit op gelijk niveau met hybride en LED. Het is aan te bevelen om vanaf medio februari geleidelijk een kortere dag in te stellen indien een strategie van lage etmaal en langere daglengte wordt gehanteerd in de winterperiode. Het lijkt er sterk op dat een voldoende lage etmaaltemperatuur, onder de 16°C, een versterkend effect heeft op de generativiteit van een Gerbera gewas. Daglengte lijkt dan tot zekere hoogte ondergeschikt te zijn voor wat betreft aanleg van knoppen en scheuten.

Er is vrijwel de gehele teelt volgens de principes van HNT gewerkt. Alleen in de laatste twee maanden is hier voor wat betreft lichtsom/temperatuursom, met name in de SON-T afdeling bewust van afgeweken.

4. Bloemproductie en kwaliteit

SON-T heeft de meeste bloemen geproduceerd per m² tijdens de (dure) wintermaanden.

De kwaliteit van bloemen in de SON-T behandeling was iets beter dan in de hybride en LED behandelingen, maar alle drie behandelingen waren goed van kwaliteit. Het blijkt dus goed mogelijk Gerbera te telen in een teeltconcept met LED-belichting.

In deze proef is niet aangetoond dat rood licht een voordeel heeft voor wat betreft de bloemproductie en kwaliteit.

5. Modelvoorspelling

Voor de behandelingen Hybride en LED kwamen voorspelling en meting van cumulatieve versgewicht productie en bloemaantallen goed overeen. Voor de SON-T afdeling onderschatte het model de productie sterk. Na verlaging van het negatieve effect van grotere daglengte en lagere temperatuur op bloemafplitsing kwamen model en meting goed overeen.

5 Literatuur

Adams, S.R., Pearson, S. and Hadley, P. 1998.

The effect of temperature on inflorescence initiation and subsequent development in chrysanthemum cv. Snowden (Chrysanthemum x morifolium Ramat.). Sci. Hortic. 77:59-72.

Autio, J. 2000.

Supplementary lighting regimes strongly affect the quantity of gerbera flower yield. Acta Hortic. 515:91-98.

Carvalho, S.M.P. and Heuvelink, E. 2001.

Influence of greenhouse climate and plant density on external quality of chrysanthemum (Dendranthema grandiflorum (Ramat.) Kitamura): first steps towards a quality model. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 76:249-258.

Cockshull, K.E, Hand, D.W. and Langton, F.A. 1981.

The effects of day and night temperature on flower initiation and development in chrysanthemum. Acta Hortic. 125:101-110.

De Gelder, A. and Dieleman, A. 2012.

Validating the Concept of the Next Generation Greenhouse Cultivation: an Experiment with Tomato. Acta Hortic. 952: 545 - 550.

Leffring, L. 1975.

Effects of daylength and temperature on shoot and flower production of gerbera. Acta Hortic. 51: 263-265.

Van der Helm, F., Kempkes, F., Lagas, P. and De Groot, M. 2014.

LED Groeilicht en tussenlicht in Gerbera. Report Wageningen UR Greenhouse Horticulture (in Dutch).

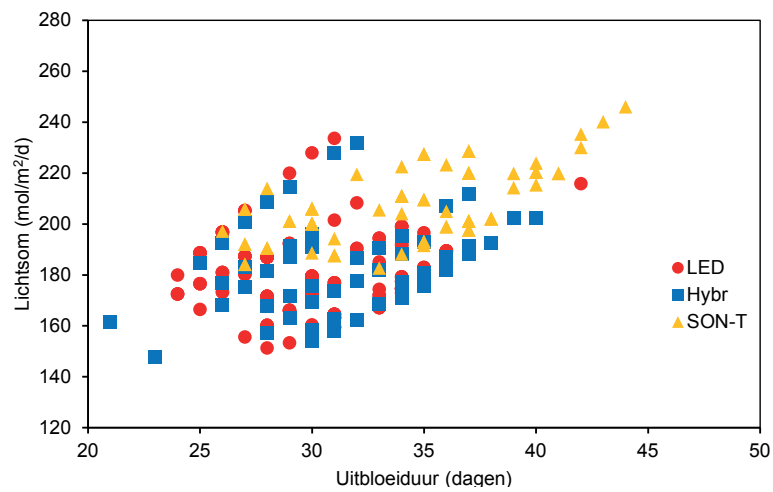
Bijlage 1 Telvakken en proefvakken

Voorbeeld van de LED behandeling. Telvakken in blauw en de proefvakken in geel. Cijfers geven de gemeten lichtintensiteiten aan. Paarse kleur geeft helft van de kas aan met rood/blauwe LEDs, en oranje/rood geeft de helft aan met rode LEDs.

meters	1/3	bed1	bed2	bed3	bed4	bed5	1/3
12	53	66	70	70	65	58	58
	58	75	82	78	72	70	68
11	65	77	82	85	80	72	70
	68	80	85	87	82	72	70
10	68	80	87	87	82	76	70
	68	80	90	87	82	77	70
9	70	83	97	90	85	80	70
	73	87	97	95	87	82	70
8	77	90	97	99	92	85	71
	77	90	97	102	95	88	76
7	77	92	96	102	96	87	76
	77	90	96	99	95	85	77
6	77	91	97	99	95	89	77
	77	90	97	99	95	87	76
5	80	91	97	99	94	87	76
	77	90	95	97	95	87	75
4	75	87	90	96	91	85	74
	71	82	87	87	87	85	73
3	68	80	85	87	85	80	68
	68	77	82	85	82	77	38
2	68	77	85	85	82	75	38
	68	77	82	84	82	75	38
1	65	75	80	82	77	70	62
	60	73	75	77	70	70	58
0	49	56	59	60	58	56	48

Beton pad

Bijlage 2 Uitgroeiduur in relatie tot Lichtsom



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

Glastuinbouw Rapport GTB-1377

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.