WAGENINGEN UR
For quality of life

Stuurlicht bij Anjer

Consultancy: Vergelijking van LED lampen en gloeilampen.

Frank van der Helm[1]

Productschap Tuinbouw
Kas als Energiebron
Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Rapport GTB-1216

Referaat

De reactie van anjers op stuurlicht met Philips 18 Watt DR/W/FR LED lampen en Philips 150 Watt gloeilampen zijn in twee intensiteiten en volgens twee strategieën op twee verschillende bedrijven beproefd. Het onderzoek heeft laten zien dat bij een intensiteit rond 0,9 W/m^2 met LED lampen de generatieve reactie van anjers duidelijk zwakker wordt. Het lijkt erop dat het aantal lampen per m^2 bij LED lampen iets hoger moet zijn voor een vergelijkbare reactie als met gloeilampen. Een gevoelige cultivar reageert vaak al wel voldoende sterk op weinig belichten met lage intensiteit. Een tragere reactie geeft in deze proef een vrijwel gelijktijdige start van de productie, maar bij een minder sterke reactie is de periode waarover geoogst wordt langer en komt de productie ook later op gang. Bij een tragere reactie is wel het takgewicht hoger. Bij een sterke reactie lijkt de totaalproductie gemiddeld weer hoger te zijn en dus sneller af te rijpen. De energiebesparing van belichten met LED lampen in vergelijking met gloeilampen voor eenzelfde gewasreactie is ongeveer 87%. Het percentage energiebesparing op het totaal bedrijfsverbruik is afhankelijk van de belichtingsstrategie. Welke strategie economisch het meest gunstig is, is daarnaast ook afhankelijk van de prijsontwikkeling en het ras. Berekeningen maken duidelijk dat door besparing van energie en op vastrecht de lampen bij een gelijk prijsniveau en energiekostenniveau de terugverdientijd ongeveer 4,5 a 5,5 jaar is bij een gelijkblijvende belichtingsstrategie. Dit onderzoek is gefinancierd door het programma Kas als energiebron; een samenwerking tussen ministerie van EL&I en het Productschap Tuinbouw.

Abstract UK

Generative respons of carnation to light from Philips 18 Watt DR/W/FR LED light bulb is compared to the standard Philips 150 Watt incandescent light bulb. Two intensities and two grower strategies are compared on two different nurseries. LED light bulbs at an intensity of 0,9 W/m^2 showed a reduced respons to lighting with 14 hours per night compared to 1,2 W/m^2 LED light or 7,5 W/m^2 incandescent light. A slow respons showed in a longer period of harvesting, while the start of the harvest was equal to the other treatments. Lighting with 15 W/m^2 incandescent light showed the strongest respons. Average weight of the flowers was also clearly lower at a stronger respons and heavier at a weak respons at a low intensity. The best strategy depends onm the aim on the farmer and economic return of lighting will depend on the market prices. However calculations show that due to saving on energy and installation the return on investment will be about 4.5 to 5.5 years. Despite the fact that slightly more LED lights are required for the same respons as incandescent light, the saving on energy for lighting will still be at least 87% Depending on the strategy of the grower 3.3% up to 5.8% of the total company energy consumption of an average Dutch carnation nursery can be saved.

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw

Postbus 20,
2665 ZG Bleiswijk
Bezoekadres:
Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Samenvatting			5
1	Inleiding			7
	1.1	Aanleiding		7
	1.2	Doelstellingen		7
		1.2.1	Algemene doelstelling	7
		1.2.2	Energiedoelstelling	7
	1.3	Literatuur en ervaring		7
	1.4	Onderzoeksvragen		8
	1.5	Hypotheses		8
2	Materiaal en methoden			9
	2.1	Dataverwerking		12
3	Resultaten			13
	3.1	Lichtmeting		13
	3.2	Reactie op stuurlicht		14
		3.2.1	Stadiumtellingen bij Louis van der Hoorn	14
		3.2.2	Stadiumtellingen bij Martin Zwinkels	15
	3.3	Oogstregistratie		16
		3.3.1	Oogstregistratie bij Louis van der Hoorn	16
		3.3.1.1	Jong gewas	16
		3.3.1.2	Oud gewas	17
		3.3.2	Oogstregistratie bij Martin zwinkels	19
4	Discussie, conclusies en aanbevelingen			21
	4.1	Discussie		21
		4.1.1	Teeltkundige resultaten	21
		4.1.2	Energetische en economische evaluatie	21
	4.2	Conclusies		24
	4.3	Aanbevelingen voor verder onderzoek		25
Bijlage I	Resultaten van alle lichtmetingen			27
Bijlage II	Lichtspectrum van de gebruikte lampen			29

Samenvatting

Als gevolg van nieuwe wetgeving zullen gloeilampen vervangen moeten worden. De kwekers moeten nu kiezen tussen de alternatieven; LED lampen of spaarlampen. In een onderzoek in de praktijk in 2012 zijn op twee bedrijven proeven aangelegd. Op 1 bedrijf bij 2 rassen en op een ander bedrijf met 2 intensiteiten. Door gebruik van Led lampen kan energiebesparing kan bereikt worden. Het verschil is 150 W voor een gloeilamp ten opzichte van 18 W per LED lamp (Philips), terwijl er niet (veel) meer lampen nodig zijn.

Een eerdere praktijkproef bij Louis van der Hoorn in 2011 heeft duidelijk gemaakt dat het type lamp dat gebruikt wordt voor dagverlenging van invloed is op het resultaat. Spaarlampen gaven in deze proef een minder sterke reactie op stuurlicht dan gloeilampen en LED lampen. Dit sluit aan op de literatuur waarin is beschreven dat Anjer naast rood ook een klein deel verrood licht nodig heeft voor bloeminductie. In licht van spaarlampen is verrood licht niet of nauwelijks aanwezig. Ook is duidelijk geworden dat de intensiteit waarmee in de praktijk belicht wordt, zowel voor gloeilampen als voor LED lampen aan de lage kant is. Opvallend was dat het type lamp ook de kwaliteit beïnvloedde, waarbij het meest in het oog sprong dat onder LED lampen zwaardere takken werden geoogst dan onder gloeilampen. De oogst startte enkele dagen later, maar op 1 mei waren onder LED lampen evenveel takken geoogst als onder gloeilampen. Blacquiere en Nijssen (1999) beschrijven in hun literatuurstudie ook de behoefte van anjer aan verrood licht. Zij schrijven tevens dat bij anjer geldt hoe langer de dag, hoe sneller de bloei. Een daglengte van 24 uur geeft de snelste bloei. Daarnaast zijn ook lichtsom en temperatuur van invloed. Bij een hogere temperatuur en/of meer licht zijn minder lange dag cycli nodig om een vergelijkbare vervroeging van de bloei te realiseren. Dit verklaart waarschijnlijk waarom kwekers in de praktijk soms na jaren van ervaring met dagverlenging bij een bepaald ras, toch nog wel eens voor een verrassing komen te staan. De resultaten van het onderzoek bij Louis van der Hoorn in seizoen 2010/2011 moeten derhalve ook in het licht van het zonnig voorjaar bekeken worden. Bij een donker voorjaar kan het resultaat anders uitpakken.

De hypothese op basis van de ervaringen in 2010/2011 was dat met Philips LED DR/W/FR lampen een gelijke vervroeging bereikt kan worden als onder gloeilampen, waarbij onder LED DR/W/FR lampen de takken zwaarder zijn. Dit zwaarder zijn van de takken zou het gevolg kunnen zijn van een gewijzigde morfologie onder invloed van lichtspectrum waarmee de dagverlenging wordt uitgevoerd. Dit effect wordt het sterkst verwacht bij relatief gevoelige soorten voor kwaliteitsverlies door belichten. Verwacht wordt verder dat onder hoge intensiteit meer takken reageren en dat de takken dan lichter zijn.

Het onderzoek in 2012 heeft geleid tot de onderstaande conclusies. Doordat nu over 2 jaar data is en van twee bedrijven is de betrouwbaarheid van de conclusies toegenomen ten opzichte van 2011, maar nog steeds niet statistisch onderbouwd. Het onderzoek heeft laten zien dat bij een intensiteit van 0,9 W/m^2 aan LED lampen de generatieve reactie van anjers duidelijk zwakker wordt. Het lijkt erop dat het aantal lampen per m^2 bij LED lampen iets hoger moet zijn voor een vergelijkbare reactie als met gloeilampen. De gewenste reactie is afhankelijk van de gewenste strategie van de kweker. Een trage reactie kan een strategie van een kweker zijn. Een tragere reactie geeft in deze proef een vrijwel gelijktijdige start van de productie, maar bij een minder sterke reactie is de periode waarover geoogst wordt langer en komt de productie ook later op gang. Bij een tragere reactie is het takgewicht evenredig hoger met de traagheid. Er is in tegenstelling tot de proef in 2011 geen hoger gemiddeld takgewicht onder LED lampen gevonden die niet door reactieverschil te verklaren is. Tijdens de proef in 2012 hebben de ventilatoren aan gestaan. Temperatuurverschillen zullen naar verwachting kleiner geweest zijn dan in 2011, toen een klein verschil is gemeten. Derhalve kan het effect op takgewicht van LED lampen in 2011 met meer zekerheid aan temperatuur toegeschreven worden. Bij een sterke reactie lijkt de totaalproductie gemiddeld hoger te zijn. In het onderzoek zijn kleine verschillen aangetoond tussen behandelingen van spaarlampen met daartussen een verroodbron (LED lampen DRWFR of FR of gloeilampen). Dit deel van het onderzoek is uitgevoerd in tweedejaars gewas, waarin verschillen minder duidelijk naar voren komen. De resultaten met de mix van spaarlampen en een verroodbron maken duidelijk dat bij gebruik van een combinatie van spaarlampen en een extra verrood lichtbron er verschillen in productie ontstaan recht onder spaarlampen en recht onder de verroodbron. Onder de verroodbron reageert het gewas meer en is de productie hoger. De in de proef genomen verhouding spaarlamp:verroodbron liet waarschijnlijk teveel ruimte tussen de verroodbronnen.

De energiebesparing van belichten met LED lampen in vergelijking met gloeilampen voor eenzelfde reactie is ongeveer 87%. Het percentage energiebesparing op bedrijfsniveau is afhankelijk van de belichtingsstrategie. Bij minimaal gebruik van stuurlicht is de besparing berekend op 3,6%, bij gematigd gebruik op 3,3% en bij maximaal gebruik op 5,8% ten opzichte van het totaal energieverbruik. Welke belichtingsstrategie economische het meest gunstig is, is sterk afhankelijk van de prijsontwikkeling en het ras. Een gevoelig ras is met LED lampen met een lage intensiteit waarschijnlijk makkelijker te belichten. Een berekening maakt inzichtelijk dat door besparing van energie en op vastrecht een kweker de lampen, bij een gelijke prijs voor het eindproduct en gelijkblijvende energieprijzen in, ongeveer 4,5 a 5,5 jaar terug kan verdienen. Spaarlampen hebben een iets kortere terugverdientijd door de lagere aanschafprijs, maar doordat LED lampen goedkoper zijn in gebruik is op een termijn van 6 tot 7 jaar de investering in LED lampen toch interessanter. Ook is de effectiviteit waarmee de bloei beïnvloed kan worden met LED lampen bewezen en bij spaarlampen is dit door het ontbreken van verrood in het spectrum aan twijfel onderhevig.

Kortom is het vervangen van gloeilampen het beste mogelijk met LED lampen, waarbij rekening moet worden gehouden dat onder dezelfde hoeveelheid LED lampen als gloeilampen de reactie iets trager is. Als gevolg van Energiebesparing en besparing op de aansluiting kan de relatief hoge investering in Led lampen toch in 5 jaar terugverdiend worden, waarna met LED lampen kostenefficiënter belicht kan worden.

Dit onderzoek is gefinancierd door het programma Kas als Energiebron; een samenwerking tussen ministerie van EL&I en het Productschap Tuinbouw.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Als gevolg van nieuwe wetgeving zullen gloeilamp vervangen moet worden. De kwekers moeten nu kiezen tussen de alternatieven; LED lampen of spaarlampen. In een proef in 2010 heeft anjerkweker Louis van der Hoorn LED lampen getest die ook in het verrood spectrum stralen. Met de vervolgproef van voorjaar 2011 is een zeer beperkte basis gelegd voor het nemen van beslissingen over investering in nieuwe lampen. In dit onderzoek in 2012 zijn op twee bedrijven proeven aangelegd. Op 1 bedrijf bij 2 rassen en op een ander bedrijf met 2 intensiteiten.

1.2 Doelstellingen

1.2.1 Algemene doelstelling

Ontwikkelen, interpreteren en documenteren van kennis en uitgangspunten voor het belichten van anjers met LED lampen.). Inzicht in potentiële energiebesparing, maar ook inzicht in mogelijke productievervroeging in relatie tot benodigde intensiteit en mogelijke verbetering van de kwaliteit.

1.2.2 Energiedoelstelling

Energiebesparing kan bereikt worden door het lagere vermogen van LED lampen ten opzichte van gloeilampen. Het verschil is 150 W voor een gloeilamp ten opzichte van 18 W per LED lamp (Philips).
Het geïnstalleerd vermogen van gloeilampen varieert van 7,5 tot 15 W/m^2. Voor LED lampen is dit 0,9 tot 1,8 W/m^2. De gebruikstijd per jaar van gloeilampen is bij veel belichte soorten 60 nachten van 14 uur belichten. De besparing op geïnstalleerd vermogen van de behandelingen loopt uiteen van 6,6 (minimum) tot 13,2 W per m^2. Stel dat de besparing op geïnstalleerd vermogen 10 W per m^2 bedraagt. Dan is de energiebesparing 8,4 KWH per m^2. Dit komt overeen met ongeveer 2,2 m^3/ a.e. per m^2 per jaar. Dit is 10% van het totaal energieverbruik (incl. warmte) van een gemiddeld anjerbedrijf (22 m^3/m^2 a.e. per jaar).

1.3 Literatuur en ervaring

De praktijkproef in 2011 bij Louis van der Hoorn heeft duidelijk gemaakt dat het type lamp dat gebruikt wordt voor dagverlenging van invloed is op het resultaat (van der Helm, 2011). Spaarlampen gaven in de proef een minder sterke reactie op stuurlicht dan gloeilampen (150 W) en LED lampen (18 W DRWFR). Dit sluit aan op de literatuur waarin anjer als kwantitatieve lange dag plant beschreven is die naast rood ook een klein deel verrood licht nodig heeft voor bloeminductie. In licht van spaarlampen is verrood licht nauwelijks aanwezig. Ook is in de proef in 2011 duidelijk geworden dat de intensiteit waarmee in de praktijk belicht wordt, zowel voor gloeilampen als voor LED lampen aan de lage kant is. Opvallend was dat het type lamp ook de kwaliteit beïnvloedde, waarbij het meest in het oog sprong dat onder spaarlampen (33W) en onder LED lampen (18W DRWFR) zwaardere takken werden geoogst dan onder gloeilampen. De gebruikte LED lampen (18W DRWFR) zijn ontwikkeld voor de aardbeiteelt, waarbij deze lampen meer bloei en strekking van de vrucht geeft. De oogst startte enkele dagen later, maar op 1 mei waren onder LED lampen evenveel takken geoogst als onder gloeilampen. Het was in die proef echter niet uit te sluiten dat een klein etmaaltemperatuurverschil invloed heeft gehad. Blacquiere en Nijssen (1999) beschrijven in hun literatuurstudie ook de behoefte van anjer aan verrood licht. Het gaat hierbij om de totale hoeveelheid verrood licht, dus cyclisch belichten kan, indien de intensiteit verhoogd wordt. Zij beschrijven geen

fytochroom balans. Zij schrijven tevens dat bij anjer geldt, hoe langer de dag, hoe sneller de bloei. Een daglengte van 24 uur geeft de snelste bloei. Daarnaast zijn ook lichtsom en temperatuur van invloed. Bij een hogere temperatuur en/ of meer licht zijn minder lange dag cycli nodig om een vergelijkbare vervroeging van de bloei te realiseren. Dit verklaart waarschijnlijk waarom kwekers in de praktijk soms na jaren van ervaring met dagverlenging bij een bepaald ras, toch nog wel eens voor een verrassing komen te staan. De resultaten van het onderzoek bij Louis van der Hoorn in seizoen 2010/2011 moeten derhalve ook in het licht van het zonnig voorjaar bekeken worden. Bij een donker voorjaar kan het resultaat anders uitpakken.

1.4 Onderzoeksvragen

De volgende onderzoeksvragen lagen ten grondslag aan het onderzoek in seizoen 2011/2012:

- Wat is de optimale lichtintensiteit voor vervroegen van anjers met LED lampen (DRWFR) ten opzichte van gloeilampen?
- Wat is de mogelijkheid om met LED lampen (DRWFR) ook te belichten bij soorten die met gloeilampen niet goed (met behoud van kwaliteit) te belichten zijn?

1.5 Hypotheses

De hypothese is dat met Philips LED DR/W/FR lampen een gelijke vervroeging bereikt kan worden als onder gloeilampen, waarbij onder LED DR/W/FR lampen de takken zwaarder zijn. Dit zwaarder zijn van de takken wordt dan verklaard door een gewijzigde morfologie onder invloed van lichtspectrum waarmee de dagverlenging wordt uitgevoerd. Dit effect wordt sterker verwacht bij relatief gevoelige soorten voor kwaliteitsverlies door belichten. Verwacht wordt verder dat onder hoge intensiteit meer takken reageren en dat de takken dan lichter zijn.

Figuur 1. Teler Louis van der Hoorn draait de laatste bollen in bij de start van de proef. Er is een duidelijk verschil in zichtbaar licht tussen gloeilampen en LED lampen.

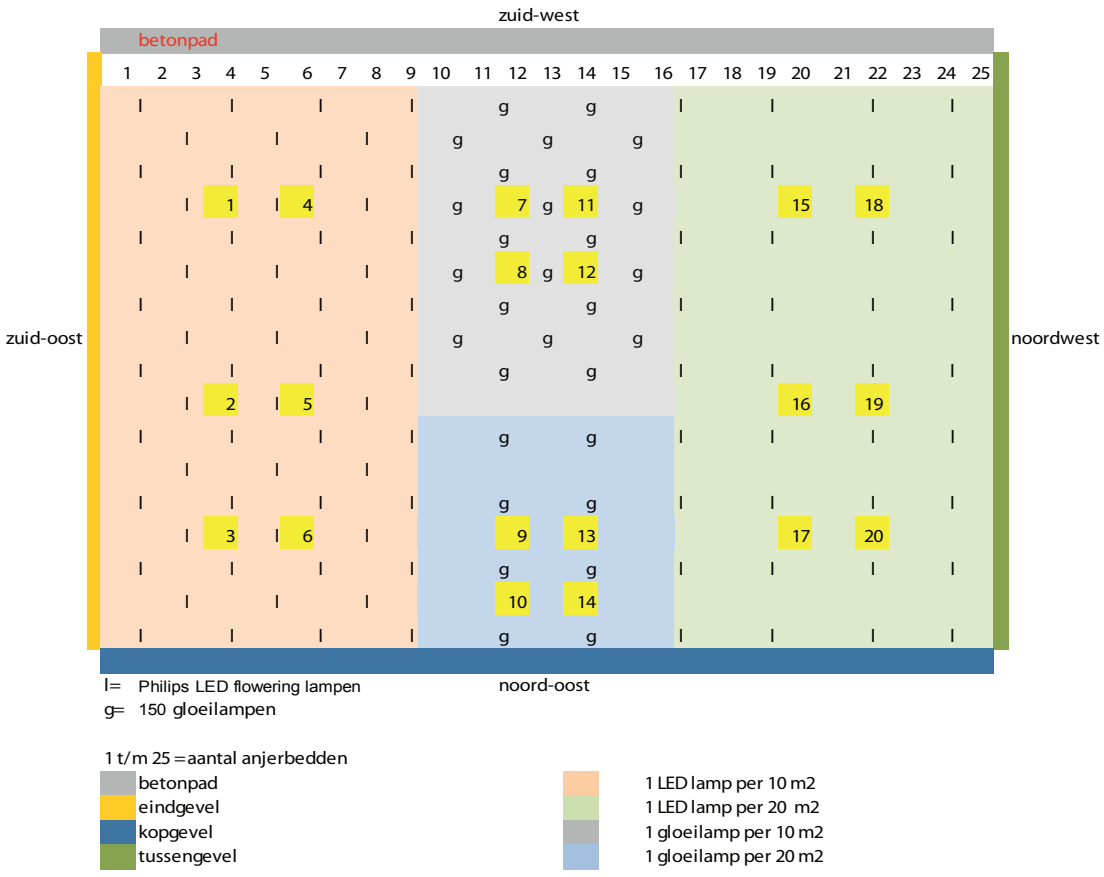
2 Materiaal en methoden

Op uitdrukkelijke wens van de kwekers is de proef in de praktijk uitgevoerd. Voor het onderzoek zijn op 2 bedrijven proeven gedaan in Honselersdijk en Almere.

Locatie Almere (Louis van der Hoorn)
Op dit bedrijf is een proef gedaan om de invloed van intensiteit en het verschil tussen LED DR/W/FR lampen en gloeilampen te onderzoeken. De proef is uitgevoerd in een afdeling van 1800 m^2 en op het eerstejaarsgewas van het ras Goblin. In deze afdeling zijn de volgende behandelingen geïnstalleerd:

- Philips 18 W LED DR/W/FR lampen 1/10 m^2 = 1,8 W/m^2
- Philips 18 W LED DR/W/FR lampen 1/20 m^2 = 0,9 W/m^2
- Philips 150 W Gloeilampen 1/20 m^2 = 7,5 W /m^2
- Philips 150 W Gloeilampen 1/10 m^2 = 15 W/m^2

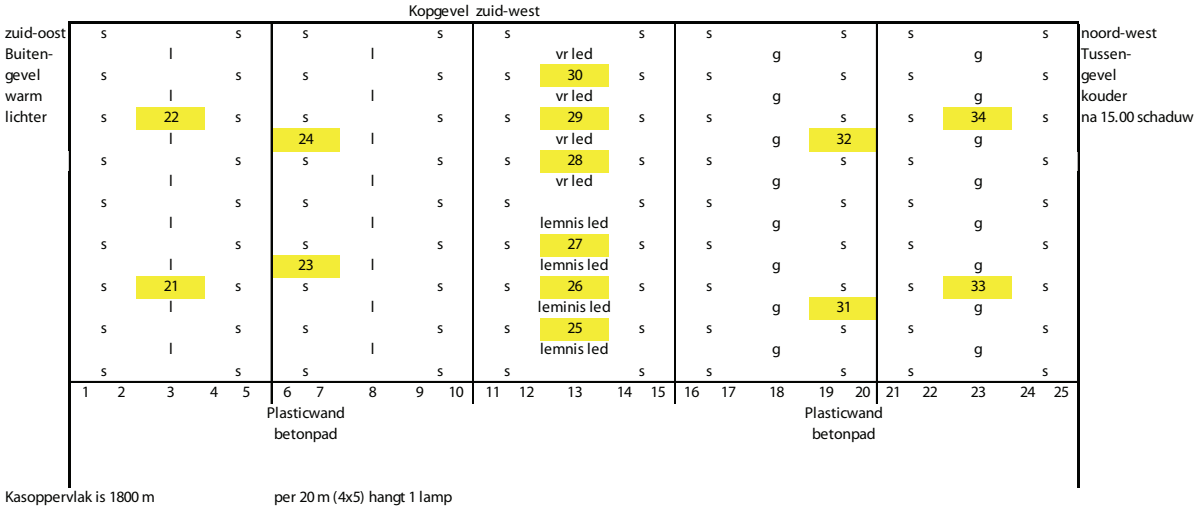
Voor het spectrum van de lampen wordt verwezen naar Bijlage 2 van dit rapport. Een overzicht van de proefvelden bij Louis van der Hoorn is weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2. Overzicht van proefvak met verschillend aantal lampen per m^2 bij Louis van der Hoorn.

Daarnaast is in een ander tweejarig gewas Goblin in dezelfde afdeling een aantal indicatieve proeven uitgevoerd. In deze afdeling is 1 spaarlamp per 20 m^2 aangevuld met 1 Philips LED lamp, 1 verrood LED lamp. 1 Lemnis LED lamp of 1 gloeilamp per 40 m^2. Het doel was het spectrum van spaarlampen, waarin verrood ontbreekt, aan te vullen met verrood licht uit de diverse voor de praktijk beschikbare bronnen. Op deze manier kan misschien met minimale investering een effectieve belichting uitgevoerd worden. Bijkomend voordeel is dat onder deze combinatie van lampen ook werkzaamheden aan het gewas uitgevoerd kunnen worden, als gevolg van meer zichtbaar licht in het spectrum. De besparing ten opzichte van het gebruik van uitsluitend LED lampen neemt op deze manier wel iets af (spaarlamp is 33 W en LED lamp is 16 - 18 W), echter het economisch rendement neemt toe door de veel lagere prijs van spaarlampen ten opzichte van LED lampen.

De energiebesparing is potentieel nog altijd 6,5 KWh/m² (8%) ten opzichte van 10W per m² gloeilampen. De opzet van dit proefvak is weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3. schematisch overzicht van proef met spaarlampen aangevuld met lampen als verrood bron in ouder gewas.

In ieder vak zijn telveldjes gemaakt (geel). De kweker is januari met belichten volgens het volgende schema. 20-jan tot 26- jan dagverlenging (5 uur), vervolgens 27- jan tot 17- feb continu met 14 uur per dag van 17.00 uur tot 9.00 uur en daarna nog van 18- feb tot 13- mrt een dagvervroeging (4 uur)

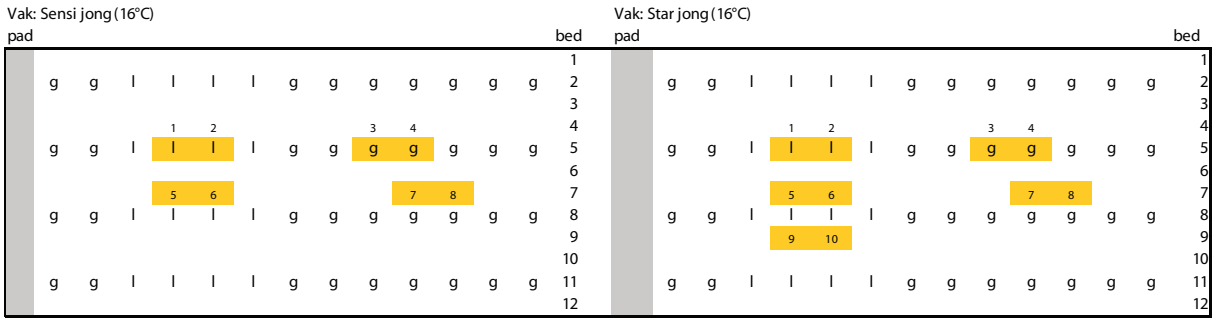
De planten zijn hiervoor al in september geplant. De verwachting was dat de start van de oogst naar begin april vervroegd kan worden, al is dit mede afhankelijk van het klimaat (zonuren). De lampen zijn afgeschermd geweest zoals weergegeven in Figuur 4.

Figuur 4: Combinatie van Lemnis LED lampen en spaarlampen

Locatie Honselersdijk (Martin Zwinkels)

Op dit bedrijf worden LED lampen met gloeilampen vergeleken in dezelfde dichtheid (1 lamp per 22 m² en in totaal 16 lampen per vak en 4 telveldjes per vak).

- Belichten van een gevoelig soort (Sensi) met LED DR/W/FR en gloeilampen gedurende 14 dagen (jong gewas) met een intensiteit van 1 lamp per 22 m². Dit vak is belicht van 17-feb tot 26-feb met 14 uur per nacht continu belichting.
- Belichten van een normaal gevoelig soort (Star) met LED DR/W/FR en gloeilampen gedurende 14 dagen (jong gewas) met een intensiteit van 1 lamp per 22 m². Dit vak is belicht van 27-feb t/m 11-mrt en van 24-mrt t/m 1-april met 14 uur continu licht.



Figuur 5. indeling van de proefvakken en ligging van de telveldjes bij Martin Zwinkels.

Op het bedrijfvan Martin Zwinkels is belicht met een relatief lage dichtheid (1 lamp per 22m²). Deze dichtheid van lampen gaf in het onderzoek van 2011 een minder sterke reactie. Het ras Star is belicht terwijl het nog onder een folietent stond. Met gloeilampen is onder die omstandigheden nog effect te bereiken, deze proef moet meer duidelijkheid geven over het minimum lichtniveau waarbij belichten effect heeft. Deze proef is tevens een herhaling op een andere locatie waardoor eventuele locatie specifieke effecten aan het licht kunnen komen. Hierdoor neemt de betrouwbaarheid van de informatie uit het onderzoek toe.

Waarnemingen

De waarnemingen zijn in samenwerking met de telers uitgevoerd. De kwekers hebben waarnemingen die met bijna dagelijkse routine uitgevoerd moeten worden voor hun rekening genomen. De volgende waarnemingen zijn uitgevoerd.

- Lichtmeting van PAR licht. Op beide bedrijven is met een Li-cor lichtmeter (LI-191 Line Quantum Sensor) het PAR lichtniveau gemeten op veldhoogte (30 cm, incl. veenbaal). Deze lichtmeter meet geen verrood licht, dit is dus niet in de meting meegenomen. Voor het aandeel verrood wordt verwezen naar de spectrummetingen in Bijlage 2.
- Tellen van ontwikkelingsstadium per tak, 1 week voor de bloei, beschrijving van de ontwikkelingsstadia ia weergegeven in Figuur 6.
- Tellen van stek en pluis op moment van 1ste pluisronde.
- Tellen van productie op gemarkeerde telvelden.
- Wegen van gewicht van de dag oogst, 1 keer per week vanaf de 1ste oogst.

Figuur 6. Beoordelingscode bij de ontwikkelingsstadia.

2.1 Dataverwerking

De data is verwerkt in Excel. Ten aanzien van alle resultaten in dit onderzoek geld dat er als gevolg van de opzet van de proef in de praktijk weinig tot geen herhalingen zijn aangelegd. Binnen een proefvak zijn wel steeds meerdere waarnemingen gedaan om de betrouwbaarheid van de waarneming te vergroten, maar van dezelfde behandeling. De resultaten zijn dus niet met statistiek te onderbouwen. Echter, doordat er nu voor het tweede jaar proeven gedaan worden en op 2 bedrijven neemt de betrouwbaarheid van effecten die vaker worden waargenomen wel toe.

3 Resultaten

3.1 Lichtmeting

Op beide bedrijven is met een Li-cor lichtmeter (LI-191 Line Quantum Sensor) het PAR lichtniveau gemeten op veldhoogte (30 cm, incl. veenbaal). Deze lichtmeter meet geen verrood licht, dit is dus niet in de meting meegenomen. Voor het aandeel verrood wordt verwezen naar de spectrummetingen in Bijlage 2. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 1. en Tabel 2. De volLEDige metingen zijn weergegeven in Bijlage 1.

Tabel 1. Lichtmeting bij Louis van der Hoorn in PAR-licht (in µmol/m²/s) op veldhoogte bij de diverse behandelingen in het proefvak.

lamp	Vermogen W/m²	onder/tussen	*PAR-licht* (µmol/m²/s)
Gloeilamp	7.5	onder	0.79
	7.5	tussen	0.78
	15	onder	1.44
	15	tussen	1.50
Philips LEDlamp DRWFR	0.9	onder	0.55
	0.9	tussen	0.43
	1.8	onder	0.66[1]
	1.8	tussen	0.70
Lemnis LED + spaarlamp	3	onder	1.26
Spaarlamp + gloeilamp	5.6	onder	1.26
	5.6	tussen	0.93
Spaarlamp + Philips LED (DRWFR)	3	onder	1.01
	3	tussen	0.80
Spaarlamp + verrood LED (FR)	3	onder	0.84

[1] Ten tijde van de meting was een lamp in de omgeving stuk, deze lamp is vervolgens vervangen.

Tabel 2. Lichtmeting bij Martin Zwinkels van PAR-licht (in µmol/m²/s) op veldhoogte bij de diverse behandelingen in jong gewas van ras Sensi en Star..

Ras	Lamp	Vermogen W/m²	*PAR-licht* (µmol/m²/s)
Sensi	gloeilamp	6.8	0.73
Sensi	LED	0.8	0.37
Star	gloeilamp	6.8	0.74
Star	LED	0.8	0.38

Opvallend lijkt de relatief lage intensiteit die gemeten wordt bij LED lampen. Er moet wel rekening mee worden gehouden dat alleen PAR licht is gemeten. De LED lampen bevatten een grote hoeveelheid verrood licht (meer dan 50%). Verrood licht is geen PAR straling en is dus ook niet gemeten.
Er is verschil in lichtniveau als op veldhoogte tussen de lampen gemeten wordt of onder een lamp, maar dit verschil is niet

zo groot. Opvallend is dat als onder folie gemeten wordt (Star) het lichtniveau nagenoeg gelijk is met de meting zonder folie (Sensi). Schoon folie lijkt op basis van de lichtmeting geen problematische belemmering voor het belichten, tenzij specifiek verrood minder wordt doorgelaten.

3.2 Reactie op stuurlicht

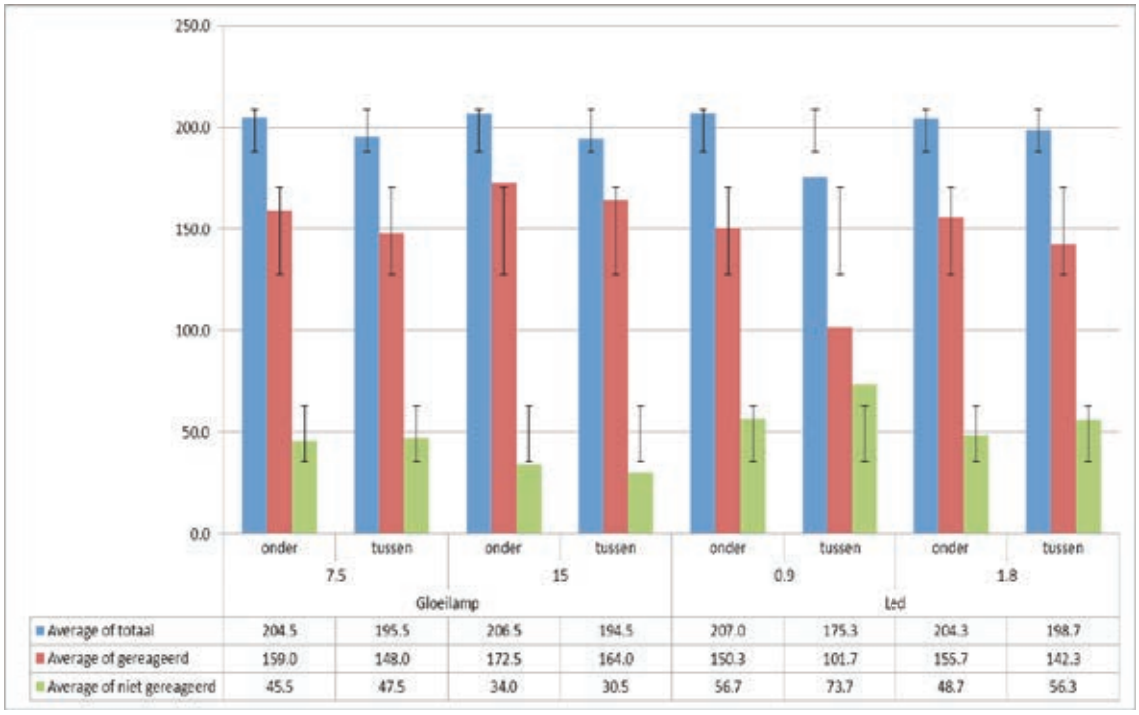
3.2.1 Stadiumtellingen bij Louis van der Hoorn

Om de reactie op stuurlicht te bepalen voor de oogst zijn vijf stadia van ontwikkeling vastgesteld (Figuur 6.). Het aantal takken per fase (ontwikkelingsstadium) is bij Louis van der Hoorn geteld op 29 maart, een week voor de eerste oogst. Voor een goed inzicht in de reactie op de behandeling is het resultaat ook uitgesplitst in de veldjes onder de lamp en tussen de lamp. De resultaten zijn weergeven in Tabel 3. en Figuur 7.

Tabel 3. Resultaat van telling van ontwikkelingsstadium op 29 mrt bij Louis van der Hoorn (onder en tussen de lampen zijn samengevoegd).

Lamp	Vermogen W/m^2	Aantal takken	Aantal gereageerd	% gereageerd	Aantal pluis/ gereageerd	Gram pluis/ gerageerd
gloeilamp	7.5	200.0	153.5	77%	1.63	0.58
gloeilamp	15	200.5	168.3	84%	1.44	0.51
LED lamp	0.9	191.2	126.0	66%	1.97	0.70
LED lamp	1.8	201.5	149.0	74%	1.67	0.54

Tabel 3. laat zien dat de reactie van LED lamp met 1,8 W/m^2 nagenoeg dezelfde reactie geeft als gloeilamp met 7,5 W/m^2. Minder vermogen aan LED lampen geeft met 66% reactie een duidelijk mindere reactie en meer vermogen aan gloeilampen geeft nog een iets sterkere reactie, namelijk 84% reactie. Er lijken dus meer LED lampen nodig te zijn om met dezelfde belichtingsduur tot hetzelfde resultaat te komen. Deze verschillen komen ook bij het aantal pluis en aantal grammen pluis weer terug.



Figuur 7. aantal takken per stadium van ontwikkeling op 29 mrt onder verschillende behandelingen onder en tussen de lampen (spreiding is standaard deviatie over hele populatie).

In Figuur 7. is te zien dat er ook verschillen waren binnen de vakken onder en tussen de lampen. Deze verschillen waren met name in de vakken met minder lampen goed te zien, maar opvallend genoeg zelfs nog in het vak met 15W gloeilampen per m^2. Bij het vak LED lampen met 0,9 W per m^2 is vooral tussen de lampen de reactie zeer slecht geweest. Onder de lampen was de reactie vergelijkbaar met de 1,8 /m^2 en 7,5 W/m^2 gloeilampen. In een hogere kas, waar een betere verdeling mogelijk is, zal het resultaat naar verwachting ook bij wat minder lampen per m^2 al redelijk goed zijn.

De stadiumtellingen van de proef met spaarlampen in combinatie met LED of gloeilampen in een tweejarig gewas heeft geen verschillen laten zien en is daarom niet in het verslag opgenomen.

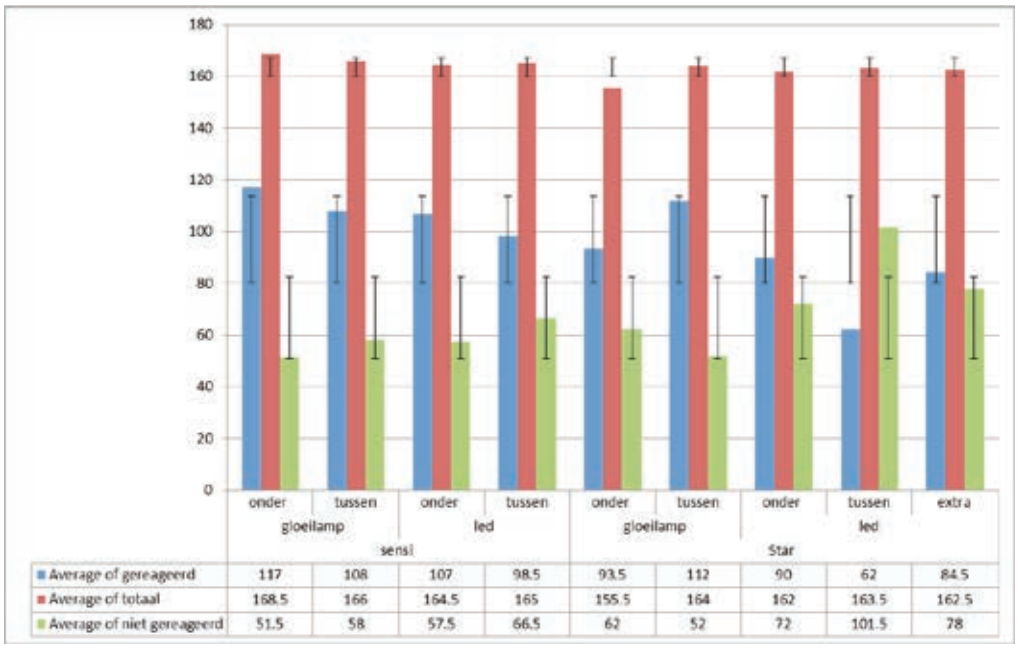
3.2.2 Stadiumtellingen bij Martin Zwinkels

Het aantal takken per fase (ontwikkelingsstadium) is bij Martin Zwinkels geteld op 12 april, een week voor de eerste oogst van Sensi en nog iets langer voor de oogst van Star (later belicht). Voor een goed inzicht in de reactie op de behandeling is het resultaat ook uitgesplitst in cultivar en de veldjes onder de lamp en tussen de lamp. De resultaten zijn weergeven in Tabel 4. en Figuur 8.

Tabel 4. Resultaat van telling van ontwikkelingsstadium op 12 april bij Martin Zwinkels.

Ras	Lamp	W/m^2	Aantal takken	Aantal gereageerd	% gereageerd	Aantal pluis / gereageerd	Gram pluis / gereageerd
Sensi	gloeilamp	6.8	167.3	112.5	67%	-	-
Sensi	LED	0.8	164.8	102.8	62%	-	-
Star	gloeilamp	6.8	159.8	102.8	64%	5.4	5.1
Star	LED	0.8	162.7	78.8	48%	4.7	5.0

Tabel 4. laat zien dat bij Sensi het verschil in % gereageerde takken onder LED en Gloeilamp 5% was. Bij het minder stuurlichtgevoelige Star was dit verschil met 16% aanzienlijk groter. Het is niet uit te sluiten dat ook het belichten met folie ertussen invloed op het resultaat heeft gehad. De extra telling in verband met een kapotte lamp gaf geen ander resultaat dan de originele telling. Waarschijnlijk heeft de reactie toen al plaatsgevonden. De verschillen in stadium zijn in de hoeveelheid pluis niet terug te zien. Sensi was op het moment van de stadiumtellingen al geplozen.



Figuur 8; aantal takken per stadium van ontwikkeling op 12 april bij de rassen Sensi en Star onder en tussen de LED- en gloeilampen (spreiding is standaard deviatie over hele populatie).

Figuur 8. laat zien dat ook hier onder de lampen een sterkere reactie is geweest dan tussen de lampen. Bij het minder stuurlichtgevoelige Star resulteerde dit een duidelijk slechtere reactie tussen de lampen. Het is niet uit te sluiten dat ook het belichten met folie ertussen hier invloed op heeft gehad. De kas van Zwinkels is hoger dan die van Louis van der Hoorn, maar er hangt maar 1 lamp per 22 m², dit is in W/m² onder het theoretische minimum van 7,5 W/m². Gezien dit feit is de reactie nog redelijk goed geweest. Opvallend is dat bij Star tussen de gloeilampen de reactie sterker was dan onder de gloeilampen. Hier is geen logische verklaring voor.

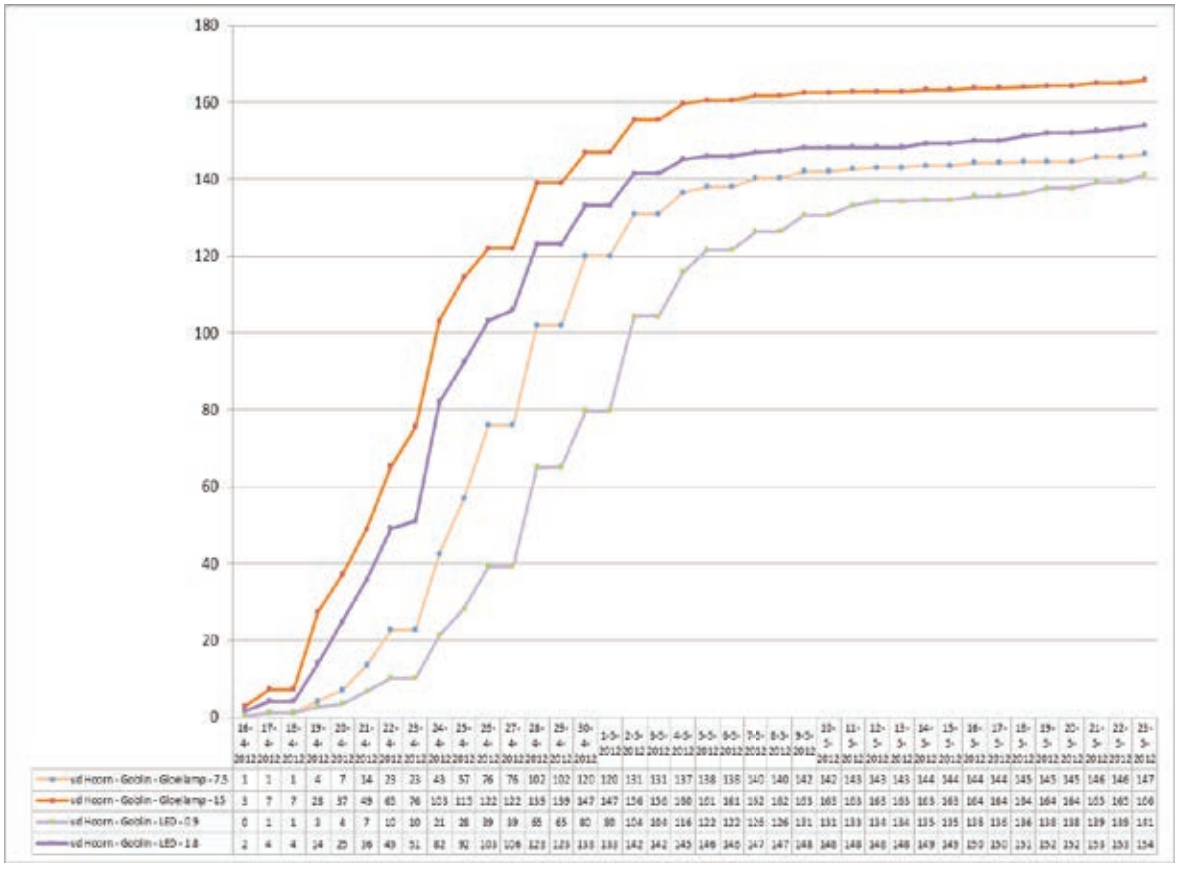
3.3 Oogstregistratie

De registratie van de oogst en het wegen van de takken is door de kwekers uitgevoerd. Bij ieder veldje hing een kladblok waarop het aantal takken direct bij de oogst is genoteerd.

3.3.1 Oogstregistratie bij Louis van der Hoorn

3.3.1.1 Jong gewas

De cumulatieve productie van het proefvak in Goblin jong met verschillende intensiteiten lampen bij Louis van der Hoorn is weergegeven in Figuur 9.

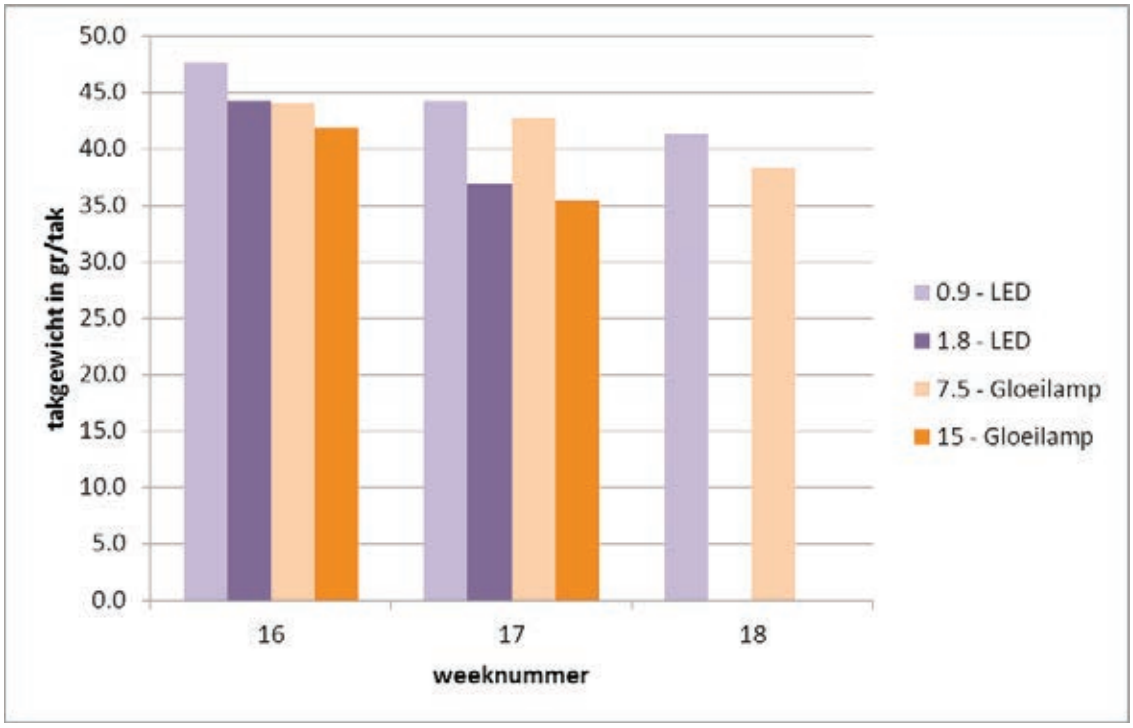


Figuur 9. Cumulatieve productie per netto m² bij Goblin jong per behandeling vanaf start oogst tot 23 mei.

De productie is bij Louis van der Hoorn gestart op 16 april. Dit is later dan in 2011 toen de eerste oogst op 11 april viel. De kweker heeft bewust in de laatste fase de temperatuur verlaagd, omdat de reactie zo sterk was in verhouding tot de lichtsom, dat de kwaliteit te licht dreigde te worden. Hierdoor was de oogst iets later. De reactie in het vak met 15W gloeilampen per m² was duidelijk het sterkst, maar ook het vak LED lampen met 1,8W heeft zeer sterk gereageerd. Beide vakken waren tegen 1 mei zo goed als leeg geoogst. De productie is niet eerder gestart dan in 2011, maar het is wel

sneller gegaan. Onder 7,5/m² gloeilampen kwam de productie iets trager op gang en/m² LED lampen was een duidelijke vertraging zichtbaar, zoals ook bij de stadiumtellingen al is gezien. Op 23 mei stonden alleen in het vak onder LED 0,9 W/m² nog enkele takken.

In het jonge vak Goblin is het takgewicht wekelijks gemeten door de totale oogst te wegen en dit te delen door het aantal takken. Figuur 10. geeft het effect van de behandelingen op het takgewicht weer.

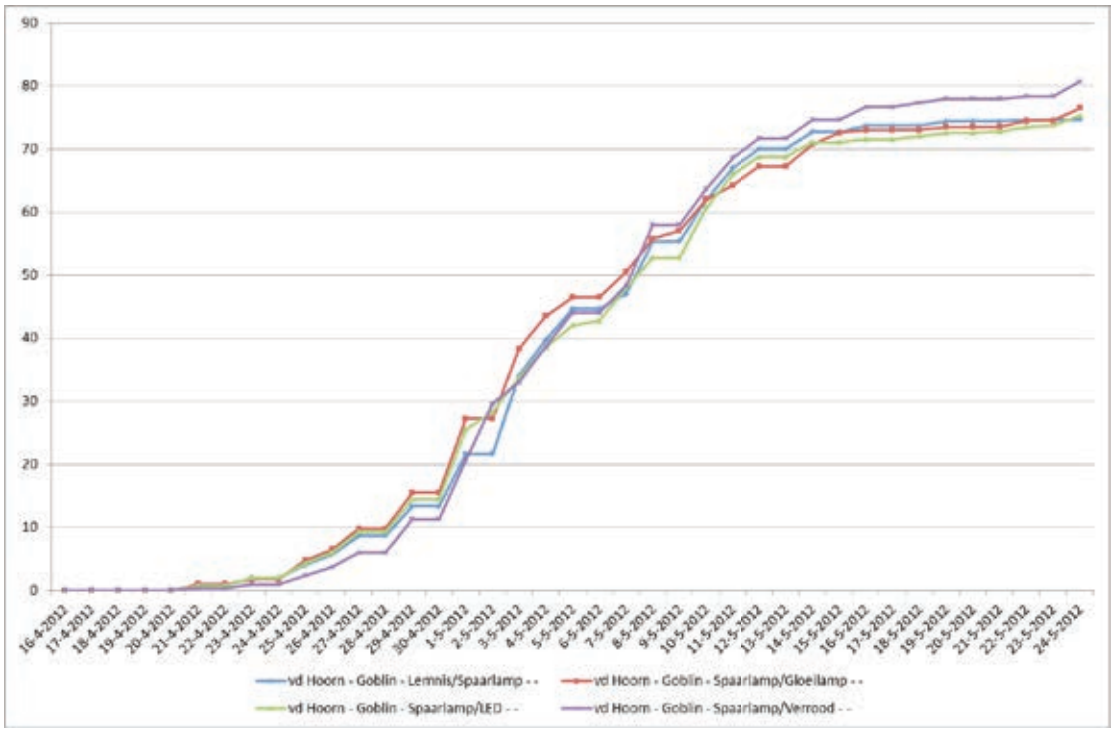


Figuur 10. Gemiddeld takgewicht per week gemeten in Goblin jong.

Omdat het takgewicht in de tijd afneemt en de oogst bij de behandelingen met een lagere lichtintensiteit later begon is een week langer doorgewogen. Het algemene beeld is dat de behandelingen die een sterkere reactie hadden ook een lager takgewicht hadden. Behandeling LED met 0,9 w/m² heeft duidelijk een hoger takgewicht en behandeling gloeilamp met 15W/m² duidelijk een lager takgewicht.

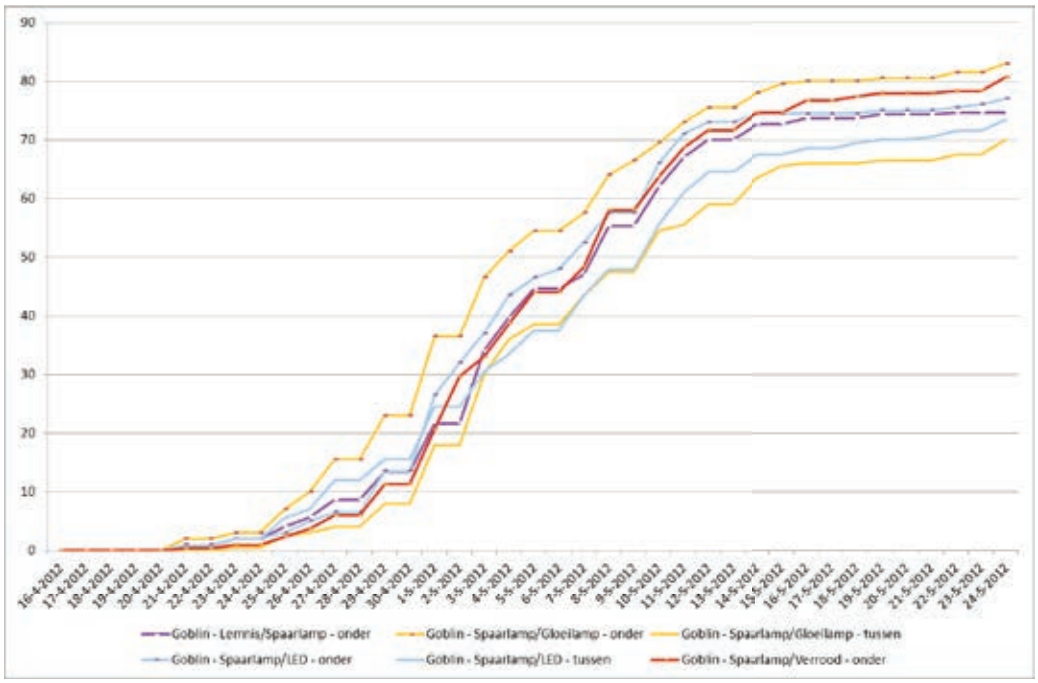
3.3.1.2 Oud gewas

De cumulatieve productie van het proefvak Goblin oud met een mix van verschillende lampen bij Louis van der Hoorn is weergegeven in Figuur 11.



Figuur 11. Cumulatieve productie per netto m² bij goblin oud per behandeling vanaf start oogst tot 23 mei.

Figuur 11. laat zien dat bij de proef met een mix van lampen in het oude gewas maar weinig verschillen zijn ontstaan. Alleen de combinatie spaarlampen met verroodlampen lijkt op het laatst 5 takken meer te hebben gegeven, maar het is maar de vraag of dit een behandelingseffect is. Er is geen niet belichtte controle geweest of een controle met alleen spaarlampen en daarom kan niet gezegd worden of alle behandelingen even goed of beter dan alleen spaarlampen hebben gewerkt. Bij Martin Zwinkels zijn de behandelingen in een tweede jaarsgewas niet waargenomen, omdat het moment van reactie niet goed te aan te geven was. Een tweede jaars gewas is dus minder geschikt voor proeven. Echter, als gekeken wordt naar de veldjes onder de verroodlichtbron en tussen de verroodlichtbron dan zijn toch verschillen te zien die consistent zijn met het beeld uit alle andere proeven.

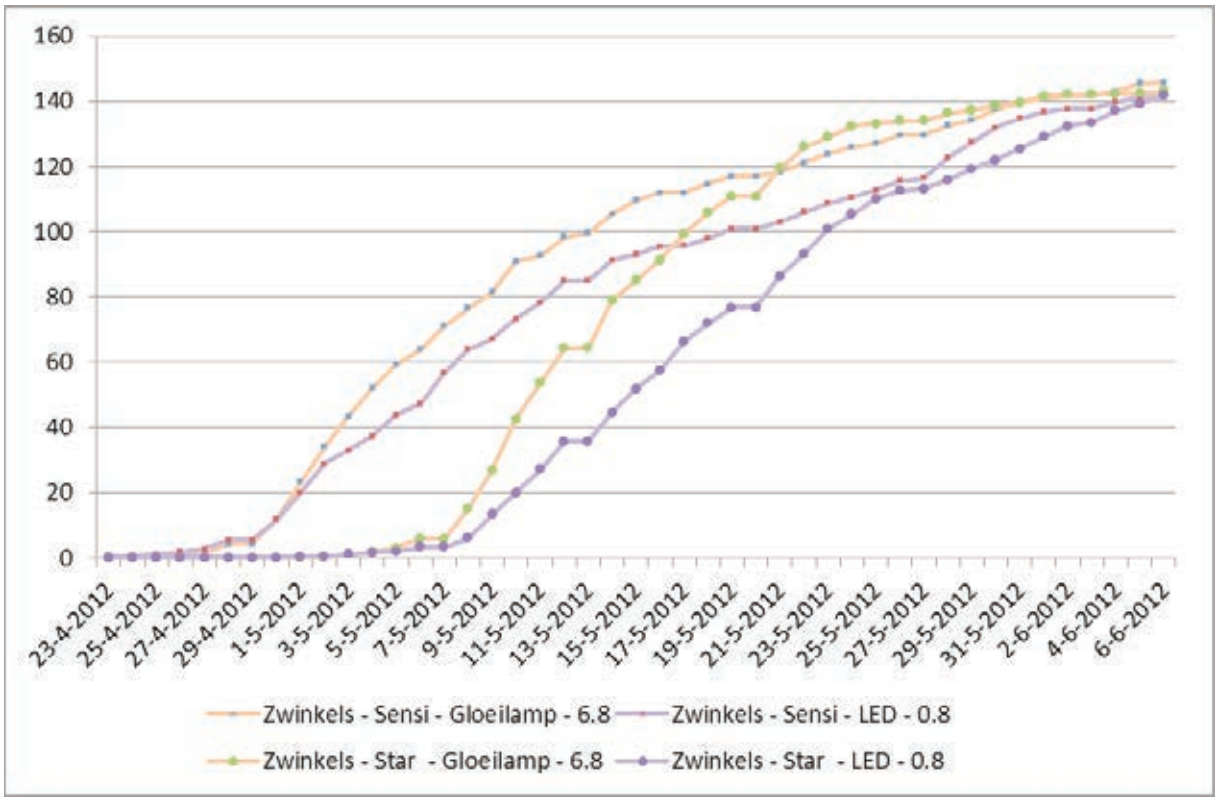


Figuur 12. Waarneming in tweejarig Goblin gewas onder een combinatie van spaarlampen met een verroodbron met een uitsplitsing naar onder (onder verroodbron) en tussen (onder spaarlamp).

Zowel bij gloeilampen als bij LED lampen is zowel onder de gloeilamp als tussen de gloeilampen (dus onder de spaarlamp) de productie geteld. Onder de verroodbron is duidelijk meer productie geteld dan onder de spaarlamp bij gloeilampen en Led lampen. De twee behandelingen die onder de spaarlamp zijn geteld hebben beide de laagste productie. Opvallend is tevens dat onder de gloeilamp en onder de verroodlamp de productie het hoogst is. Dit komt ook overeen met de proef uit 2011. Tussen de reactie op Lemnis of Philips LED lamp zit nagenoeg geen verschil.

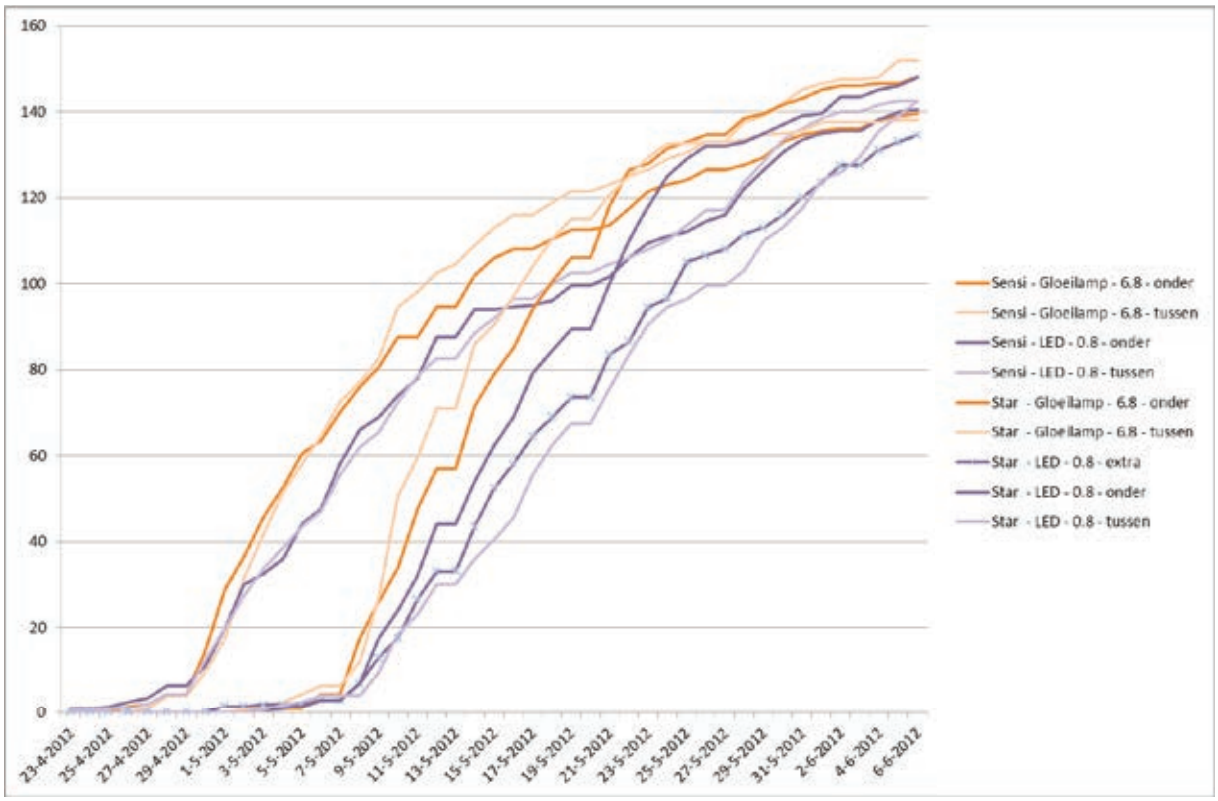
3.3.2 Oogstregistratie bij Martin zwinkels

De oogstregistratie bij de rassen Sensi en Star is weergegeven in Figuur 13.



Figuur 13. Cumulatieve productie per netto m2 bij jong gewas Sensi en Star onder LED en gloeilampen vanaf start oogst tot 6 juni.

De oogst in Sensi is 23 april heel langzaam in het vak met LED lampen gestart en de oogst bij Star is op 1 mei. Star is ook later geplant en belicht. Bij beide rassen is te zien dat na een min of meer gelijke start de productie onder gloeilampen eerder los komt. Bij Star lijkt dit effect sterker te zijn dan bij Sensi. Dit komt overeen met de stadiumtellingen. De productie komt bij beide rassen over een langere periode verdeeld. De uiteindelijke productie is op 6 juni nagenoeg gelijk.
Figuur 14. laat zien dat Bij Sensi geen of een gering verschil is geweest tussen de veldjes onder en tussen de lampen. Bij Star is dit verschil groter geweest. Opvallend genoeg was de reactie van de extra veldjes, in verband met een kapotte lamp in de veldjes onder de lamp, minder dan de veldjes in de buurt van een kapotte LED lamp. Ook hier blijkt weer dat bij Star het minimum dichter benaderd was dan bij Sensi.



Figuur 14. cumulatieve productie van de veldjes onder en tussen de lampen vij Sensi en star en onder LED en gloeilampen.

4 Discussie, conclusies en aanbevelingen

4.1 Discussie

4.1.1 Teeltkundige resultaten

Uit de lichtmetingen blijkt dat als met een PAR meter gemeten wordt, de lichtintensiteit bij gebruik van 7,5 W/m^2 gloeilampen ongeveer 0,7 µmol/m^2, bij 15 W/m^2 gloeilampen is dat 1,45 µmol/m^2/cm^2. Bij gebruik van 0,9 W/m^2 LED lampen is dat 0,4 µmol/m^2 en bij gebruik van 1,8 w/m^2 LED lamp is dat 0,7 µmol/m^2. Hierbij moet worden aangemerkt dat, afhankelijk van de kashoogte er altijd nog een lichtverschil is tussen en onder de lampen. Als vervolgens naar de stadiumtellingen bij Louis van der Hoorn gekeken wordt dan is duidelijk te zien dat een hogere lichtintensiteit een sterkere reactie tot gevolg heeft gehad. Bij de oogstregistratie was dit ook zichtbaar, maar uit de oogstregistratie bleek de reactie onder 1,8 W/m^2 LED lampen wel iets sterker dan onder 7,5 W/m^2 gloeilampen. De verschillen waren ook weer zichtbaar in de hoeveelheid pluis per tak, die bij een sterkere reactie lager was dan bij een minder sterke reactie. In 2011 waren takken onder LED lampen bij een reactie die even sterk was en enkele dagen later, duidelijk zwaarder dan onder gloeilampen. Dit is in 2012 niet bevestigd. De takgewichten volgden hier de mate van reactie. Vermoedelijk hebben in 2011 toch temperatuurverschillen meegespeeld bij het takgewicht die dit jaar minder zijn opgetreden. De kweker heeft dit jaar de ventilatoren vaker laten draaien. Ook heeft hij de laatste twee weken de temperatuur moeten verlagen, omdat de takken te licht (onvoldoende kwaliteit) dreigden te worden. In het onderzoek is geen duidelijk verschil aangetoond tussen behandelingen van spaarlampen met daartussen LED lampen DRWFR of FR of gloeilampen. Dit deel van het onderzoek is uitgevoerd in tweedejaars gewas, waardoor de verschillen minder duidelijk zijn dan bij een eenjarig gewas. De resultaten met de mix van spaarlampen en een verroodbron maken duidelijk dat bij gebruik van een combinatie van spaarlampen en een extra verrood lichtbron er verschillen ontstaan onder spaarlampen en onder de verroodbron. Onder de verroodbron reageert het gewas sneller. De in de proef genomen verhouding spaarlamp:verroodbron liet teveel ruimte tussen de verroodbronnen. Wellicht dat met een verhouding van 1:2 een betere verdeling van verrood bereikt kan worden en dus een gelijkmatiger reactie.

Bij Martin Zwinkels hebben de takken relatief goed gereageerd, gezien de lage hoeveelheid lampen boven het gewas. Zijn kas is dan ook hoger, waardoor de lichtverdeling gelijkmatiger was. Tevens belicht hij later in het seizoen, waardoor er meer zonlicht was om het effect van dagverlenging te ondersteunen. Hogere temperaturen en meer licht bevorderen ook de reactie. Er is, vooral bij Star, een duidelijk sterkere reactie onder gloeilampen gezien dan onder een zelfde aantal LED lampen. Dit is zowel bij stadiumtellingen als in de oogstregistratie zichtbaar gemaakt. Het lichtgevoeliger ras Sensi laat dezelfde verschillen in mindere mate zien. Omdat bij Star onder folie is belicht en bij Sensi niet, kan dit als oorzaak voor het kleinere verschil tussen gloeilampen en LED lampen niet uitgesloten worden. Sensi is eerder belicht dan Star, maar een snelle bestudering van de meteogegevens van die periode leert dat de periode van belichten bij Sensi iets meer zonnige dagen telde, maar bij Star hadden de laatste dagen een hoge instraling. Het takgewicht is niet waargenomen. Bij Martin Zwinkels is geen verschil in hoeveelheid pluis gevonden. Dit zou kunnen samenhangen met de lage intensiteit waarmee belicht wordt, waarmee ook onder gloeilampen niet een zeer sterke reactie verwacht kan worden. Dit kan ook verklaren dat bij Louis van der Hoorn in een periode van goed twee weken (16-4 tot 1-5) ongeveer 90% van de taken is geoogst bij de hoge lichtintensiteit behandelingen en bij Martin Zwinkels over een periode van 4 a 5 weken ongeveer 80% van de takken is geoogst. Bij Louis van der Hoorn was bij de behandeling met lage intensiteit de oogstperiode ook duidelijk langer.

4.1.2 Energetische en economische evaluatie

De strategieën voor belichting en het energieverbruik die in de praktijk gerealiseerd worden zijn zeer uiteenlopend. Er is op basis van het huidige onderzoek onvoldoende informatie om de energiebesparing en kostenbesparing met grote precisie te kunnen vaststellen. Daarom zijn voor verschillende mogelijke strategieën de energie en kostenbesparing bepaald. De volgende theoretische strategieën, geïnspireerd op praktijksituaties, zijn doorgerekend (Tabel 5.)

Tabel 5. Beschrijving van theoretische strategieën.

Strategie	*Gloeilampen per m^2*	*Dagen belichten/jr*	*Vervanging LED/m^2*	*Kostprijs KWh*
Minimaal	6,8W	26	0,9 W	6 ct.
Gematigd	8,3W	26	1,5 W	6 ct.
Maximaal	12.5W	35	1,8 W	6 ct.

De energiebesparing op elektriciteitsverbruik is, als rekening wordt gehouden met het feit dat er iets meer LED lampen per m^2 nodig zijn dan gloeilampen, nog altijd 87%. De resultaten van de besparing op bedrijfsniveau zijn weergegeven in de onderstaande tabellen (Tabel 6, Tabel 7. en Tabel 8.). De kostenbesparing op vastrecht gaat uit van een besparing omdat door belichten met LED lampen minder vermogen nodig is en dus een kleinere aansluiting kan volstaan. Voor de berekening is ervan uitgegaan dat 18/150ste deel van de aansluiting nog maar nodig mag zijn. Ter vergelijking is ook een berekening voor spaarlampen gemaakt, ervan uitgaande dat spaarlampen wel effectief zijn als veel meer dagen dan gebruikelijk belicht wordt. Dit is niet in onderzoek aangetoond en theoretisch niet waarschijnlijk, maar stoelt op een praktijkervaring van een kweker. De meerkosten waar de berekening van uitgaat zijn heel moeilijk te bepalen. De adviesprijs van Philips is 35 euro, maar de kwekers hebben de lampen gekocht voor 32. Voor gloeilampen is het nog moeilijker om een prijs aan te geven, want die worden niet meer verkocht. In de berekening wordt daarom maar van een prijsverschil uitgegaan van 29 euro. Er is geen rekening gehouden met afschrijvingsduur en rentekosten.

Tabel 6. Minimaal strategie.

Energie		spaarlamp	LED lamp	gloeilamp
watt per lamp	Watt	33	18	150
Aantal W per m2	W/m2	1.7	0.9	6.8
Watt besparing per m2	W/m2	5.2	5.9	0.0
Aantal branduren per dag	uur/dag	14.0	14.0	14.0
Aantal dagen belichten	dagen per jaar	55.0	26.0	26.0
Verbruik Watt per m2 gloeilampen	Wh/m2/jr	2481.8	2481.8	2481.8
Verbruik spaarlampen Watt per m2	Wh/m2/jr	1270.5	327.6	
Watt besparing per m2 per jaar	Wh/m2/jr	1211.3	2154.2	
% energiebesparing op belichten		49%	87%	
kwh/m2/jaar besparing	KWh/m2/jr	1.2	2.2	
M3 a.e. besparing per jaar	M3 a.e./m2/jr	0.32	0.57	
Jaarverbruik Anjer m3 a.e./m2/jr	M3 a.e./m2/jr	16	16	
% energiebesparing		2.0%	3.6%	
Kosten				
Kosten per KWh elektra	€/KWh	€ 0.06	€ 0.06	
Besparing op elektra/m2/jr	€/m2/jr	€ 0.07	€ 0.13	
Besparing op vastrecht kleinere aansluiting	€/m2/jr	€ 0.10	€ 0.20	
m2 per lamp	m2	20	20	22
kostenbesparing per lamp per jaar	€/m2/jr	€ 3.45	€ 6.59	
meerkosten gemiddeld per lamp	€/stuk	€ 10.00	€ 29.00	
terugverdientijd op energiebesparing	jaar	2.9	4.4	

Tabel 7. Gematigde strategie.

Energie		spaarlamp	LED lamp	gloeilamp
watt per lamp	Watt	33	18	100
Aantal W per m2	W/m2	2.8	1.5	8.3
Watt besparing per m2	W/m2	5.6	6.8	0.0
Aantal branduren per dag	uur/dag	14.0	14.0	14.0
Aantal dagen belichten	dagen per jaar	60.0	26.0	26.0
Verbruik Watt per m2 gloeilampen	Wh/m2/jr	3033.3	3033.3	3033.3
Verbruik spaarlampen Watt per m2	Wh/m2/jr	2310.0	546.0	
Watt besparing per m2 per jaar	Wh/m2/jr	723.3	2487.3	
% energiebesparing op belichten		24%	82%	
kwh/m2/jaar besparing	KWh/m2/jr	0.7	2.5	
M3 a.e. besparing per jaar	M3 a.e./m2/jr	0.19	0.66	
Jaarverbruik Anjer m3 a.e./m2/jr	M3 a.e./m2/jr	20	20	
% energiebesparing		1.0%	3.3%	
Kosten				
Kosten per KWh elektra	€/KWh	€ 0.06	€ 0.06	
Besparing op elektra/m2/jr	€/m2/jr	€ 0.04	€ 0.15	
Besparing op vastrecht kleinere aansluiting	€/m2/jr	€ 0.10	€ 0.20	
m2 per lamp	m2	12	12	12
kostenbesparing per lamp per jaar	€/m2/jr	€ 1.72	€ 4.19	
meerkosten gemiddeld per lamp	€/stuk	€ 10.00	€ 29.00	
terugverdientijd op energiebesparing	jaar	5.8	6.9	

Tabel 8. maximaal strategie.

Energie		spaarlamp	LED lamp	gloeilamp
watt per lamp	Watt	33	18	150
Aantal W per m2	W/m2	3.3	1.8	12.5
Watt besparing per m2	W/m2	9.2	10.7	0.0
Aantal branduren per dag	uur/dag	14.0	14.0	14.0
Aantal dagen belichten	dagen per jaar	70.0	35.0	35.0
Verbruik Watt per m2 gloeilampen	Wh/m2/jr	6125.0	6125.0	6125.0
Verbruik spaarlampen Watt per m2	Wh/m2/jr	3234.0	882.0	
Watt besparing per m2 per jaar	Wh/m2/jr	2891.0	5243.0	
% energiebesparing op belichten		47%	86%	
kwh/m2/jaar besparing	KWh/m2/jr	2.9	5.2	
M3 a.e. besparing per jaar	M3 a.e./m2/jr	0.76	1.39	
Jaarverbruik Anjer m3 a.e./m2/jr	M3 a.e./m2/jr	24	24	
% energiebesparing		3.2%	5.8%	
Kosten				
Kosten per KWh elektra	€/KWh	€ 0.06	€ 0.06	
Besparing op elektra/m2/jr	€/m2/jr	€ 0.17	€ 0.31	
Besparing op vastrecht kleinere aansluiting	€/m2/jr	€ 0.10	€ 0.20	
m2 per lamp	m2	10	10	12
kostenbesparing per lamp per jaar	€/m2/jr	€ 2.73	€ 5.15	
meerkosten gemiddeld per lamp	€/stuk	€ 10.00	€ 29.00	
terugverdientijd op energiebesparing	jaar	3.7	5.6	

Het percentage energiebesparing is afhankelijk van de belichtingsstrategie. Bij minimaal gebruik van stuurlicht is de besparing berekend op 3,6%, bij gematigd gebruik op 3,3% en bij maximaal gebruik op 5,8%. De terugverdientijd is bij minimale belichtingsstrategie het kortst, omdat minder lampen per m^2 gekocht worden. De terugverdientijd bij gebruik van spaarlampen is korter, ondanks dat twee keer zo lang belicht wordt. Dit komt door de lagere kosten van deze lampen. De kostenbesparing is bij LED lampen twee keer zo groot. In Tabel 9. zijn LED lampen en spaarlampen vergeleken voor de

minimale strategie. Bij Tabel 9. is de kostprijs van de spaarlamp het uitgangspunt (meerkosten is het dus het prijsverschil tussen spaarlamp en LED lamp). Ook de spaarlamp is er in diverse prijsklassen, ik ben uitgegaan van 13 euro per lamp.

Tabel 9. Vergelijking LED lampen met spaarlampen en terugverdientijd.

Energie			LED lamp	spaarlamp
watt per lamp	Watt		18	33
Aantal W per m2	W/m2		1.5	2.8
Watt besparing per m2	W/m2		1.3	0.0
Aantal branduren per dag	uur/dag		14.0	14.0
Aantal dagen belichten	dagen per jaar		26.0	60.0
Verbruik Watt per m2 gloeilampen	Wh/m2/jr		2310.0	2310.0
Verbruik spaarlampen Watt per m2	Wh/m2/jr		546.0	
Watt besparing per m2 per jaar	Wh/m2/jr		1764.0	
% energiebesparing op belichten			76%	
kwh/m2/jaar besparing	KWh/m2/jr		1.8	
M3 a.e. besparing per jaar	M3 a.e./m2/jr		0.47	
Jaarverbruik Anjer m3 a.e./m2/jr	M3 a.e./m2/jr		20	
% energiebesparing			2.3%	
Kosten				
Kosten per KWh elektra	€/KWh		€ 0.06	
Besparing op elektra/m2/jr	€/m2/jr		€ 0.11	
Besparing op vastrecht kleinere aansluiting	€/m2/jr		€ 0.10	
m2 per lamp	m2		12	12
kostenbesparing per lamp per jaar	€/m2/jr		€ 2.47	
meerkosten gemiddeld per lamp	€/stuk		€ 18.00	
terugverdientijd op energiebesparing	jaar		7.3	

De berekening in Tabel 9. laat een terugverdientijd van 7 jaar zien van Led lampen ten opzichte van spaarlampen in een situatie waarin veel lampen nodig zijn. Op de lange termijn is het dus economisch ook interessanter om LED lampen te installeren, mits de levensduur minimaal 7 jaar is. De winst komt uit goedkopere jaarkosten door een energiebesparing op belichten van 76%. Als gloeilampen of spaarlampen eerder stuk gaan, dan wordt de berekening gunstiger voor LED lampen. Normaals wordt benadrukt dat een reactie van anjers op spaarlampen in onderzoek van Wageningen UR glastuinbouw niet is aangetoond.
Deze kostenberekening en de terugverdientijd houden geen rekening met eventuele subsidies voor energiebesparende maatregelen. Ook houdt de berekening geen rekening met verwachtte levensduur. Deze zou voor LED lampen veel langer moeten zijn dan gloeilampen. De ervaring in deze proef was dat 6 lampen stuk zijn gegaan gedurende de proef. Deze zijn door de leverancier kosteloos vervangen. De kostenbesparing op vastrecht is geschat op basis van de berekening voor de situatie bij het bedrijf van Martin Zwinkels. Dit kan afhankelijk van de situatie hoger of lager uitvallen. Bij nieuwbouw wordt de situatie bijvoorbeeld gunstiger, doordat ook lichtere bekabeling gebruikt zou kunnen worden.
Ten slotte houdt deze economische evaluatie geen rekening met opbrengst en kwaliteitsverschillen, terwijl deze er wel waren binnen en tussen de bedrijven. Deze verschillen zijn door de vele verschillen tussen de bedrijven, jaren en omstandigheden, om te beginnen al de rassen waar de proeven mee zijn uitgevoerd, moeilijk te kwantificeren. Dit valt ook buiten de scope van dit onderzoek.

4.2 Conclusies

Bij het lezen van de onderstaande conclusies moet rekening gehouden worden met het feit dat de resultaten niet statistisch zijn onderbouwd. Doordat nu over 2 jaar data is en van twee bedrijven is de betrouwbaarheid van de conclusies wel aanzienlijk toegenomen. Het onderzoek heeft laten zien dat bij een intensiteit rond 0,9 W/m^2 LED lamp de generatieve reactie van anjers duidelijk zwakker wordt. Het lijkt erop dat het aantal lampen per m^2 bij LED lampen iets hoger moet

zijn voor een vergelijkbare reactie als met gloeilampen. De gewenste reactie is afhankelijk van de gewenste strategie van de kweker. Een trage reactie kan een strategie van een kweker zijn. Een tragere reactie geeft in deze proef een vrijwel gelijktijdige start van de productie, maar bij een minder sterke reactie is de periode waarover geoogst wordt langer en komt de productie ook later op gang. Bij een tragere reactie is wel het takgewicht hoger. Er is in tegenstelling tot de proef in 2011 geen hoger gemiddeld takgewicht onder LED lampen gevonden die niet door reactieverschil te verklaren is. Tijdens de proef in 2012 hebben de ventilatoren aan gestaan. Temperatuurverschillen zullen naar verwachting kleiner geweest zijn dan in 2011, toen een klein verschil is gemeten. Derhalve kan het effect op takgewicht van LED lampen in 2011 met meer zekerheid aan temperatuur toegeschreven worden. Bij een sterke reactie lijkt de totaalproductie gemiddeld weer hoger te zijn en dus sneller af te rijpen.
In het onderzoek zijn kleine verschillen aangetoond tussen behandelingen van spaarlampen met daartussen een verroodbron (LED lampen DRWFR of FR of gloeilampen). Dit deel van het onderzoek is uitgevoerd in tweedejaars gewas. De resultaten met de mix van spaarlampen en een verroodbron maken duidelijk dat bij gebruik van een combinatie van spaarlampen en een extra verrood lichtbron er verschillen ontstaan onder spaarlampen en onder de verroodbron. Onder de verroodbron reageert het gewas sneller. De in de proef genomen verhouding spaarlamp:verroodbron liet teveel ruimte tussen de verroodbronnen.
De energiebesparing van belichten met LED lampen in vergelijking met gloeilampen voor eenzelfde reactie is ongeveer 87%. Het percentage energiebesparing is afhankelijk van de belichtingsstrategie. Bij minimaal gebruik ban stuurlicht is de besparing berekend op 3,6%, bij gematigd gebruik op 3,3% en bij maximaal gebruik op 5,8%. Welke belichtingsstrategie economisch het meest gunstig is, is sterk afhankelijk van de prijsontwikkeling in de oogstperiode van de takken. Duidelijk is wel dat door besparing van energie en op vastrecht de kweker bij een gelijke prijs voor het eindproduct en gelijkblijvende energieprijzen de LED lampen in ongeveer 4,5 a 5,5 jaar terug kan verdienen. Spaarlampen hebben een kortere terugverdientijd, maar doordat LED lampen per jaar meer besparen is op een termijn van 6 tot 7 jaar de investering in LED lampen interessanter. Ook is de effectiviteit waarmee de bloei beïnvloed kan worden met LED lampen bewezen en bij spaarlampen is dit door het ontbreken van verrood in het spectrum aan twijfel onderhevig. Een combinatie van spaar en LED lampen lijkt zowel economisch als voor wat betreft effect op het gewas niet interessant.

4.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Bovenstaande conclusie geeft al aan dat het sturen op zowel bloeitijdstip als kwaliteit een complexe teelthandeling is die veel kennis vereist. Toch is met de praktijkproeven van dit jaar al een redelijk beeld gekregen van hoe de ervaringen met gloeilampen te vertalen naar het gebruik van LED lampen. De volgende, meer verdiepende vragen voor verder onderzoek blijven onbeantwoord.

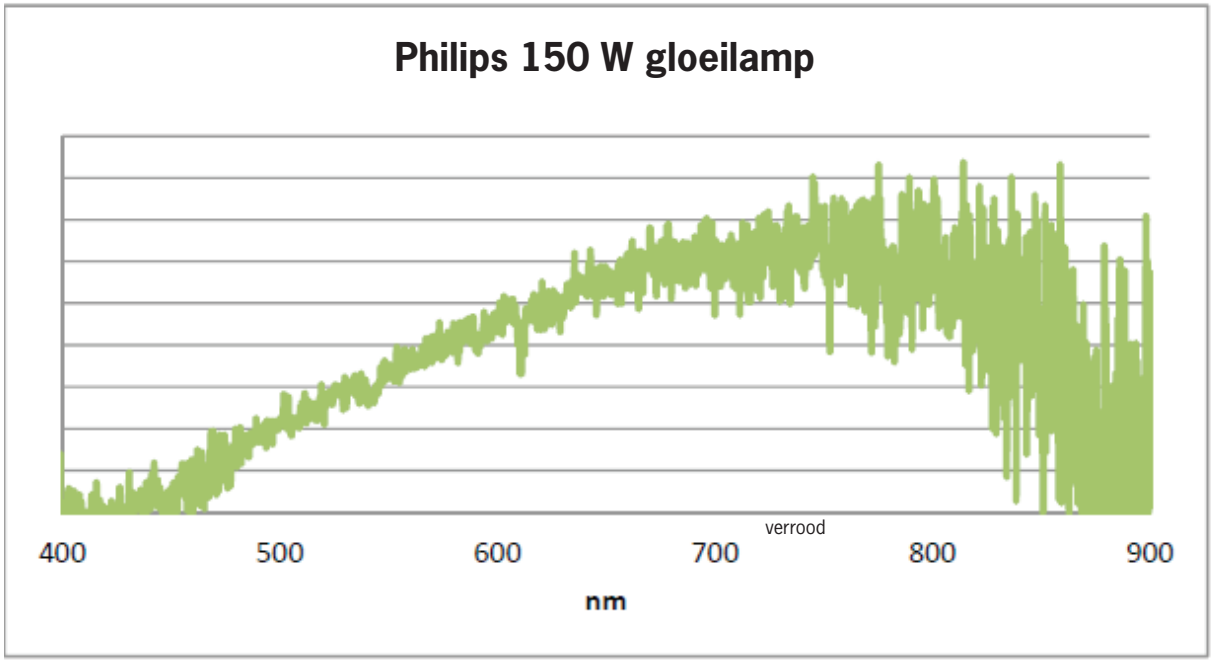
- Wat is de optimale belichtingsduur in relatie tot intensiteit bij gebruik van LED lampen bij anjers? Deze vraag is van belang, omdat sommige bedrijven een lage dichtheid lampen hebben die met gloeilampen net genoeg was en met LED lampen misschien net te laag. Indien het mogelijk is om wel een goede reactie te krijgen door een week of aantal dagen langer te belichten, dan is investeren in extra fittingen niet nodig.
- Wat is de interactie tussen temperatuur, dagverlenging en kwaliteit bij vervroegen van anjers? Deze vraag is van belang omdat het resultaat van stuurlicht sterk door de factor lichtsom (natuurlijk licht) en temperatuur beïnvloed wordt. De kwekers kijken nu het gewas aan en nemen een beslissing op basis van deze visuele waarneming, ervaring en gevoel. Dit gaat meestal goed, maar soms ook niet. Men blijft doorgaans uit de buurt van de grens van het mogelijke. Hier ligt dus ruimte voor optimalisatie.

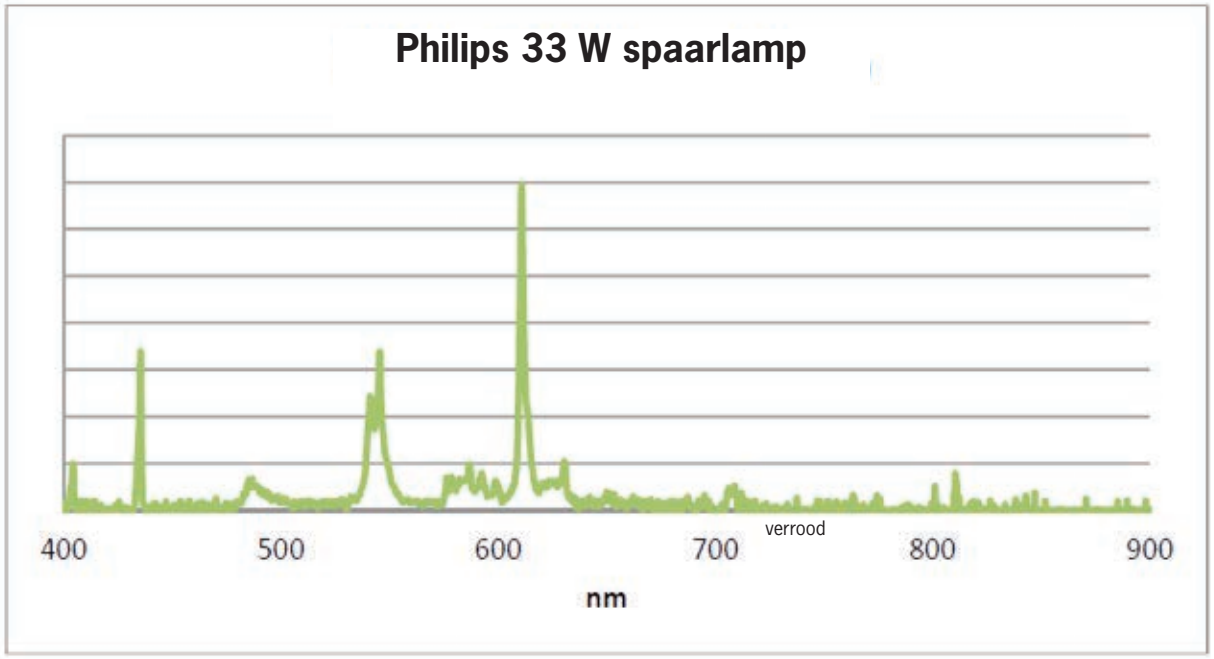
Bijlage I Resultaten van alle lichtmetingen

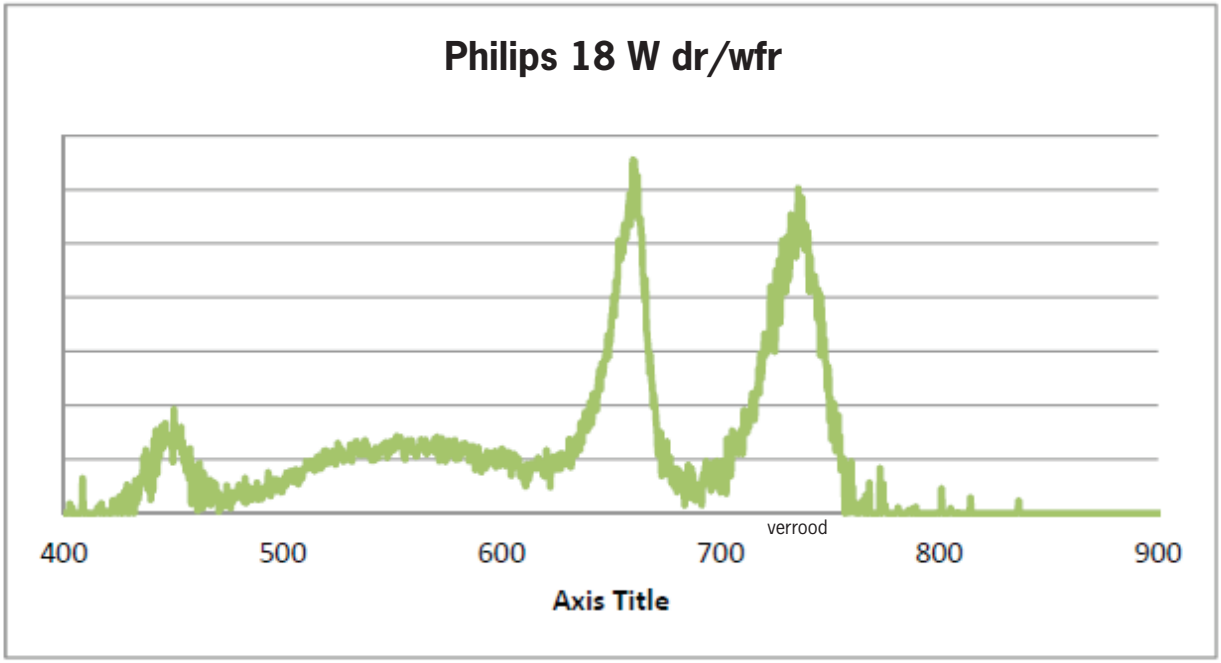
vak	veld	lamp	intensitei	meting 1	meting 2	gemiddel	verschil
goblin jon	1	led	1.8	0.7	0.7	0.7	0.0
goblin jon	2	led	1.8	0.7	0.7	0.7	0.0
goblin jon	3	led	1.8	0.7	0.6	0.6	0.0
goblin jon	4	led	1.8	0.6	0.6	0.6	0.0
goblin jon	5	led	1.8	0.8	0.8	0.8	0.0
goblin jon	6	led	1.8	0.7	0.7	0.7	0.0
goblin jon	7	gloeilamp	15	1.4	1.5	1.5	0.1
goblin jon	8	gloeilamp	15	1.4	1.4	1.4	0.0
goblin jon	9	gloeilamp	7.5	0.8	0.8	0.8	0.0
goblin jon	10	gloeilamp	7.5	0.8	0.8	0.8	0.1
goblin jon	11	gloeilamp	15	1.6	1.6	1.6	0.0
goblin jon	12	gloeilamp	15	1.4	1.5	1.4	0.0
goblin jon	13	gloeilamp	7.5	0.8	0.8	0.8	0.0
goblin jon	14	gloeilamp	7.5	0.8	0.8	0.8	0.0
goblin jon	15	led	0.9	0.6	0.6	0.6	0.0
goblin jon	16	led	0.9	0.6	0.5	0.6	0.0
goblin jon	17	led	0.9	0.5	0.5	0.5	0.0
goblin jon	18	led	0.9	0.5	0.5	0.5	0.0
goblin jon	19	led	0.9	0.4	0.4	0.4	0.0
goblin jon	20	led	0.9	0.4	0.4	0.4	0.0
goblin ouc	21	spaar/led	3	1.1	0.9	1.0	0.2
goblin ouc	22	spaar/led	3	0.9	1.1	1.0	0.2
goblin ouc	23	spaar/led	3	0.9	0.8	0.8	0.1
goblin ouc	24	spaar/led	3	0.8	0.8	0.8	0.0
goblin ouc	25	Lemnis/spaar	3	1.4	1.1	1.3	0.3
goblin ouc	26	Lemnis/spaar	3	1.3	1.3	1.3	0.0
goblin ouc	27	Lemnis/spaar	3	1.2	1.4	1.3	0.2
goblin ouc	28	Spaar/verrood	3	0.9	0.8	0.8	0.1
goblin ouc	29	Spaar/verrood	3	0.9	0.8	0.8	0.1
goblin ouc	30	Spaar/verrood	3	0.9	0.9	0.9	0.0
goblin ouc	31	spaar/gloei	5.6	1.3	1.2	1.2	0.1
goblin ouc	32	spaar/gloei	5.6	1.3	1.3	1.3	0.0
goblin ouc	33	spaar/gloei	5.6	0.9	0.9	0.9	0.0
goblin ouc	34	spaar/gloei	5.6	0.9	1.0	0.9	0.1

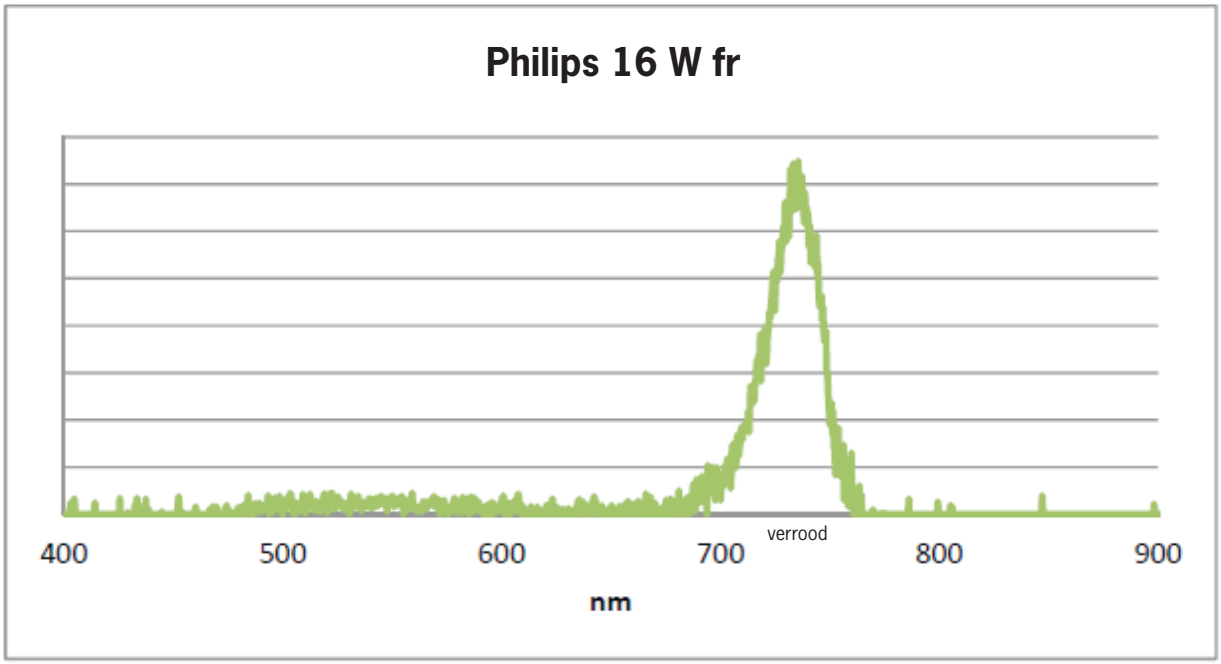
Bijlage II Lichtspectrum van de gebruikte lampen

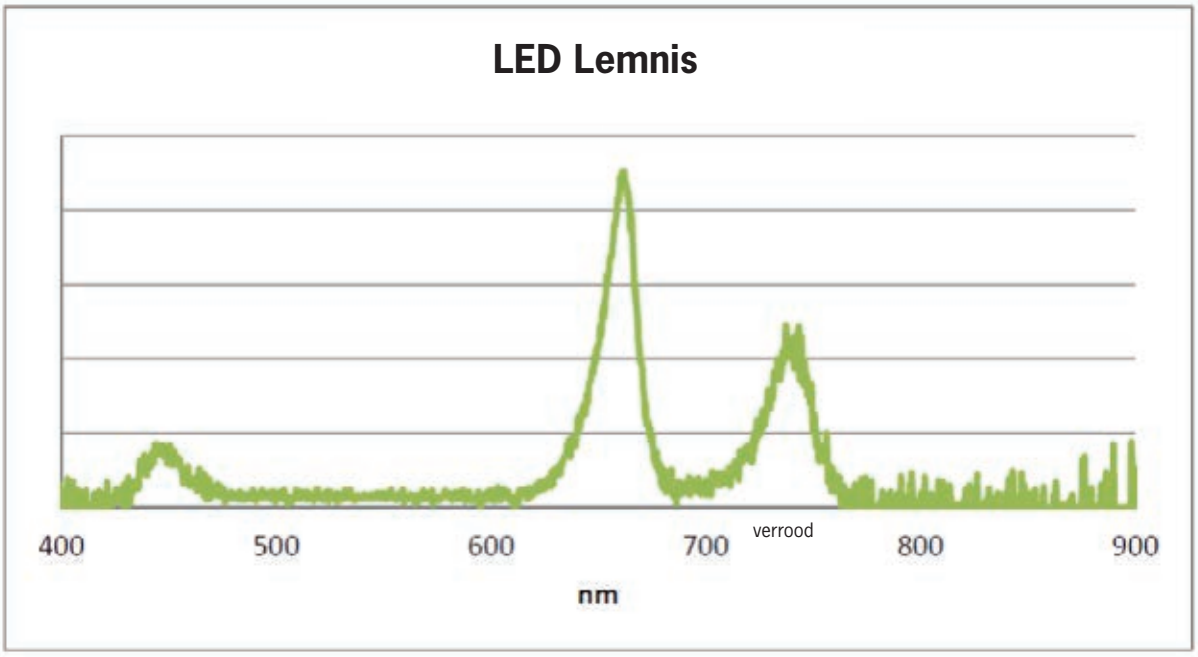
De absolute hoeveelheid fotonen is niet zuiver gemeten, daarom is in de grafieken op de y-as geen schaalverdeling weergegeven. De grafieken geven het relatieve aandeel van kleuren in het spectrum van de lamp weer. Ter beeldvorming. Grof gesteld kan het licht tussen 700 en 800 nm. kan als verrood aangeduid worden, tussen 600 en 700 nm. als rood en tussen 400 en 500 als blauw.






Philips 18 W dr/wfr
verrood
400
500
600
700
800
900
Axis Title


Philips 16 W fr
verrood
400
500
600
700
800
900
nm


LED Lemnis
400
500
600
700
verrood
800
900
nm

Productschap Tuinbouw
Kas als Energiebron
Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Projectnummer: 3242135900 | PT-nummer: 14266.09