

# Stekken onder LED-belichting

Verkenning naar de mogelijkheden van het stekken van boomkwekerijgewassen onder LED in een meerlaagssysteem zonder daglicht

Pieter van Dalfts, Leo Slingerland en Peter Roelofs

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving  
Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit  
PPO nr. 32 361129 00/ PT nr. 14072  
Lisse, augustus 2011

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO-Projectnummer: 32 361129 00  
PT-Projectnummer: 14072

De bomen- en vaste plantensector investeert in dit project via het  Productschap **Tuinbouw**

---

## Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit

Adres : Postbus 85, 2160 AB Lisse  
: Prof. Van Slogterenweg 2, 2161 DW Lisse  
Tel. : +31 252 46 21 21  
Fax : +31 252 46 21 00  
E-mail : [infobomen.ppo@wur.nl](mailto:infobomen.ppo@wur.nl)  
Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

# Samenvatting

LED-belichting biedt enorme kansen voor de tuinbouw. Ook in de boomkwekerij biedt LED-belichting perspectief, met name bij het stekken van boomkwekerijgewassen. LED-belichting geeft namelijk specifieke kleuren af, waarmee processen in de plant beïnvloed kunnen worden, zoals beworteling en vertakking.

Door LED toe te passen in een meerlagensysteem kan optimaal en jaarrond geprofiteerd worden van de volgende voordelen:

- Maximaal effect van het juiste lichtspectrum (geen negatieve effecten van lichtkleuren in daglicht)
- Optimale temperatuur, RV en lichtintensiteit
- Efficiënt CO<sub>2</sub> toedienen
- Efficiënte ruimtebenutting
- Energie-efficiënt in te richten (isolatie)

In dit project is een literatuurstudie gedaan naar de effecten van licht en lichtkleuren op de beworteling van planten. Daarbij moet onderscheid gemaakt worden tussen groeilicht (fotosynthese) en stuurlicht. In het geval van stuurlicht kunnen kleine hoeveelheden van een bepaalde lichtkleur al grote effecten geven. Rood licht lijkt een stimulerende werking te hebben op de beworteling. Vervolgens is er een oriënterende proef gedaan in een klimaatcel. De proef richtte zich op de 1<sup>e</sup> fase van wortelvorming met relatief lage lichtintensiteiten, omdat stuurlicht hierbij naar verwachting een grote rol heeft. Hierin is het effect beoordeeld van verschillende lichtintensiteiten en verschillende rood/blauw verhoudingen, al dan niet gecombineerd met aanvullend verrood licht. Deze behandelingen zijn vergeleken met een praktijkbehandeling.

Van de vijf geteste gewassen, ontstond er bij Lavendel en Juniperus te veel uitval door schimmelproblemen. Over deze gewassen konden dus geen conclusies getrokken worden.

Uit de resultaten valt af te leiden dat *Ceanothus* minimaal 25 micromol/m<sup>2</sup>/s nodig heeft tijdens de vorming van de wortels. Een verhoging van het aandeel rood licht leverde in deze proef bij *Ceanothus* geen duidelijk voordeel op. Opvallend was dat *Ceanothus* last had van toegevoegd verrood licht: er ontstond bladval en de beworteling verliep trager.

Bij *Buxus* werden deels dezelfde effecten waargenomen. Ook *Buxus* heeft een lichtintensiteit van minimaal 25 micromol/m<sup>2</sup>/s nodig voor een vlotte beworteling. Daarnaast verliep bij 75% rood en 25% blauw de beworteling sneller dan bij 65/35 rood/blauw. Toevoeging van verrood licht gaf een verbetering van de beworteling en in tegenstelling tot *Ceanothus* geen bladval. Na een periode van 9 weken werd bij *Ceanothus* en *Buxus* vooralsnog een vergelijkbaar resultaat behaald als in de praktijk. Het is echter de verwachting dat door verdere aanpassingen (bijv. eerder naar hogere lichtniveau's) de beworteling versneld kan worden. *Chamaecyparis* bleek weer anders te reageren dan de beide heesters, want de geteste lichtniveau's en rood/blauw-verhoudingen bleken geen merkbare invloed te hebben op de beworteling. Ook toevoeging van verrood had geen effect. Wel interessant was dat de stekken onder LED gemiddeld na ca. 5 weken al het bewortelingsstadium bereikten, wat in de praktijkbehandeling pas na 11 weken werd gerealiseerd. Hier lijkt dus een versnelling mogelijk te zijn. Uit de proef is verder gebleken dat bij relatief lage lichtniveaus onder LED een vergelijkbare beworteling werd gerealiseerd als in de controlebehandeling, ondanks in de praktijk veel meer licht aanwezig is.

Tenslotte is een economische verkenning gedaan van de kosten van het meerlaagssteksysteem. Daarbij is een vergelijking gemaakt tussen het gebruikelijke systeem in de kas (zonder bijbelichting), vermeerdering in de kas met LED-licht en het meerlaagssteksysteem met LED. Toepassing van LED kan financieel sneller uit in de kas dan in een meerlaagssysteem. De kosten van een meerlaagssysteem zijn duidelijk hoger, afhankelijk van de te kiezen uitvoering. Bij lagere lichtintensiteit (bijv. 25 µmol/m<sup>2</sup>/s) zijn er goede perspectieven voor het systeem, afhankelijk van de te behalen winst in slagingspercentage. Factoren als benodigde lichtintensiteit, energiegebruik en verhoging van het slagingspercentage blijken grote invloed te hebben op de financiële haalbaarheid van het meerlaagssteksysteem.



# Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	3
1 INLEIDING .....	7
2 LITERATUURSTUDIE .....	9
2.1 Achtergrondinformatie licht.....	9
2.1.1 Verschil stuurlicht en fotosyntheselicht .....	9
2.1.2 Algemene informatie LED-licht.....	10
2.1.3 Grootheid straling .....	10
2.1.4 LED-proeven in de glastuinbouw.....	11
2.2 Invloed lichtintensiteit op stekken .....	11
2.2.1 Effect lichtintensiteit.....	11
2.2.2 Invloed verschillende lichtkleuren op stekresultaten .....	12
2.2.3 Invloed lichtkleuren op stekresultaten zonder daglicht.....	12
2.3 Invloed lichtkleuren op resultaten in weefselkweek.....	13
2.4 Discussie en Conclusies literatuurstudie .....	13
3 PROEF IN KLIMAATCEL .....	15
3.1 Uitgangspunt.....	15
3.2 Materiaal en methode.....	15
3.2.1 Proefopzet .....	15
3.2.2 Beoordelingen .....	17
3.3 Resultaten.....	19
3.3.1 Buxus .....	19
3.3.2 Ceanothus.....	21
3.3.3 Chamaecyparis.....	24
3.3.4 Juniperus .....	25
3.3.5 Lavandula.....	26
3.4 Discussie en conclusie .....	26
4 ECONOMISCHE VERKENNING .....	29
4.1 Opzet .....	29
4.2 Discussie .....	30
4.3 Conclusie .....	32
5 EINDCONCLUSIE EN AANBEVELINGEN .....	35
6 LITERATUUR.....	37
BIJLAGE 1. FOTO'S WORTELINDEX.....	39
BIJLAGE 2. OPZET ECONOMISCHE VERKENNING .....	43



# 1 Inleiding

Het stekken van boomkwekerijgewassen gebeurt normaliter in kassen. Voor een goed stekresultaat is het microklimaat erg belangrijk, zoals RV, temperatuur, licht en CO<sub>2</sub>-gehalte. Hierbij wordt het daglicht als lichtbron gebruikt, de RV wordt verhoogd d.m.v. folietunnels of vernevelsystemen en de temperatuur wordt geregeld d.m.v. verwarming of het openen van de ramen. In de praktijk kunnen niet altijd alle factoren optimaal gemaakt worden. In de zomer kunnen de temperaturen bijvoorbeeld oplopen tot boven de 35°C. De factor licht kan aangevuld worden met bijbelichting. Dit heeft vooral bij het stekken in het najaar en winter een positief effect op het stekresultaat, maar tot nu toe is bijbelichting meestal niet rendabel.

Een relatief nieuwe manier van belichten is de toepassing van LED-licht, wat de laatste jaren volop in de belangstelling staat in de glastuinbouw. Deze manier van belichten kent namelijk enkele grote voordelen:

- a. beter op de gewenste plaats te krijgen, bijvoorbeeld tussen het gewas,
- b. optimale afstelling van het gewenste lichtspectrum, waardoor betere gewassturing mogelijk is
- c. weinig warmteontwikkeling, waardoor meerlagenteelt mogelijk is
- d. energiezuinig: nabije toekomst (< 5 jaar)

De eerste positieve ervaringen van bijbelichten met LED-licht in de boomkwekerij zijn al gerapporteerd (Engels, 2010). Naar verwachting kunnen stekresultaten verder verbeterd worden door het stekken in een geconditioneerde (klimaat)ruimte uit te voeren met LED-belichting. Het proces is dan beter te sturen omdat alle factoren (licht, temperatuur, vocht) naar behoefte geregeld kunnen worden. Ook kan efficiënt CO<sub>2</sub> worden toegediend. Daarnaast kunnen de vertakking en de beworteling verbeteren door een optimale inzet van de gewenste lichtkleuren (mogelijkheid om alleen de gewenste lichtkleuren te geven). Omdat LED-belichting relatief weinig warmte afgeeft, kan het goed in een meerlaags systeem toegepast worden. Dit kan een enorme ruimtebesparing opleveren (wellicht meer dan 80%). Dit is positief met het oog op de ruimteconcurrentie in Nederland. Door onafhankelijkheid van de weersomstandigheden, zal het klimaat beter gestuurd kunnen worden. Onderzoek zal moeten uitwijzen of een dergelijk systeem inderdaad haalbaar is.

Het doel van dit project is om de mogelijkheden te verkennen van het stekken van boomkwekerijgewassen in een geconditioneerde klimaatruimte met LED-belichting in een meerlagensysteem.

Als eerste is een literatuurstudie gedaan naar de invloed van lichtkleuren op het stekresultaat (hoofdstuk 2). Vervolgens is een oriënterende proef uitgevoerd (hoofdstuk 3), waarna een economische verkenning is gedaan (hoofdstuk 4). Tenslotte worden conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek (hoofdstuk 5).





## 2 Literatuurstudie

### 2.1 Achtergrondinformatie licht

#### 2.1.1 Verschil stuurlicht en fotosyntheselicht

Licht is een belangrijke factor voor planten. Niet alleen voor de groei (fotosynthese), maar ook voor het uiterlijk van de plant. Planten bevatten namelijk receptoren ('lichtsensoren') die gevoelig zijn voor bepaalde kleuren licht, hoofdzakelijk de kleuren blauw, rood en verrood. Cryptochroom is gevoelig voor blauw licht. Phytochroom reageert op de verhouding rood:verrood licht. Met deze receptoren worden veel processen in de plant gestuurd, bijv. strekking, bladdikte, verdamping, dag/nachtritme, bloei, maar ook beworteling en vertakking. Het effect van deze kleuren op de plant wordt stuurlicht genoemd. Kleine hoeveelheden van een bepaalde kleur licht kunnen al grote effecten veroorzaken. Voor groeilicht (fotosynthese) kan de plant ook andere kleuren gebruiken, zoals geel en groen. Bovendien is een minimum aan licht vereist, voordat een plant kan groeien. Dit is het zogenaamde lichtcompensatiepunt. Hieronder verbruikt de plant meer energie dan dat er via fotosynthese wordt aangemaakt (Derx, 2008).

##### 2.1.1.1 Invloed lichtkleur op plantopbouw (stuurlicht)

In het algemeen hebben lichtkleuren de volgende stuurlichteffecten op planten (Staalduinen, 2008). Deze effecten gelden vooral bij aanwezigheid van meer kleuren licht. Wanneer licht in één kleur aan de plant wordt aangeboden, bijv. 100% blauw, kunnen andere onverwachte effecten ontstaan (pers. comm. H. Gude).

##### *Verrood licht (700-800 nm)*

- stimuleert de gewasstrekking
- remt vertakking
- groter bladoppervlak, dunner blad
- bevordert de bloei van schaduwplanten (Saintpaulia)
- stimuleert de vruchtzetting (tomaat)

##### *Rood licht (600-700 nm)*

- stimuleert vertakking en compacte groei
- geeft een kleiner bladoppervlak en dikker blad

##### *Verhouding rood/verrood licht*

- bij een verhouding  $<1$  worden planten langer

##### *Blauw licht (400-500 nm)*

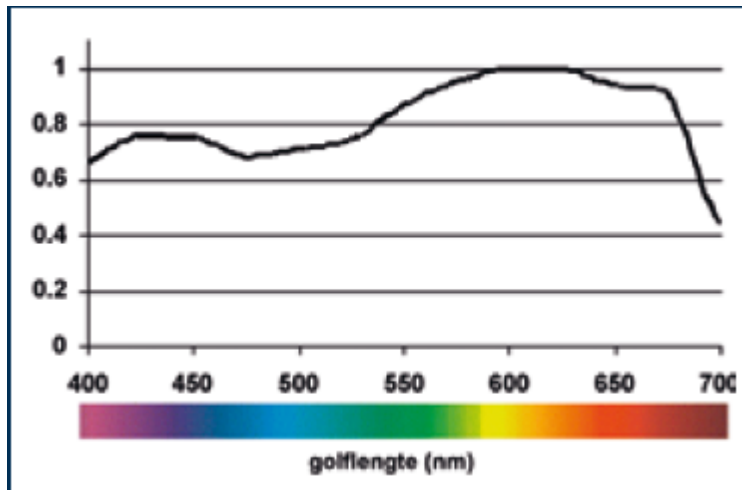
- bevordert de translocatie van assimilaten
- stimuleert de vorming van chloroplasten en chlorofyl
- opent de huidmondjes
- bevordert een compacte gewasopbouw
- kleiner bladoppervlak, dikker blad
- versterkt de effecten van (ver)rood licht

##### *Uv-licht (300-400 nm)*

- bevordert compacte groei en afharding
- versterkt de bloemkleur (meer sprekend)
- bladkleur: minder bladgroen door aanmaak beschermende pigmenten
- veroorzaakt schade en remt de groei.

### 2.1.1.2 Invloed lichtkleur op fotosynthese

Planten kunnen een breed spectrum van lichtkleuren gebruiken voor de fotosynthese (Figuur 1). Wel wordt blauw licht wat minder efficiënt gebruikt dan rood licht. Hoewel rood licht het efficiëntst is voor de fotosynthese, blijkt uit veel proeven dat de plant ook wat blauw licht nodig heeft om goed te functioneren (Hogewoning, e.a., 2008). Bij fotosynthese gaat het voornamelijk om het aantal lichtdeeltjes (foton). Rood licht heeft per lichtdeeltje minder energie-inhoud dan blauw licht, waardoor per Watt energie-input meer fotonen van rood licht dan van blauw licht uitgezonden kunnen worden. Daarom wordt in LED-proeven vaak rood licht gebruikt (Staalduinen, 2008).



Figuur 1. De relatieve efficiëntie waarmee een blad een geabsorbeerd lichtdeeltje gebruikt voor fotosynthese, per lichtkleur. De curve kan per gewas wat verschillen. Vooral houtige gewassen gaan vaak wat minder efficiënt om met blauw licht. (Bron: Hogewoning, e.a., 2008)

Recent is gebleken dat rode bladeren minder efficiënt omgaan met groen en blauw licht. Rode rozenbladeren benutten vooral het gebied tussen 500 en 570 nm licht (blauwgroen tot geel) 25-30% minder efficiënt dan groene bladeren. In het rode gebied is de efficiëntie juist wat hoger (Kierkels, 2010).

### 2.1.2 Algemene informatie LED-licht

LED staat voor Light Emitting Diode. Door een metalen lichaam wordt gelijkstroom gevoerd, waarbij licht uitgezonden wordt als elektronen naar een lager energieniveau terugvallen. Afhankelijk van het metaal is dit een specifiek spectrum, wat veel smaller is dan dat van andere lichtbronnen. Dit wordt wel weergegeven als monochromatisch licht. LED's zijn in er 6 basiskleuren, nl. royal blue, blauw, cyaan, groen, amber en rood. Momenteel verbruikt LED-belichting meer energie dan hogedruk-natriumlampen, maar dit verschil wordt snel kleiner (Staalduinen, 2008).

### 2.1.3 Grootheid straling

Zonnestraling kan in verschillende grootheden worden uitgedrukt. Een bekende grootte is lux: de eenheid van het licht dat het menselijk oog kan waarnemen. Omdat een plant licht anders waarneemt dan een mens, is de eenheid lux voor een plant niet relevant. Meteorologen gebruiken vaak de energie-inhoud van straling in W per m<sup>2</sup>. Fotosynthese is echter niet gerelateerd aan de totale energie-inhoud van de straling, maar aan het aantal lichtdeeltjes (fotonen). De energie-inhoud van een 400 nm blauw foton is bijvoorbeeld 1,75 maal hoger dan die van een 700 nm rood foton. Voor de fotosynthese zijn een blauw en een rood foton echter gelijkwaardig. Als straling in W per m<sup>2</sup> zou worden uitgedrukt, wordt voor het effect op de fotosynthese blauwe straling overgewaardeerd en rode straling ondergewaardeerd. Daarom is voor de teelt het aantal fotonen van de straling van belang. Dit wordt uitgedrukt in micromol per m<sup>2</sup> per seconde. De grootheden kunnen in elkaar worden omgerekend. De omrekeningsfactor hangt af van het stralingsspectrum van de

lichtbron. Wanneer in een kas sprake is van zonlicht en lamplicht kan daarom niet met één omrekeningsfactor gewerkt worden (Derkx 2008). Blauw licht geeft ongeveer 3,5  $\mu\text{mol}$  per W, terwijl rood licht bijna 6  $\mu\text{mol}$  per W geeft (Dueck, 2008).

#### 2.1.4 LED-proeven in de glastuinbouw

In de glastuinbouw zijn afgelopen jaren vele proeven gedaan met LED-belichting. Hierbij wordt LED-belichting meestal vergeleken met SON-t belichting en is er meestal sprake van aanvullende belichting op het daglicht. Een belangrijk effect is dat de warmtebalans onder SON-t anders is dan onder LED-belichting. Omdat SON-t lampen ook warmtestraling in de vorm van nabij-infraroodstraling afgeven, warmt de plant op. Onder LED belichting krijgt men een koeler en vochtiger klimaat. Hierdoor ontstonden in bijv. chrysant onder SON-t lampen langere planten. Een ander verschijnsel in chrysant was het ontstaan van bolle bladeren onder LED-licht (Bezemer, 2010).

## 2.2 Invloed lichtintensiteit op stekken

### 2.2.1 Effect lichtintensiteit

*Forsythia* en *Weigela* bewortelden in gecontroleerde omstandigheden onder TL-licht het beste bij een lichtintensiteit van 20 tot 40  $\text{W}/\text{m}^2$  PAR. Bij hogere intensiteit (60 of 80  $\text{W}/\text{m}^2$ ) nam de beworteling af (Loach en Gay, 1979).

Joustra en Ruesink (1989a) vonden in een oriënterende proef bij in september gestekte heesters positieve resultaten met bijbelichting. *Acer palmatum* had een betere beworteling met dagverlenging tot 18 uur met een lichtintensiteit van 1,2 tot 4  $\text{W}/\text{m}^2$  (1,2 of 2,5  $\text{W}/\text{m}^2$  gloeilamp of 4  $\text{W}/\text{m}^2$  SON-T). Bij Clematis en Lonicera gaf dagverlenging met een gloeilamp bij een lage lichtintensiteit (vanaf 0,3  $\text{W}/\text{m}^2$ ) al een hoger slagingspercentage en een zwaardere beworteling. In een vervolgprouf bleek dat diverse in augustus gestekte heesters (*Corylopsis*, *Lonicera* en *Clematis*) geen betrouwbaar voordeel hadden wat betreft het percentage beworteling en de zwaarte van de beworteling bij dagverlenging in diverse lichtintensiteiten met SON-T of gloeilampen. Bij de hoogste lichtintensiteit (24  $\text{W}/\text{m}^2$ ) werd soms schade gezien (Joustra en Ruesink, 1988). Ook belichting na beworteling van zomerstek kan een positief effect hebben op de overleving van de winter, maar de resultaten zijn per gewas verschillend. Positieve voorbeelden hiervan zijn *Acer palmatum* en *Clematis*. Bij *Weigela* was het effect juist negatief (Joustra en Ruesink, 1989b).

Ruesink vond bij *Pieris* nauwelijks verschillen in beworteling bij lichtintensiteiten tussen 20 en 70  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . Bij lagere lichtintensiteit bewortelden de stekken minder. Deze proeven zijn uitgevoerd in klimaatcellen met TL-licht en een LD van 16 uur. *Pieris* bleek nauwelijks bloemknoppen te vormen tijdens de stekfase onder deze omstandigheden. Onder korte dag (8 uur), al dan niet aangevuld met 8 uur dagverlenging met gloeilampen, werden veel bloemknoppen gevormd (Ruesink, 1994a, 1994b, 1996a en 1996b).

Bijbelichting in coniferen had ook een positief effect. In een proef zijn in totaal 12 verschillende sierconiferen (cv's uit *Chamaecyparis*, *Cupressocyparis*, *Juniperus*, *Picea* en *Thuja*) gestekt op tijdstippen in september en december. In september gestekte soorten profiteerden van hoge lichtintensiteiten d.m.v. SON-T (12,5 of 6,5  $\text{W}/\text{m}^2$ , 18 uur), maar ook wel van lagere intensiteiten gloeilamplicht (0,8 tot 2,5  $\text{W}/\text{m}^2$ ). Bij decemberstek was er vooral een effect te zien van hoge intensiteit SON-T en minder van bijbelichten met gloeilampen. De resultaten wisselden echter wel per soort (Joustra en Ruesink, 1989c). Uit de vervolgprouf bleek dat bijbelichten vooral effect had in perioden dat de hoeveelheid natuurlijk licht beperkt was. Vooral de hogere SON-T-intensiteiten hadden dan effect, wat wijst op een assimilatie-effect. Een enkele keer was het positieve effect te wijten aan de langere dag. Alleen bij zeer moeilijk bewortelende gewassen was er een blijvend positief effect op de beworteling. Meestal gaf het aanvullende licht wel een versnelling, maar uiteindelijk geen verbetering van de beworteling. Bovendien was het positieve effect van de belichting na één jaar doorteelt verdwenen. Alleen bij *Thuja occidentalis* 'Sunkist' en *Juniperus horizontalis* 'Andorra Compact' gaf het bijbelichten uiteindelijk ook een meeropbrengst (Joustra en Ruesink, 1989d).

### 2.2.2 Invloed verschillende lichtkleuren op stekresultaten

Bielenin (2000) heeft onderzoek gedaan naar het effect van bijbelichten met verschillende lichtkleuren op de beworteling van coniferen (*Juniperus scopulorum* 'Skyrocket' en *Thuja occidentalis* 'Smaragd'). Het stek werd half februari gemaakt en in de kas gezet met een bijbelichting van 20  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . Er was dus ook daglicht. Er werden drie lichtkleuren getest, nl rood, blauw en wit via TL buizen. Na 10 weken werden er geen verschillen gevonden in bewortelingspercentage en de bewortelingskwaliteit. Een mogelijke reden dat er geen verschillen gevonden zijn, is dat de natuurlijke lichtintensiteit in de stekperiode al zo hoog was, dat het toevoegen van bepaalde lichtkleuren geen effect meer had.

Lukaszewska et al (2001) vond bij *Ficus benjamina* wel effecten van de lichtkleur op de beworteling van stekken. Er werd bijbelicht tussen 16.00 uur en 6.00 uur, dus 14 uur per dag; de stekken kregen ook daglicht. In een eerste experiment bleek dat belichten met rood licht uit diodes (660 nm, intensiteit onbekend) de bewortelingstijd met 10 tot 15% kon verkorten, afhankelijk van de cultivar. In een tweede experiment zijn twee lichtkleuren vergeleken, namelijk rood (660 nm) en verrood (730 nm) in een periode waarin de beworteling het langst duurde (december). Belichten met rood licht kon de bewortelingsperiode terugbrengen met 21% (van 42 dagen naar 33 dagen) in vergelijking met zonder belichting. Aanvullend belichten met verrood licht vertraagde juist de beworteling met 17% (van 42 dagen naar 49 dagen). In de zomer bleek aanvullende belichting met rood licht nauwelijks effect te hebben. Rood licht blijkt een invloed te hebben op de inductie van de wortelgroei. Vergelijkbare resultaten zijn gevonden in andere onderzoeken bij het stekken van *Begonia*, *Schleffera*, *Pisonia*, *Pyrus*, berk en peer.

### 2.2.3 Invloed lichtkleuren op stekresultaten zonder daglicht

In Italië zijn proeven gedaan met het stekken van olijf in klimaatkamers met verschillende lichtkleuren. De volgende kleuren licht werden getest met een intensiteit van 40  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ : wit, rood, geel, groen en blauw. Hierbij werd gebruik gemaakt van TI-buizen. Geel licht had op de meeste parameters de beste invloed, zoals de beste beworteling, wortellengte, aantal scheuten en het aantal bladeren per stek (Tabel 1). Vooral het aantal scheuten per stek was fors hoger (0,8 i.p.v. 0,4). Ook groen licht vertoonde vrij goede resultaten. Rood licht resulteerde in de meeste wortels per stek in vergelijking met de andere lichtkleuren. Blauw licht had de minst positieve resultaten (Morini, e.a., 1990).

Tabel 1. Effecten van lichtkleur op stekresultaten van olijf t.o.v. wit licht (naar Morini, e.a., 1990).

	rood	geel	groen	blauw
beworteling	+	++	+	+
wortellengte	-	+	+	0/-
Aantal wortels per stek	0/+	0	0/+	0/+
Aantal scheuten per stek	0	++	0	-
Aantal bladeren per stek	+	++	++	0

-: verslechtering

0/-: geen effect tot lichte verslechtering

0/+: geen effect tot lichte verbetering

+: verbetering

++: sterke verbetering

Ruesink (1991) heeft stekproeven uitgevoerd met *Betula* en *Viburnum* onder verschillende lichtkleuren in klimaatcellen, nl. rood, blauw en wit. Hiervoor werden TI-buizen gebruikt en een lichtintensiteit van 20  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . Bij *Betula* ontstond veel schimmelvorming, waardoor de proef werd afgebroken. *Viburnum* bewortelde in de eerste proef iets beter onder rood licht, maar in de tweede proef het beste onder wit licht. Rood en blauw licht leverden in de tweede proef statistisch gezien vergelijkbare resultaten.

## 2.3 Invloed lichtkleuren op resultaten in weefselweek

Nhut (2002) heeft proeven gedaan met LED op de groei van bananenplantjes in vitro. Hierbij werden verschillende rood en blauwlicht verhoudingen vergeleken, namelijk 100% rood, 90/10, 80/20 en 70/30 rood/blauw en 100% blauw. De controle was TI-verlichting voor in vitro vermeerdering. De gebruikte lichtintensiteit was steeds  $45 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . Rood licht stimuleerde de strekking van de scheutjes. Bij 100% blauw werd de groei volledig geremd. Bij de verhouding 80% rood en 20% blauw werden van de verschillende LED-behandelingen de beste resultaten geboekt, maar vergelijkbaar met TI-verlichting. Wel hadden de plantjes bij deze rood/blauw-verhouding het meeste vers wortelgewicht van alle behandelingen. In aardbei werden vergelijkbare resultaten gevonden, maar bleek de verhouding 70% rood en 30% blauw het beste resultaat te geven op de meeste parameters (aantal bladeren, wortels, droge stof); het resultaat was zelfs beter dan onder TI-verlichting (Nhut, e.a., 2003).

Miler en Zalewska (2006) hebben chrysanthe in vitro vermeerderd onder diverse lichtkleuren, nl. rood, geel, groen, blauw en wit. De lichtbron was hierbij TI-verlichting. De beste resultaten werden verkregen onder groen licht, met name door een hoger bovengronds gewicht. Blauw licht gaf gedrongen planten, waarvan het bovengronds gewicht wel vergelijkbaar was met wit licht, maar de hoeveelheid wortels veel minder. Onder rood en geel licht werden vrij slechte resultaten geboekt; met name de beworteling en het versgewicht was erg laag. De vergelijking tussen lichtkleuren lijkt echter niet eerlijk, omdat de gebruikte lichtintensiteit van rood en geel duidelijk lager was dan bij de andere kleuren, nl. 14 resp.  $54 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  in plaats van  $85 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ .

Fuernkranz e.a. (1990) heeft de beworteling van *Prunus serotina* scheuten onder diverse lichtkleuren in vitro onderzocht. TI-verlichting werd gefilterd met behulp van cellulose-acetaat kleuren filters. Daarbij werden de kleuren rood, geel en blauw en wit onderzocht bij de lichtintensiteiten van  $4-5 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  en  $36-54 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  (1 resp.  $10 \text{ W}/\text{m}^2$ ). Zowel onder het lage als onder het gematigde lichtniveau werd de beste beworteling (% beworteling en aantal wortels) onder geel licht behaald. Bij gematigde lichtintensiteit verslechterde de beworteling onder rood licht en werd de beworteling volledig geremd onder blauw licht in vergelijking met wit licht. Bij lage lichtintensiteit werd de beworteling juist gestimuleerd onder rood licht en gaf blauw licht dezelfde beworteling als onder wit licht.

## 2.4 Discussie en Conclusies literatuurstudie

Voor het effect van licht op de plant moet onderscheid gemaakt worden tussen stuurlicht en groeilicht. Door de verhouding tussen de hoeveelheden van de kleuren blauw, rood en verrood worden veel processen in de plant gestuurd, maar de effecten kunnen per gewas verschillen. Het effect van groeilicht (fotosynthese) is veel minder afhankelijk van lichtkleuren, maar vooral van intensiteit. Wel is het daarbij relevant dat uit 1 W meer rode lichtdeeltjes gehaald kunnen worden dan blauwe lichtdeeltjes. Een relatief hoog aandeel rood licht is dus energetisch interessant.

In het lichtonderzoek bij het stekken in het verleden was er met name aandacht voor het effect van bijbelichten. In diverse gewassen zijn positieve resultaten gevonden. De gevonden effecten waren erg wisselend per gewas en ook per stekperiode. Voor het bewortelingsproces mag het lichtniveau niet te hoog zijn. In proeven met bijbelichting werd schade gezien bij niveaus van  $24 \text{ W}/\text{m}^2$ , wat neerkomt op 100 tot  $150 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$  aanvullend licht. In een proef met TI-verlichting zonder daglicht is een optimum gevonden voor Forsythia en Weigela bij een PAR-lichtintensiteit rond 100 tot  $200 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ . Bij *Pieris* werd geen verschil gevonden tussen 20 en  $70 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ , daaronder nam de beworteling af. Blijkbaar is het optimale lichtniveau afhankelijk van het gewas.

Wat betreft lichtkleuren is in het verleden het meeste onderzoek uitgevoerd met verschillende kleuren TL-belichting. Hoewel bij olijf positieve effecten gemeld werden van geel, groen en rood licht, zijn deze resultaten lastig te vertalen naar de situatie met LED-lampen, omdat TL-lampen (ook de gekleurde) een breder lichtspectrum afgeven (pers. comm. H. Gude). Bovendien zijn de soms positieve resultaten met groen en geel TL-licht niet goed te duiden, omdat de plantreceptoren voor zover bekend alleen reageren op blauw, rood en verrood licht. Blauw TL-licht gaf meestal een slechter resultaat.

Er zijn in recenter onderzoek ook proeven gedaan met LED, zowel met stekken als met weefselweek. In het algemeen gaf een mengsel van blauw en rood licht de beste resultaten. Veel blauw licht gaf vaak een

remming op de beworteling. Een test in het gebied 70% rood/30% blauw tot 80% rood/20% blauw lijkt dan ook de meeste kans te bieden.

## 3 Proef in klimaatcel

### 3.1 Uitgangspunt

In overleg met de begeleidingscommissie van dit project (bestaande uit 6 stekbedrijven en W. van Ieperen, Wageningen University) is verondersteld dat het bewortelingsproces in twee stappen is op te delen, overeenkomstig de resultaten van Loach en Gay (1979):

1. Initiatiefase: aanleg van wortelpunten; lichtintensiteit is waarschijnlijk minder belangrijk, maar wel de lichtkleurverhouding.
2. Doorgroeifase: doorgroei van wortels, groei van bovengronds gewas, waardoor ondergrondse groei weer gestimuleerd wordt. Lichtintensiteit in deze fase is wel belangrijk voor voldoende fotosynthese.

Er is gekozen om de proeven op de initiatiefase te richten. Een stimulatie in dit proces kan een versnelling en een verbetering van de beworteling betekenen.

### 3.2 Materiaal en methode

#### 3.2.1 Proefopzet

In januari 2011 is de opstelling gemaakt op VBA-karren met elk twee teeltlagen (1,2 x 1,0 meter), zie Figuur 2. De boven- en onderlaag hadden dezelfde lichtopbouw. De karren werden gescheiden door zwart folie. Op de teeltlaag werd plastic folie gelegd en daarop een bevoeiingsmat. Hierop werden 5 stektrays geplaatst, 1 tray per gewas. Over het stek werd stekfolie gelegd. De LED-modules waren van het type GreenPower LED HF (Philips). De afstand tussen de LED-armaturen en de vloer was 80 cm (ca. 70 cm tot bovenzijde van het gewas). De ingestelde daglengte was 16 uur (7.30 tot 23.30 uur). De temperatuur in de klimaatruimte stond ingesteld op 16°C.



*Figuur 2. De proefopstelling op een VBA-kar met twee teeltlagen.*

### 3.2.1.1 Lichtbehandelingen

Aanvankelijk was het de bedoeling om 5 behandelingen uit te voeren, namelijk 3 rood/blauw-verhoudingen (50/50, 70/30 en 85/15), en daarnaast twee behandelingen met aanvullend verrood licht (bij 70/30 en 85/15). Dit alles bij een lichtintensiteit van 20  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ . De drie gebruikte kleuren konden m.b.v. een dimmer op het gewenste lichtniveau ingesteld worden. Enkele dagen voor de start van de proef is de opstelling ingeregeld m.b.v. een lichtintensiteitsmeter. Echter enkele dagen na de start hadden diverse teeltlagen storing in het aanschakelen van de lampen. Door de dimmer iets te verzetten, schakelde de betreffende lampen alsnog aan. Na anderhalve week waren deze problemen opgelost. De dimmers zijn daarna niet meer veranderd. Dit bleek achteraf gevolgen gehad te hebben voor de gegeven lichtintensiteiten en rood/blauw-verhoudingen. Op 25 mei (aan het eind van de proef) zijn namelijk de som van rood en blauw en afzonderlijk blauw intensiteiten gemeten met een PAR-sensor. Per laag is op 9 posities het lichtniveau bepaald. Hiervan zijn gemiddelden per laag berekend (Tabel 2).

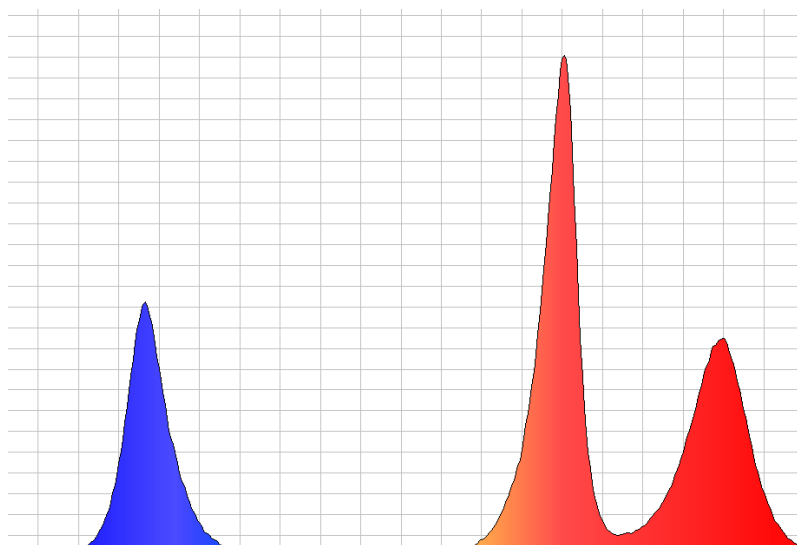
Op 1 juli zijn de lichtintensiteiten van blauw, rood en verrood afzonderlijk nog een keer gemeten m.b.v. een fotospectrometer, omdat op 25 mei het deel verrood niet gemeten kon worden (verrood valt buiten PAR). In Figuur 3 is te zien dat LED licht geeft van een specifieke golflengte. De gemiddelde intensiteiten verrood per laag zijn toegevoegd aan Tabel 2. De metingen van rood en blauw op 25 mei en 1 juli bleken goed met elkaar overeen te komen. Gemiddeld over alle teeltlagen werd met de fotospectrometer 1  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$  meer rood + blauw gemeten.

Door de gewijzigde proefopzet zijn alle behandelingen als enkelvoud geanalyseerd op de invloed van de lichtintensiteit en de verhouding rood/blauw licht.

Tabel 2. Gemiddeld gemeten lichtintensiteiten rood + blauw en verrood ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) en percentages rood en blauw per teeltlaag gedurende de proef.

Oorspronkelijke behandeling	positie	kar	Intensiteit rood + blauw	% rood	% blauw	Intensiteit verrood
1) 85/15 rood/blauw	boven	Kar 3	27	76%	24%	0
1) 85/15 rood/blauw	onder	Kar 3	25	72%	28%	0
2) 70/30 rood/blauw	boven	Kar 5	13	77%	23%	0
2) 70/30 rood/blauw	onder	Kar 5	19	69%	31%	0
3) 50/50 rood/blauw	boven	Kar 6	12	72%	28%	0
3) 50/50 rood/blauw	onder	Kar 6	10	65%	35%	0
4) 85/15 rood/blauw + verrood	boven	Kar 4	36	72%	28%	16
4) 85/15 rood/blauw + verrood	onder	Kar 4	31	69%	31%	16
5) 70/30 rood/blauw + verrood	boven	Kar 2	23	75%	25%	15
5) 70/30 rood/blauw + verrood	onder	Kar 2	22	68%	32%	15
6) donker	boven	kar 1	0	0%	0%	0





Figuur 3. Verdeling van het lightspectrum onder bovenlaag op kar 2 (17  $\mu\text{mol}$  rood + 6  $\mu\text{mol}$  blauw + 15  $\mu\text{mol}$  verrood).

### 3.2.1.2 Gewassen

In de proef zijn vijf gewassen opgenomen (Tabel 3). De keuze hiervan is gebaseerd op enerzijds een afspiegeling van de sector en anderzijds de geschiktheid om deze vanaf maart te kunnen stekken. Om de vergelijking met de praktijk zo goed mogelijk te maken, is gekozen om elk gewas te behandelen volgens de praktijk van IBN-kwekerijen (Schaijk). Dit gold voor stektray, stekgrond en wel of niet behandelen met bewortelingshormonen. De stekken zijn door IBN-kwekerijen geknipt en klaargemaakt. Als controle behandeling zijn van elk gewas twee trays in de kas bij IBN Kwekerijen beworteld.

Tabel 3. De 5 proefgewassen met een specificatie per gewas van het aantal stekken per tray, de gebruikte stekgrond, wel of niet verwonden. Daarnaast het haalbare slagingspercentage.

gewas	# stek per tray	stekgrond	verwonden ja/nee	Rhizopon ja/nee	haalbaar slagings-%
<i>Buxus sempervirens</i>	144	standaard	nee	nee	98%
<i>Ceanothus thyr. var. repens</i>	150	standaard	nee	nee	95%
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> 'Ivonne'	144	coniferen	nee	nee	90%
<i>Juniperus procumbens</i> 'Nana'	144	coniferen	ja	ja	60%
<i>Lavandula angustifolia</i> 'Dwarf Blue'	104	standaard	nee	nee	95%

### 3.2.1.3 Gewasverzorging

De stekken zijn wekelijks gelucht en per tray naar behoefte watergegeven. In sommige gewassen ontstond al na twee weken schimmelgroei (m.n. Lavendel en Juniperus). Deze soorten zijn meerdere keren met een interval van 1 week behandeld met Rovral. Sterk schimmelende stekken werden verwijderd.

## 3.2.2 Beoordelingen

### 3.2.2.1 Beoordeling beworteling

Omdat elk gewas zijn eigen bewortelingsnelheid heeft, is per gewas een waarnemingsschema gemaakt. Deze staat weergegeven in Tabel 4. De eindbeoordeling in de klimaatcel gedaan na 9 weken na inzetten; in de praktijk na 11 weken. De overige beoordelingen zijn als tussenbeoordeling uitgevoerd.

Tabel 4. Beoordelingsmomenten (weken na inzetten) per gewas in klimaatcel of praktijk op basis van de inschatting van de benodigde tijd voor het vormen van de eerste wortelpunten.

Gewas	wk tot 1e punt	Beoordelingsmomenten						
		Proef in klimaatcel				praktijk		
Buxus	10	5	7			9	8	11
Juniperis	18	5	7					
Ceanothus	6	3	4	5	6	9	8	11
Lavendel	4	3	4	5	6			
Chamaecyparis	12	3	5			9	8	11

De beworteling van de stekken is beoordeeld aan de hand van de volgende index (foto's zie Bijlage 1):

- 0: geen
- 1: lichte callusvorming
- 2: callusvorming (goed)
- 3: waarneembare wortelprimordia
- 4: 1<sup>e</sup> uitgroei wortelpuntjes
- 5: doorgroei wortelpunten (tot 1 cm)
- 6: ontwikkelde wortels (cm's)
- 7: wortels tot bodem cup
- 8: volledig beworteld

Daarbij richtte de proef zich op de ontwikkeling van index 0 tot index 4 (wortelinitiatie). Bij de tussenbeoordeling werden steeds 10 stekken beoordeeld. Per beoordeling is een volgende rij van 10 stekken. Bij de eindbeoordeling zijn 50 stekken beoordeeld, uit het midden van de tray. Een stek is dus maximaal twee keer uit de cup gehaald voor een beoordeling.

Omdat de proef zich richtte op de wortelinitiatie en niet tot een volledige beworteling gevolgd is, is op basis van de wortelindex een fictief slagingspercentage berekend. Stekken met een index van 3 of hoger zijn daarbij gerekend als geslaagd.

### 3.2.2.2 Klimaatgegevens

Gedurende de proef is op 8 verschillende locaties in de cel een temperatuursensor (FD-sensor) in het gewas Buxus geplaatst. Elke 20 minuten werd een automatische meting gedaan. De gemiddelden, minimale en maximale temperatuur staan vermeld in Tabel 5. Op kar 2 in de bovenste etage, onder het stek werd de grootste afwijking gemeten. De armaturen van de laag eronder bleken warmte naar boven af te geven.

Tabel 5. Temperatuur gegevens van de klimaatcel gedurende de proef

Kar 2:	gemiddeld	min	max	st.dev
Onderste etage, onder stek (bodtemperatuur)	16.7	14.9	19.1	0.6
Onderste etage, boven stek + folie	16.2	13.7	19.6	0.7
Bovenste etage, onder stek	19.1	14.4	23.3	1.9
Kar 3:				
Onderste etage, onder stek	15.8	14.5	17.9	0.3
Onderste etage, boven stek + folie	15.5	12.8	18.9	0.7
Bovenste etage, onder stek	17.0	14.4	20.4	0.9
Bovenste etage, boven stek + folie	15.8	13.5	20.3	0.8
Kar 6:				
Bovenste etage, boven stek + folie	16.0	13.3	20.5	0.9

Bij de controlebehandeling in de praktijk zijn ook klimaatgegevens verzameld, zoals stralingssom, temperatuur in de kas en in de tunnel en de dampdrukdeficiet. In Tabel 6 staan de gemiddelde waarden per week. De gemeten stralingssom is de globale straling. De maanden maart en april waren volgens KNMI zeer zonnig en de maand mei werd als zonnig getypeerd, waardoor de stralingssom relatief hoog was <sup>1</sup>. Bij de temperatuur in de tunnel valt op dat deze tot week 15 vergelijkbaar is geweest met de klimaatcel. Daarna ligt de gemiddelde temperatuur 4 tot 5 graden hoger.

Tabel 6. Gemiddelde klimaatgegevens per week van de controlebehandeling in de kas in de praktijk.

Week	Stralingssom per dag* (J/cm <sup>2</sup> )	Temperatuur kas (°C)	Temperatuur tunnel (°C)	Dampdrukdeficiet tunnel (kPa)
9	1050	5	15	0.4
10	1026	8.3	15.7	0.4
11	1027	8.5	15.9	0.5
12	1584	8.8	16.7	0.5
13	1163	11.9	16.3	0.6
14	1583	12.2	16.5	0.6
15	1748	11	16	0.6
16	2311	17.2	21	0.8
17	2141	15.3	19.3	0.8
18	2486	15.4	19.6	0.8
19	1983	15.8	19.5	0.8
20	1633	16.1	20	0.8

\*: Globale straling, op het kasdek gemeten. Vanaf week 14 is er geschermd in de kas.

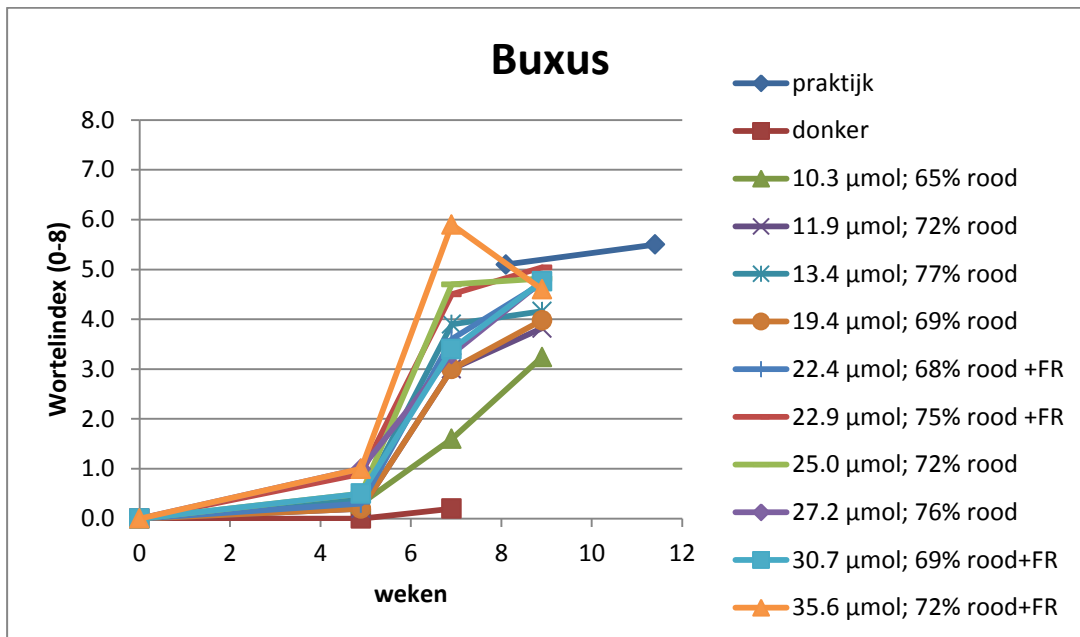
## 3.3 Resultaten

De behaalde resultaten worden per gewas besproken.

### 3.3.1 Buxus

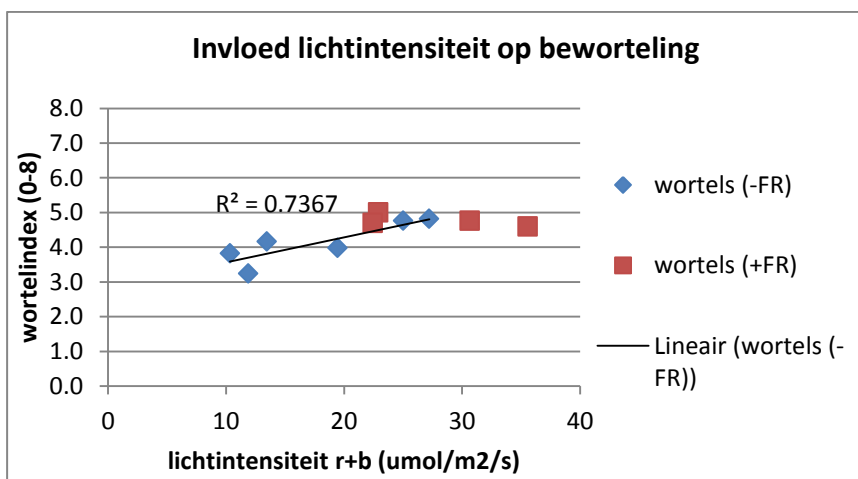
Het verloop van de beworteling van Buxus in de tijd is te zien in Figuur 4. De meeste behandelingen liggen qua snelheid vrij dicht bij elkaar. In deze figuur vallen een aantal lijnen op. De 'donker'-behandeling blijft duidelijk achter. Voor een goede wortelinitiatie heeft Buxus dus licht nodig. In de behandeling '10,3 µmol; 65% rood' is de wortelontwikkeling ook vertraagd. De behandeling '35,6 µmol; 72% rood' lijkt aanvankelijk het snelst te gaan. Bij de eindbeoordeling blijkt deze behandeling tussen de andere LED-behandelingen uit te komen. De meeste LED-behandelingen evenaren de praktijkbehandeling. Tussen 7 en 9 weken lijkt de wortelvorming in veel LED-behandelingen te vertragen. Bovengronds waren er geen verschillen zichtbaar.

<sup>1</sup> [http://www.knmi.nl/kd/maand\\_en\\_seizoenoverzichten/index.html](http://www.knmi.nl/kd/maand_en_seizoenoverzichten/index.html)

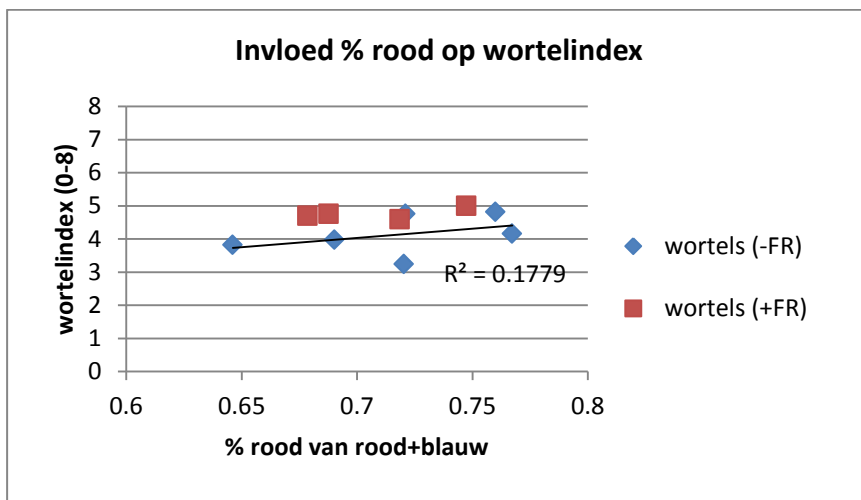


Figuur 4. Verloop van het bewortelingsproces van *Buxus sempervirens* in de praktijk, in donker en onder diverse LED-behandelingen. Per behandeling is de lichtintensiteit van rood+blauw weergegeven met daarbij het aandeel rood.

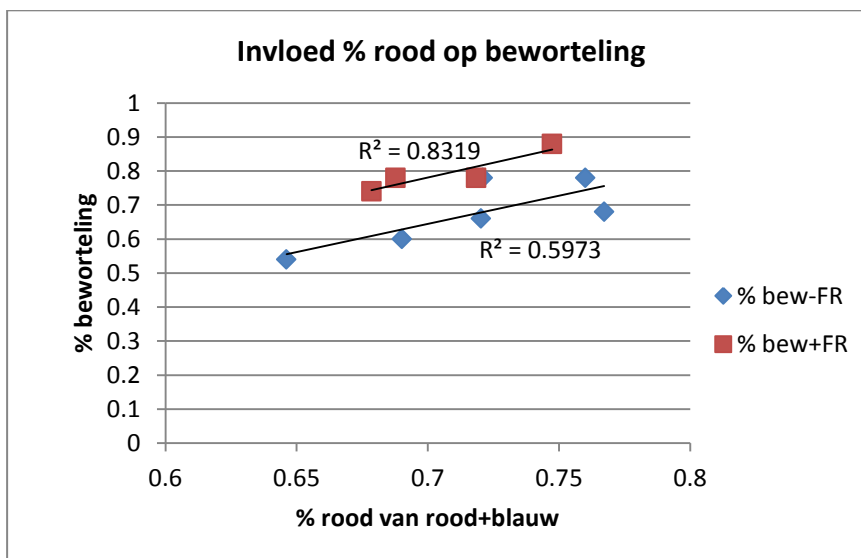
De invloed van de lichtintensiteit en de rood/blauw- verhouding is in een aantal grafieken weergegeven, gebaseerd op de resultaten na 9 weken. In Figuur 5 is te zien dat de lichtintensiteit een positieve invloed lijkt te hebben op de gemiddelde wortelindex. In de grafiek is geen toegevoegd effect van verrood licht waar te nemen. In Figuur 6 komt er wel een klein toegevoegd effect van verrood licht naar voren op de gemiddelde wortelindex. De invloed van de rood/blauw-verhouding lijkt beperkt. Als de rood/blauw-verhouding echter uitgezet wordt tegen het percentage beworteling is er wel een tendens aanwezig dat meer rood licht de beworteling stimuleert. Ook komt het positieve effect van verrood licht sterker naar voren (Figuur 7). Bij de beoordeling na 7 weken bleken dezelfde tendensen zichtbaar (grafieken niet getoond).



Figuur 5. Invloed van lichtintensiteit (rood+blauw) op de gemiddelde wortelindex van *Buxus sempervirens* na 9 weken. Behandelingen zonder en met verrood (FR) zijn afzonderlijk weergegeven.



Figuur 6. Invloed van verhouding rood/blauw licht op de gemiddelde wortelindex van *Buxus sempervirens* na 9 weken. Behandelingen zonder en met verrood (FR) zijn afzonderlijk weergegeven.



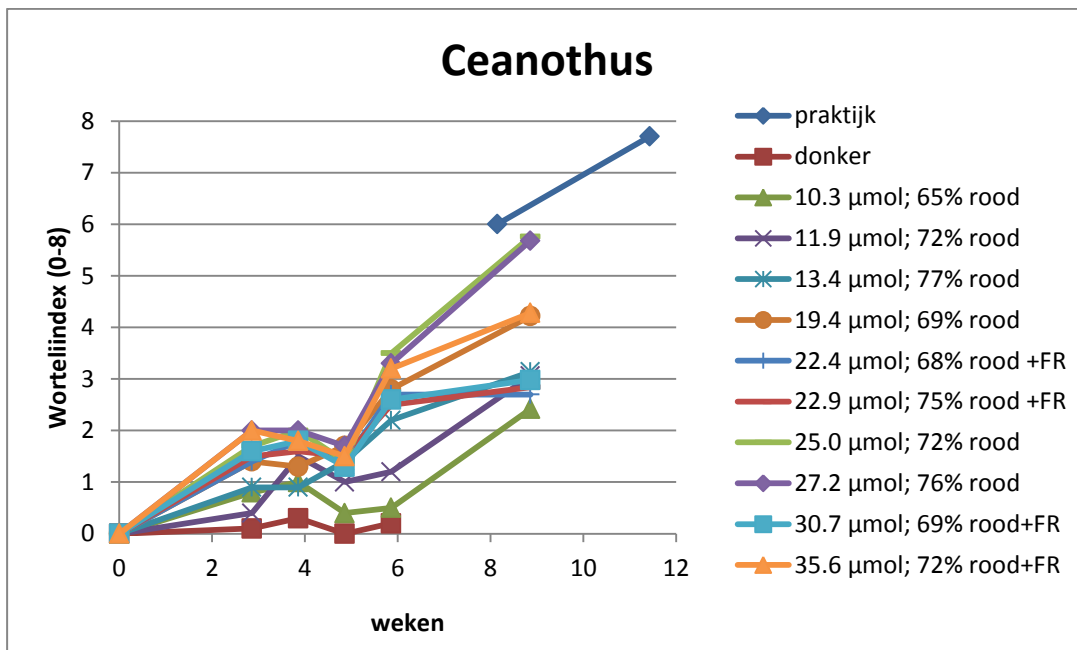
Figuur 7. Invloed van verhouding rood/blauw licht op het percentage beworteling van *Buxus sempervirens* na 9 weken. Behandelingen zonder en met verrood (FR) zijn afzonderlijk weergegeven.

### 3.3.2 Ceanothus

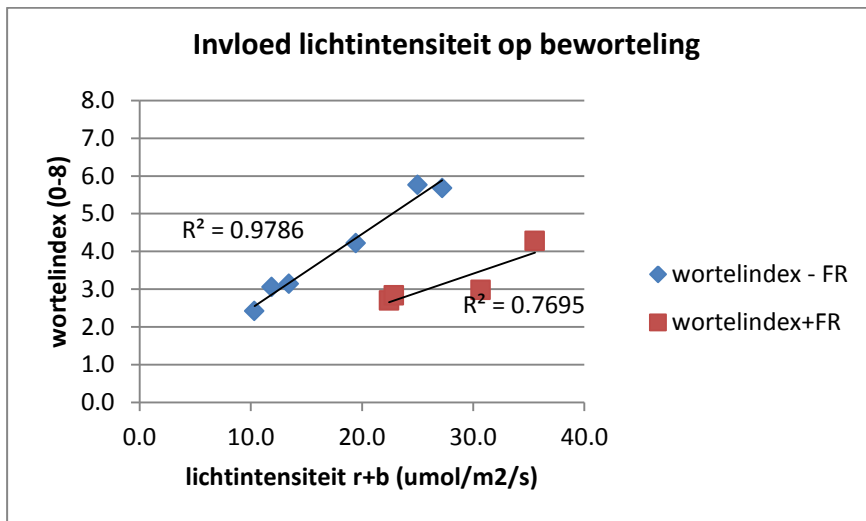
Figuur 9 toont het verloop van de beworteling van *Ceanothus*. De stekken in de 'donker'-behandeling vertoonden nauwelijks activiteit. Na 6 weken waren deze grotendeels beschimmeld. De resultaten van de LED-behandelingen liggen wat verder uit elkaar dan bij *Buxus*. Behandelingen met de laagste lichtintensiteit blijven duidelijk achter (10,3 en 11,9  $\mu\text{mol}$ ). De behandelingen met 25,0 resp. 27,2  $\mu\text{mol}$  licht waren vergelijkbaar met de praktijkbehandelingen. In de praktijkbehandeling hadden de stekken na 8 weken veel nieuwe scheuten gevormd, terwijl in de LED-behandelingen minder scheutgroei ontstond. Alleen in de behandelingen met hogere lichtniveaus (rond 25  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  zonder verrood) waren nieuwe scheutjes zichtbaar. De stekken in de LED-behandelingen met verrood licht vertoonden al na 4 weken enige bladval. Dit werd in de loop van de tijd erger (Figuur 8). Opvallend in Figuur 9 is dat de ontwikkeling tussen 3 en 6 weken bijna stil lijkt te staan.



Figuur 8. Bladval bij *Ceanothus* in de behandelingen met verrood licht (na 8 weken).

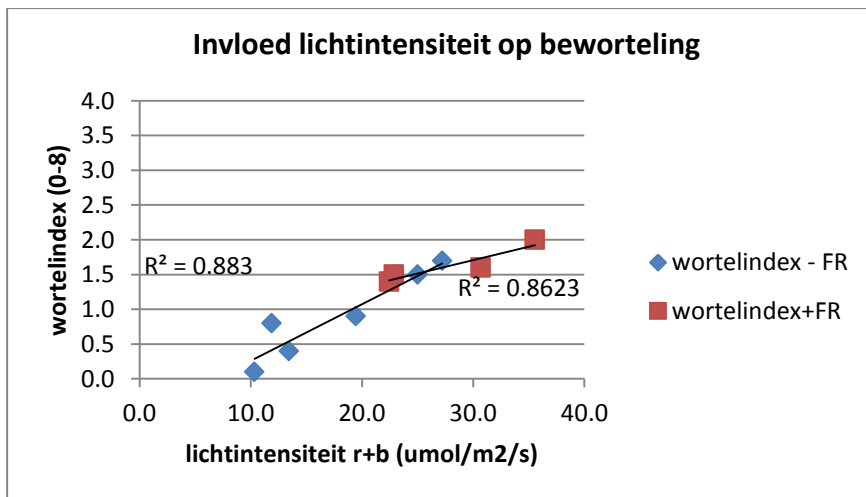


Figuur 9. Verloop van het bewortelingsproces van *Ceanothus* in de praktijk, in donker en onder diverse LED-behandelingen. Per behandeling is de lichtintensiteit van rood+blauw weergegeven met daarbij het aandeel rood.

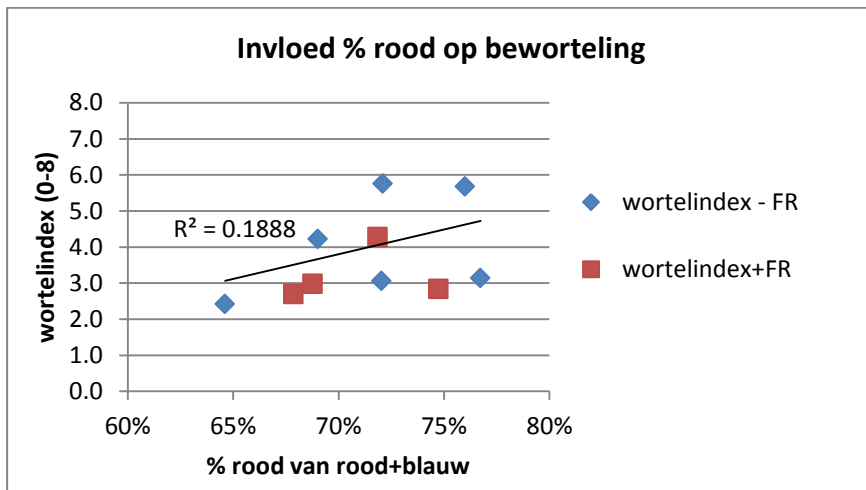


Figuur 10. Invloed van lichtintensiteit (rood+blauw) op de gemiddelde wortelindex van *Ceanothus* na 9 weken. Behandelingen zonder en met verrood (FR) zijn afzonderlijk weergegeven.

*Ceanothus* vertoont bij de eindbeoordeling (na 9 weken) een sterk verband tussen de gegeven lichtintensiteit en de wortelindex (Figuur 10). De  $R^2$ -waarde is namelijk 0.98, dus bijna 1 (hoe dichterbij 1, des te betrouwbaarder is de getrokken lijn). Verder is te zien dat wanneer aanvullend verrood licht wordt gegeven (ca. 15  $\mu\text{mol}$ ), dit de beworteling nadelig beïnvloedt. Wanneer dezelfde grafiek echter gemaakt wordt voor de situatie na 3 weken, blijkt dat er nog geen negatief effect is van verrood licht (Figuur 11). In de periode tussen 3 en 9 weken gaan de behandelingen met verrood steeds verder negatief afwijken van de behandelingen zonder verrood.



Figuur 11. Invloed van lichtintensiteit (rood+blauw) op de gemiddelde wortelindex van *Ceanothus* na 3 weken. Behandelingen zonder en met verrood (FR) zijn afzonderlijk weergegeven.

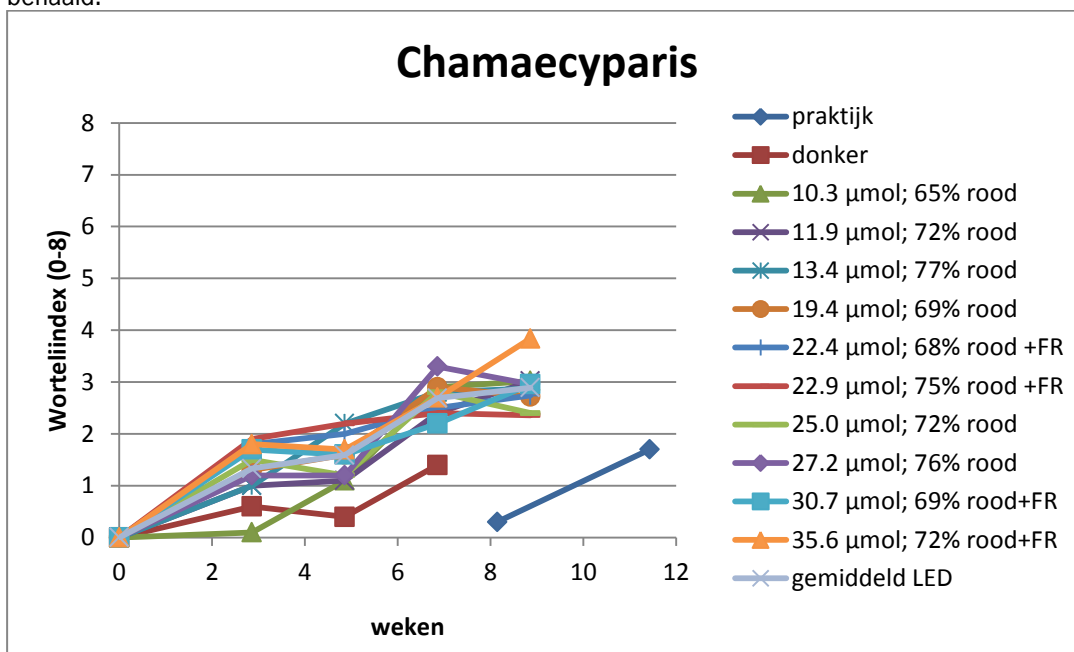


Figuur 12. Invloed van verhouding rood/blauw licht op de gemiddelde wortelindex van Ceanothus na 9 weken. Behandelingen zonder en met verrood (FR) zijn afzonderlijk weergegeven.

Wanneer de rood/blauw-verhouding uitgezet wordt tegen de gemiddelde wortelindex van Ceanothus (Figuur 12), blijkt dat de beworteling van Ceanothus nauwelijks gevoelig is voor rood licht in het geteste gebied (65 tot 76% rood). De behandeling met 65% rood licht bepaald grotendeels de helling van de getrokken lijn, terwijl in deze behandeling relatief weinig licht werd gegeven (10,3  $\mu\text{mol}$ ). Ook is in deze grafiek geen invloed van verrood licht te zien. Een vergelijkbaar beeld was ook bij tussenbeoordelingen te zien (grafieken niet getoond), behalve dat de verrood behandelingen bij de tussenbeoordeling van 3 weken gemiddeld juist iets boven de behandelingen zonder verrood lagen.

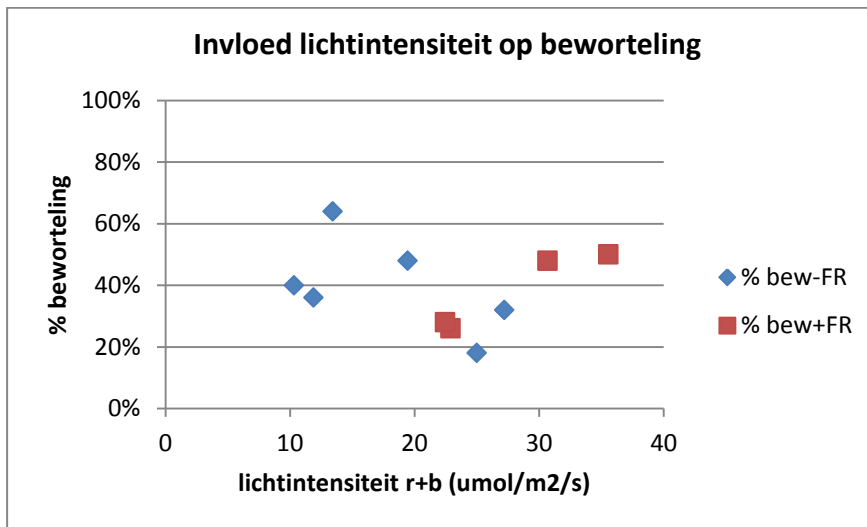
### 3.3.3 Chamaecyparis

Bij Chamaecyparis is geen verschil gevonden in de bewortelingssnelheid tussen de geteste LED-behandelingen (Figuur 13). De donkerbehandeling blijft weliswaar achter, maar vertoont toch enige activiteit. Opvallende achterblijver is de praktijkbehandeling. Het niveau van wortelontwikkeling in de praktijkbehandeling op het moment van 11 weken werd in de LED-behandelingen al na 3 tot 5 weken behaald.



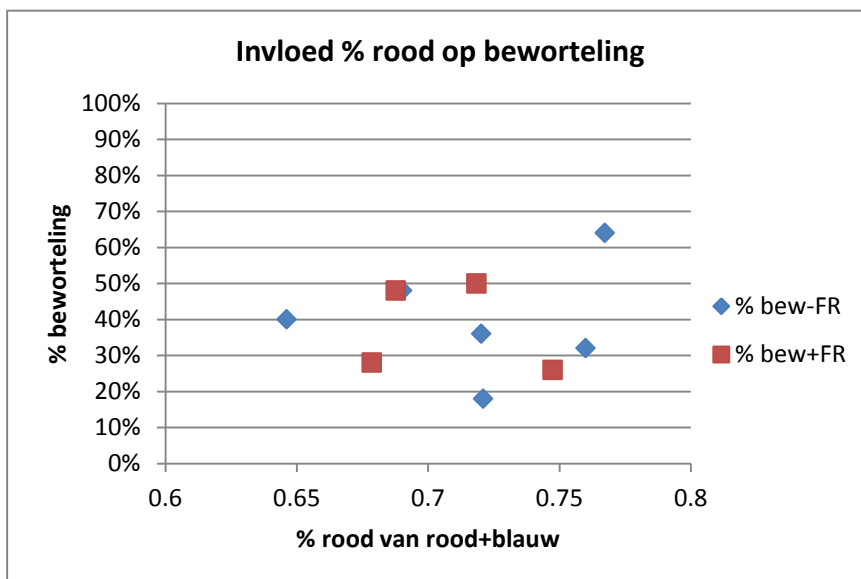
Figuur 13. Verloop van het bewortelingsproces van Chamaecyparis in de praktijk, in donker en onder diverse LED-behandelingen. Per behandeling is de lichtintensiteit van rood+blauw weergegeven met daarbij het aandeel rood.





Figuur 14. Invloed van lichtintensiteit (rood+blauw) op het percentage beworteling van *Chamaecyparis* na 9 weken. Behandelingen zonder en met verrood (FR) zijn afzonderlijk weergegeven.

In Figuur 14 is te zien dat *Chamaecyparis* in deze proef niet reageerde op de lichtintensiteit. Gemiddeld was bij alle LED-behandelingen bij ongeveer 40% van de stekken duidelijk wortelontwikkeling te zien. Wel of geen aanvullend verrood had hierop geen effect. *Chamaecyparis* reageerde ook niet merkbaar op verschillende rood/blauw-verhoudingen (Figuur 15). Ook is in deze grafiek geen invloed te zien van aanvullend verrood licht.



Figuur 15. Invloed van verhouding rood/blauw licht op percentage beworteling van *Chamaecyparis* na 9 weken. Behandelingen zonder en met verrood (FR) zijn afzonderlijk weergegeven.

### 3.3.4 Juniperus

In *Juniperus* trad al na enkele weken schimmelgroei en puntrot op in de klimaatcel. Ondanks chemische bestrijding ging dit proces toch door. Na 11 weken was er gemiddeld nauwelijks wortelontwikkeling, terwijl de uitval zeer hoog was (>86%). In de praktijkbehandeling was er veel minder uitval, maar ook hier was nog weinig wortelontwikkeling (Tabel 7).

Tabel 7. Beworteling (wortelindex en % beworteling) en uitval in Juniperus, 11 weken na inzet.

intensiteit ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	rood (%)	wortelindex (0-8)	beworteling (%)	uitval (%)
10.3	65%	0.00	0%	86%
11.9	72%	0.08	0%	88%
13.4	77%	0.00	0%	90%
19.4	69%	0.12	0%	98%
22.4	68%	0.20	0%	92%
22.9	75%	0.28	2%	86%
25.0	72%	0.02	0%	100%
27.2	76%	0.14	0%	94%
30.7	69%	0.28	2%	96%
35.6	72%	0.16	0%	100%
Praktijk (controle)		0.88	8%	10%

### 3.3.5 Lavandula

Ook in Lavendel ontstond in de LED-proef veel uitval door schimmelvorming. Hierdoor werden nauwelijks wortels gevormd (Tabel 8). Hoewel de uitval tussen de behandelingen nogal varieerde, was er geen relatie met de uitgevoerde behandeling (bijv. lichtintensiteit of hoeveelheid rood licht. De behandelingen in de klimaatcel zijn na 6 weken afgebroken. In de praktijkbehandeling was er ook sprake van relatief veel uitval (58%). De nog levende stekken waren na 11 weken allemaal volledig beworteld (index 8), maar door de uitval is de gemiddelde wortelindex slechts 3,4.

Tabel 8. Beworteling (wortelindex) en uitval in Lavendel in de verschillende LED-behandelingen (6 weken) en in de controlebehandeling (11 weken).

intensiteit ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	% rood (%)	wortelindex (0-8)	uitval (%)
0.0	0%	0.0	100%
10.3	65%	0.0	100%
11.9	72%	0.3	70%
13.4	77%	0.2	80%
19.4	69%	1.2	30%
22.4	68%	0.6	70%
22.9	75%	0.0	100%
25.0	72%	0.9	70%
27.2	76%	0.7	60%
30.7	69%	1.2	40%
35.6	72%	0.6	50%
Praktijk (controle)		3.4	58%

## 3.4 Discussie en conclusie

### Algemeen

Hoewel met de proef in de klimaatcel aanvankelijk beoogd werd om inzicht te krijgen in het effect van de rood/blauw-verhouding op de wortelinitiatie, is door de gewijzigde instellingen van de dimmers een kleinere

range getest in rood-blauw-verhoudingen (65/35 tot 76/24 i.p.v. 50/50 tot 85/15), maar bij meer lichtintensiteiten (10 tot 35  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  i.p.v. alleen 20  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ). Door deze gewijzigde opzet zijn de behandelingen niet in duplo uitgevoerd. De resultaten geven dus vooral tendensen aan. Voor betrouwbare conclusies zal het experiment (gedeeltelijk) herhaald moeten worden.

### **Juniperus en Lavandula**

Over Juniperus en Lavandula kunnen geen conclusies getrokken worden. Er was sprake van teveel uitval. Bij Lavandula was er in het meerlagensysteem sprake van duidelijk meer uitval dan in de controlebehandeling. Dit is te wijten aan het feit dat in de proef in de klimaatcel de folie op het stek lag. In de praktijksituatie stond het stek onder tunnels, waardoor dit gewas minder last heeft van schimmelgroei (pers comm F. v.d. Bergh). Daarnaast is van deze partij lavendelstek gelijktijdig ook een aantal stektrays ingezet voor een warmwaterbehandelingsproef op de Proeftuin van Holland. Deze zijn in een kas zonder folie beworteld. Hierin bleek de slaging ca. 90% te zijn. Hoewel het materiaal wat aan de houtige kant was (pers. comm. L. Slingerland), was het uitgangsmateriaal dus niet slecht. Ook in Juniperus was er sprake van veel uitval, zowel in de LED-behandelingen als in de controlebehandeling. Wellicht heeft hier de vitaliteit van het uitgangsmateriaal een rol gespeeld.

### **Buxus**

De drie overige gewassen bleken verschillend te reageren op de uitgevoerde LED-behandelingen. Buxus bleek meer te profiteren van het aandeel rood licht dan van de lichtintensiteit (in de geteste gebieden). De invloed van de hoeveelheid rood kwam vooral tot uiting in het percentage beworteling en minder in de gemiddelde wortelindex. Dit kan een aanwijzing zijn dat rood licht vooral de initiatie gestimuleerd heeft. In deze proeven is nog geen optimum gevonden van hoeveelheid rood licht en lichtintensiteit. Dit viel buiten het geteste gebied. Ook blijkt Buxus te profiteren van aanvullend rood licht. Voor vervolgonderzoek is het interessanter om de invloed van hogere hoeveelheden rood licht te onderzoeken dan sterke verhogingen in de lichtintensiteit. Het verhogen van het aandeel rood licht is namelijk energiezuiniger. Uit het verloop van het bewortelingsproces in de tijd ontstaat de indruk dat de ontwikkelingssnelheid afvlakt tussen 7 en 9 weken. Dit kan er op duiden dat de wortelontwikkeling tussen index 4 (1<sup>e</sup> wortelpunten) en index 6 (doorgroei wortelpunten) relatief meer tijd nodig heeft. Het is echter ook goed denkbaar dat Buxus na de vorming van de 1<sup>e</sup> wortelpunten een hogere lichtintensiteit nodig heeft om snel door te groeien. In de controlebehandeling (kas), waar voldoende licht was, zijn te weinig metingen gedaan om hierover conclusies te kunnen trekken.

### **Ceanothus**

Het gewas Ceanothus reageerde in de proef sterk op lichtintensiteit. Het optimum is echter nog niet gevonden. Dit ligt blijkbaar boven 25  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . Dit zou ook het patroon kunnen verklaren dat de wortelontwikkeling tussen 3 en 5 weken bijna stil lijkt te staan. Wellicht heeft het Ceanothus-stek minder reserves, zodat aanvulling via fotosynthese erg belangrijk is. Hoewel in de beste behandelingen een vergelijkbaar resultaat met de controlebehandeling werd behaald qua beworteling, werden in de LED-behandelingen nauwelijks nieuwe scheuten gevormd, terwijl deze in de controlebehandeling wel volop aanwezig waren. Ook dit is vermoedelijk een lichtintensiteit-effect.

Ceanothus reageerde niet of nauwelijks op de geteste rood/blauw-verhoudingen. De behandeling met het minste rood had weliswaar de minste beworteling, maar deze behandeling had tegelijk ook de laagste lichtintensiteit. Wellicht dat grotere hoeveelheden rood licht nog wel effect hebben. Verder was opvallend dat verrood licht een negatief effect heeft op Ceanothus. Na 3 weken was dit effect nog niet zichtbaar, maar vlak daarna begon er veel blad te vallen en liepen de behandelingen met verrood licht steeds verder achter in de wortelontwikkeling. In de proef is slechts één intensiteit van verrood licht getest. Het is mogelijk dat een lagere hoeveelheid verrood geen schadelijk effect heeft, hoewel daglicht relatief meer verrood bevat (Dueck, 2008) zonder dat de beworteling hiervan grote hinder ondervindt.

### **Chamaecyparis**

Chamaecyparis bleek in deze proef niet te beïnvloeden door rood/blauw-verhouding, toevoeging van verrood licht of met lichtintensiteit. Een hogere rood/blauw-verhouding of zelfs tijdelijk 100% rood licht kan misschien wel verbetering geven. Ook hogere lichtintensiteiten bieden wellicht perspectief, want in

bijbelichtingsonderzoek met coniferen werd daarmee ook een verbetering gerealiseerd (Joustra en Ruesink, 1989d).

Opvallend was dat de ontwikkelingssnelheid van de wortels van *Chamaecyparis* veel hoger was in de LED-behandelingen als in de controlebehandeling. Zelfs de donkerbehandeling in de cel had nog een voorsprong, hoewel minder dan de LED-behandelingen. Het kan dus niet alleen een LED-effect zijn. Een mogelijke oorzaak zou kunnen zijn dat in de controlebehandeling de stekken onder een tunnel stonden, terwijl in de LED-proef de folie op het stek lag (pers. comm. F. van den Bergh, IBN). Herhaling van de proef met dit gewas is dus zeker nodig om de juiste conclusies te kunnen trekken.

### **Temperatuur en lichtsom**

De gemiddelde temperaturen in de kas en in de cel bleken van begin maart tot half april vergelijkbaar te zijn. Van half april tot eind mei was de gemiddelde temperatuur in de praktijksituatie ca. 4°C hoger, wat de wortelvorming in de praktijkbehandeling gestimuleerd zou kunnen hebben. Een andere factor is die van licht. Volgens Dueck (2008) is de groeilichtsom in de maanden maart, april en mei respectievelijk gemiddeld 12, 23 en 30 mol per dag. In de LED-proef is de groeilichtsom (bij 16 uur per dag) slechts ca. 1,5 mol per dag. Weliswaar is de kas vanaf begin april gekrijt en geschermd, maar in de praktijkbehandeling zal de hoeveelheid licht per dag altijd hoger zijn geweest. In dat opzicht zijn er in de LED-behandelingen toch interessante resultaten behaald.

## 4 Economische verkenning

### 4.1 Opzet

In de economische verkenning is gekozen voor 3 scenario's:

1. Vermeerdering in kas
2. Vermeerdering in kas + aanvullend LED in de winter
3. Meerlaagssysteem met LED

In alle scenario's is de berekening gebaseerd op nieuwbouw. Er is een model in Excel gemaakt, waarin een aantal uitgangspunten genomen zijn. Deze uitgangspunten waren meestal gebaseerd op KWIN-methodiek en -gegevens voor de boomkwekerij, zonodig aangevuld met KWIN-informatie uit de sectoren Bloembollen of Fruit (Van der Wekken en Schreuder, 2006; Schreuder en Van der Wekken, 2005; Heijerman-Peppelman en Roelofs, 2010). Met het model is het effect van wijzigingen in de uitgangspunten op het eindresultaat snel door te rekenen. In Bijlage 2 staat een print van het model. De inhoud hiervan is indicatief, maar niet maatgevend.

In de scenario's met kas is uitgegaan van een nieuwbouwprijs van een kas inclusief de gangbare uitrusting (schermdoek, beregening, vloerverwarming, dakberegening, lavavloer), aan de hand van een vierkante meter prijs. De hoeveelheid benodigde energie (elektriciteit en gas) is geschat op basis van een praktijkbedrijf. Daarbij is uitgegaan van een bedrijfsgrootte tussen 1.000 en 10.000 m<sup>2</sup>.

Bij de situatie 'kas+LED' is een van de deelnemende bedrijven uit de begeleidingscommissie als voorbeeld genomen qua LED-installatie (22  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ), belichtingsperiode en energieverbruik. Een dergelijk systeem zal alleen in lichtarme perioden gebruikt worden (ca. sept tot maart) en alleen als dagverlenging (ca. 8 branduren per dag).

In het scenario van het meerlaagssysteem met LED is uitgegaan van een goed geïsoleerde cel in een loods. In het model kan gekozen worden voor een bepaalde hoeveelheid effectieve teeltoppervlak. Afhankelijk van het aantal lagen (te variëren tussen 2 en 6) en de ruimtebenutting berekent het model de bijbehorende oppervlakte van de cel en de loods. De hoogte van de cel wordt bepaald door het aantal lagen, waarbij uitgegaan is van bruto 70 cm per laag (50 cm tussen LED en gewas, 20 cm voor constructie, techniek en gewas) en daarbij 50 cm extra voor ruimte bovenin en onderin de cel (bijv. ventilatie, techniek). Omdat de ruimte tussen de lagen beperkt is, is er vanuit gegaan dat de stekken via een (geautomatiseerd) rolcontainersysteem in en uit de cel worden gebracht. De cel zal in een aantal afdelingen verdeeld zijn omdat de stek minimaal twee fasen doorloopt: beworteling (hoog RV) en afharding (normale RV). In het model kunnen twee lichtintensiteiten worden doorberekend: 25 en 50  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . Omdat er geen licht de cellen binnen valt zullen de lampen vermoedelijk nagenoeg jaarrond branden (350 dagen/jaar) en gedurende ca. 16 uur per dag. De schatting van de materiaalkosten en het energieverbruik van de LED-installatie zijn gebaseerd op gegevens van Philips Nederland Licht (Danielle van Tuijl).

Bij de vergelijking van de systemen kunnen een aantal parameters gevarieerd worden:

- gewenst teeltoppervlak
- aantal lagen in het meerlagensysteem (2 tot 6)
- gewenste lichtintensiteit in meerlagensysteem (25 of 50  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )
- ruimtebenutting in kas
- ruimtebenutting in meerlagensysteem
- aantal stekken per 100 m<sup>2</sup>
- aantal teeltrondes per jaar
- slagingspercentage per systeem
- verkoopprijs stek (evt. te variëren per systeem)
- eventuele invloed van teeltversnelling op het saldo

- meer of minder arbeid in vergelijking met scenario 'kas zonder LED'

Op basis van deze informatie en de andere uitgangspunten wordt er een saldoberekening gemaakt op jaarbasis. Hiervan worden de kosten afgetrokken van duurzame productiemiddelen die samenhangen met de scenario's. Het resultaat van de berekening is een vergoeding voor arbeid, winst en evt. andere kosten, die niet afhankelijk zijn van het systeem. Tevens wordt het verschil berekend met de referentie 'kas zonder LED'.

## 4.2 Discussie

Doordat de berekening in modelvorm is uitgevoerd kunnen de gevolgen van verschillende uitgangspunten op het economisch resultaat snel worden doorgerekend. In overleg met de begeleidingscommissie is besloten dat het model niet openbaar gemaakt zal worden omdat dit makkelijk een eigen leven kan gaan leiden, zonder alle nuances. Daarom wordt hieronder in algemene bewoordingen de invloed besproken van de belangrijkste parameters.

### **Algemeen**

Uit het model komt naar voren dat het meerlagensysteem tot hogere kosten leidt dan het systeem van kas + LED. Voor het laatstgenoemde systeem liggen de meerkosten (t.o.v. kas zonder bijbelichting) ongeveer tussen 5 en 20%, terwijl dit bij het meerlagensysteem 15 tot wel 85 % kan zijn. Bij het meerlagensysteem zijn de kosten voor onroerende goederen lager, maar nemen de kosten voor de LED-installatie, elektriciteit en transportsysteem toe, met name bij een gekozen lichtintensiteit van 50  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . Aan de andere kant kan er bespaard worden op arbeid, gewasbescherming en wellicht door energierugwinning, maar er blijft een meeropbrengst nodig om het systeem financieel interessant te laten zijn.

### **Slagingspercentage**

Globaal gesproken blijkt dat het systeem van LED in de kas financieel haalbaar is bij enkele procenten betere slaging in de winter, gecombineerd met een besparing op gewasbescherming. Dit is conform de ervaring van het praktijkbedrijf (pers. comm. M. Bloemen). Voor het meerlagensysteem zijn de vaste kosten + energiekosten hoger, wat zich terug moet verdienen in een aanzienlijk hoger slagingspercentage. Globaal gesproken moet de winst al snel een factor twee zijn t.o.v. het systeem van LED in de kas (bijv. van 5% meer slaging naar 10% meer slaging). De potentie in verbetering in slaging bij het meerlaagssysteem met LED is naar verwachting groter dan bij het systeem van LED in de kas. LED in de kas zal alleen in de winter enige aanvulling van betekenis op het daglicht geven. Daarnaast kan het lichtspectrum voor het stek onder daglicht + LED maar beperkt gewijzigd worden in tegenstelling tot het meerlaagssysteem.

Uit het model komt naar voren dat het meerlagensysteem het meest interessant is voor moeilijk bewortelbare gewassen, omdat daarbij theoretisch de grootste winst te behalen valt. In hoeverre dit praktisch haalbaar is, zal uit vervolgprouwen moeten blijken.

### **Aantal stekrondes**

Het aantal stekrondes per jaar, in combinatie met hogere slagingspercentages, heeft een grote invloed op het uiteindelijke saldo. Een van de deelnemende stekbedrijven realiseert 1,2 stekrondes per jaar, terwijl een ander bedrijf 2,4 rondes per jaar draait. Bij weinig teeltrondes is het meerlagensysteem niet snel financieel interessant, tenzij grote verbeteringen in het slagingspercentage behaald kunnen worden. In het geval van meer stekrondes per jaar, zou vaker geprofiteerd kunnen worden van de meeropbrengst door een hoger slagingspercentage, terwijl de vaste kosten over meer teeltrondes verdeeld worden. Hiermee wordt het systeem eerder financieel interessant. Een ander voordeel van het meerlagensysteem bij relatief veel stekrondes per jaar is de factor arbeid. In het systeem is uitgegaan van een geautomatiseerd transportsysteem d.m.v. rolcontainers. Hoe meer teeltrondes per jaar, hoe meer arbeid (handmatig wegzetten en ophalen van stek) bespaard kan worden door het geautomatiseerde transport.

### **Aantal teeltlagen**

Door het aantal teeltlagen te verhogen, is minder oppervlakte nodig voor de loods en de cel, waardoor op

kosten bespaard kan worden. Uit het model blijkt echter dat een verdere verhoging van het aantal teeltlagen een steeds kleinere bijdrage levert aan de kostenbesparing. Van 1 naar 4 lagen geeft een ruimtebesparing van ca. 75%, bij 5 lagen is dit 80% en bij 6 lagen 83%, dus slechts 3% extra. Daarentegen zal bij een verhoging van het aantal lagen ook een zwaardere draagconstructie voor het geautomatiseerde rolcontainersysteem nodig zijn, waardoor die kosten toenemen. Bovendien heeft een verhoging van het aantal teeltlagen alleen invloed op de kosten voor onroerende goederen (5 tot 10% van de totale kosten), maar niet op de roerende goederen (o.a. rolcontainersysteem en LED-installatie) en variabele kosten (o.a. onbeworteld stek, energie). Het optimum zal vermoedelijk dus in de buurt van 3 tot 4 teeltlagen liggen.

### **Lichtintensiteit**

Een belangrijke parameter is de lichtintensiteit. In de praktijk zal een hogere lichtintensiteit gerealiseerd worden door meer armaturen te plaatsen. Een verdubbeling van de lichtintensiteit betekent dan ook een bijna verdubbeling van de installatiekosten en de energiekosten. In het model kan de keuze gemaakt worden tussen 25 en 50  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . De laagste intensiteit zal in veel gevallen minimaal nodig zijn voor een goede wortelinitiatie. Voor het doorgroeien van het stek zal vermoedelijk een hogere intensiteit nodig zijn. Ter vergelijking: 50  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  gedurende 18 uur per dag levert een vergelijkbare hoeveelheid licht als een gemiddelde (korte) dag in december (Dueck, 2008).

Indien bij de lage lichtintensiteit het slagingspercentage met ca. 10% verhoogd kan worden, kan het meerlagensysteem financieel voordeel opleveren (mede afhankelijk van andere uitgangspunten). Indien voor een 10% hoger slagingspercentage de hogere lichtintensiteit (50  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) nodig is, zal het meerlagensysteem niet snel renderen. Op basis hiervan lijkt het systeem met name interessant in de wortelinitiatieperiode, wanneer lagere lichtniveaus gevraagd worden.

### **Energiegebruik**

Samenhangend met het punt lichtintensiteit is het energiegebruik van het systeem. Uitgaande van een goed geïsoleerde cel zal er via de wanden weinig warmte afgevoerd worden. Een groot gedeelte van de benodigde elektriciteit voor de LED-belichting zal uiteindelijk omgezet worden in warmte. Ca. 50% van de elektriciteitsbehoefte voor LED wordt direct omgezet in warmte (pers. comm. Philips). Daarnaast zal de lichtenergie uiteindelijk ook voor een groot gedeelte omgezet worden in warmte-energie, want slechts een klein deel wordt vastgelegd in drogestofproductie (pers. comm. J. Wildschut, PPO). Op basis van een PPO-rekenmodel over energieverbruik van bewaring van bloembollen afhankelijk van de buitentemperatuur, is een inschatting gemaakt van de warmteproductie t.o.v. warmtevraag in een meerlaagssysteem. Hieruit bleek dat zelfs bij de lage lichtintensiteit (25  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) gedurende 16 uur per dag er ook in de koude maanden een warmteoverschot is. Het systeem heeft dus geen aanvullende verwarming nodig (misschien wel een noodvoorziening). De overtollige warmte zal moeten worden afgevoerd via ventilatie, via koeling of op andere manieren. In koude perioden kan ventilatie volstaan (afhankelijk van verschil binnen- en buitentemperatuur), maar in het zomerseizoen is actieve koeling nodig. Wellicht zijn technieken als warmte-opslag lonend om dit overschot nuttig opnieuw te gebruiken, maar het voert in deze verkenning te ver om dit verder uit te werken. In de berekeningen is aangenomen dat deze warmte niet hergebruikt wordt, maar weg gekoeld moet worden.

Een ander punt hierbij zijn de energietarieven. De berekening is gebaseerd op tarieven voor een gangbaar stekbedrijf. In het geval van een meerlaagssysteem neemt het elektriciteitsverbruik met een factor 30 tot 60 toe (afhankelijk van gekozen lichtrecept), maar is er gemakshalve met dezelfde tarieven gerekend. Wellicht is warmtekrachtkoppeling (wkk) interessant, waarbij de opgewekte warmte wordt afgezet naar andere doeleinden (glastuinbouw, industrie of huishoudens).

### **Hogere verkoopprijs door betere kwaliteit**

Een andere manier om de investering terug te verdienen is het verhogen van de verkoopprijs met als argument een betere kwaliteit en/of minder uitval in de vervolgteelt. Dit blijkt in de praktijk echter lastig te realiseren, omdat al moeite gedaan moet worden om de verkoopprijs op peil te houden (pers. comm. stekbedrijven). In het geval dat een boomkwekerijbedrijf zijn eigen stek produceert, kan de meerwaarde makkelijker tot uiting komen in de vervolgteelt.

### **Teeltversnelling**

Een versnelling van de beworteling zou theoretisch kunnen leiden tot meer stekrondes per jaar en dus meer omzet bij gelijkblijvende vaste kosten. Elk gewas heeft echter een optimaal stektijdstip, zodat de mogelijkheden voor stekbedrijven beperkt zijn, tenzij het sortiment aangepast zou worden. Bovendien wordt een groot deel van beworteld stek in het voorjaar afgeleverd voor vervolgteelt. Een vervroeging is dan vaak niet interessant, omdat het niet past op het volgende bedrijf in de keten. Een teeltversnelling kan wel tot een betere arbeidsfilm leiden op het stekbedrijf.

### **Arbeid**

Het meerlaagssysteem zal grote gevolgen hebben voor de arbeid. Wanneer inderdaad gekozen wordt voor een rolcontainersysteem, zullen de planten naar verwachting naar de medewerkers komen in plaats van andersom. Het is dan denkbaar dat veel teelthandelingen op een centrale plek gebeuren, zoals stekcontrole, gewasbescherming en snoeien. Dit zal arbeid besparen, maar ook andere machines noodzakelijk maken. Ook kan een hoger slagingspercentage leiden tot minder inboetwerk. In het model is gerekend met een besparing op arbeid van 10 uur per 100 m<sup>2</sup>, wat gemiddeld alleen de besparing is van wegzetten en ophalen van 1 teeltronde (Oosting, 1998).

### **Gewasbescherming**

Uit berekening van één van de stekbedrijven die al met LED in de kas werkt, is naar voren gekomen dat er ca. € 1,-/m<sup>2</sup> bespaard kon worden op chemische bestrijding van m.n. schimmels. Dit is doorgevoerd in de berekening. De inschatting is dat deze besparing minimaal ook haalbaar is in het meerlaagssysteem.

### **LED-installatie**

De berekening is gebaseerd op de huidige modellen LED-verlichting. Dit type belichting wordt nog steeds doorontwikkeld, waardoor nieuwe modellen energiezuiniger zullen worden en bestaande modellen goedkoper. De snelheid van dit proces is echter niet te voorspellen (pers. comm. Philips Nederland Licht).

### **Lichtkleuren**

In het model is geen rekening gehouden met de gewenste lichtkleuren. Qua kostprijs maakt de verhouding rood/blauw weinig uit. Wel zal een systeem met relatief veel rood licht energiezuiniger zijn. Verder is het denkbaar dat er per fase een ideale lichtkleurverhouding gewenst is, waardoor er meerdere varianten in het systeem nodig zijn.

## **4.3 Conclusie**

Uit de economische verkenning blijkt dat er kansen zijn voor een meerlaags teeltsysteem met LED, maar het uiteindelijke financiële plaatje is erg afhankelijk van de uitgangspunten. Op basis van het gemaakte rekenmodel zijn er wel enkele conclusies te trekken:

- De totale kosten van het meerlaagssysteem zijn duidelijk hoger dan van het systeem van LED in de kas. De toename is afhankelijk van de uitgangspunten, maar met name van de benodigde lichtintensiteit.
- De belangrijkste terugverdienoptie is van een hoger slagingspercentage beworteld stek. Daarom zijn met name moeilijk bewortelbare soorten interessant. Verhoging van de verkoopprijs is door concurrentie moeilijk te realiseren. Verhogen van het aantal teeltrondes d.m.v. teeltversnelling is praktisch echter lastig in te passen, omdat het meeste bewortelde stek toch in het voorjaar afgeleverd moet worden. Het aantal stekrondes heeft een grote invloed op de economische haalbaarheid van het systeem, mits het slagingspercentage verhoogd kan worden t.o.v. situatie zonder LED. Hoe meer rondes per jaar, hoe eerder het meerlagensysteem rendabel is, omdat dan vaker geprofiteerd wordt van de meeropbrengst van het hogere slagingspercentage.
- Verhoging van het aantal teeltlagen geeft een besparing op het aantal vierkante meters schuuroppervlak, maar bij meer dan 4 teeltlagen wordt er nauwelijks winst geboekt. De jaarkosten voor het onroerend goed maken dan nog maar een relatief klein deel uit van de totale kosten.



Bovendien levert een verhoging van het aantal teeltlagen van 4 naar 6 relatief weinig extra ruimtewinst.

- De benodigde lichtintensiteit is een sterk bepalende factor voor de winstgevendheid van het meerlagensysteem. Bij een lichtniveau van 25  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  is de kans redelijk aanwezig dat het systeem rendabel te maken is. Wanneer echter een lichtniveau van 50  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  gewenst is, wat vermoedelijk nodig is voor voldoende fotosynthese, is het systeem minder aantrekkelijk. De grootste kansen voor het meerlagensysteem liggen daarom waarschijnlijk in de wortelinitiatiefase als er relatief minder licht nodig is.
- Uit de berekeningen is gebleken dat het systeem jaarrond een warmteoverschot heeft door de warmteproductie van de LED-installatie. Technische voorzieningen die deze warmte nuttig kunnen hergebruiken, zullen een deel van de meerkosten wellicht kunnen compenseren.
- Arbeidsbesparing en besparing op gewasbescherming kunnen een bijdrage leveren in het reduceren van de kosten, maar deze posten zullen relatief klein blijven.



## 5 Eindconclusie en aanbevelingen

In dit project is allereerst een literatuuronderzoek gedaan naar de bestaande kennis over de invloed van licht en lichtkleuren op de beworteling van gewassen. Hoewel diverse interessante bronnen gevonden zijn, is vrij veel onderzoek uitgevoerd met TL-belichting óf met bijbelichting. TL-belichting in specifieke kleuren geeft echter een breder spectrum (pers. comm. H. Gude) dan LED-licht. Daarmee zijn deze resultaten minder toepasbaar voor LED-onderzoek. In het geval van bijbelichting wordt dit aanvullend gegeven op daglicht, wat al een bepaald spectrum bevat. Vooral bij hogere daglichtniveaus is het toegevoegd aandeel van bijbelichting van een bepaalde kleur snel beperkt. In het algemeen lijkt de kleur een stimulerend effect op de beworteling te hebben.

Deze resultaten werden bevestigd in de proef in de klimaatcel. Hoewel alle resultaten slechts op 1 herhaling gebaseerd zijn, blijkt Buxus positief te reageren op een groter aandeel rood licht (van 65 naar 75% rood licht en dus van 35 naar 25% blauw licht). Ceanothus had geen of weinig voordeel van verhoging van het aandeel rood licht. Voldoende lichtintensiteit is voor Ceanothus belangrijker dan voor Buxus. Beide gewassen lijken vermoedelijk minimaal  $25 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  nodig te hebben voor een snelle beworteling. Buxus profiteert daarnaast van toevoeging van verrood aan het spectrum. Voor Ceanothus is dit juist schadelijk. Uit de proef is gebleken dat bij relatief lage lichtniveaus onder LED toch een goede beworteling gerealiseerd kon worden, ondanks dat de controlebehandeling in de praktijk veel meer natuurlijk licht kreeg.

Chamaecyparis bleek in het getest gebied niet gevoelig te zijn voor de geteste rood/blauw verhoudingen (65/35 tot 75/25) en wel of geen toevoeging van verrood licht. Ook was er geen reactie op de geteste lichtintensiteiten ( $12$  tot  $25 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ). Wel werd een opvallende versnelling gemeten ten opzichte van de praktijk (van 11 naar 5 weken), maar het is mogelijk dat hier ook andere factoren aan bijgedragen hebben. Over Lavendel en Juniperus konden geen conclusies getrokken worden vanwege te veel uitval (voor een deel ook in de controlebehandeling).

Tenslotte is een economische verkenning gedaan naar het meerlaagssteksysteem. Daarbij is een vergelijking gemaakt tussen het gebruikelijke systeem in de kas (zonder bijbelichting), vermeerdering in de kas met LED-licht en het meerlaagssteksysteem met LED. Toepassing van LED kan financieel sneller uit in de kas dan in een meerlaagssysteem. De kosten van een meerlaagssysteem zijn duidelijk hoger, afhankelijk van de te kiezen uitvoering. Bij lagere lichtintensiteit (bijv.  $25 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) zijn er goede perspectieven voor het systeem, afhankelijk van de te behalen winst in slagingspercentage. Factoren als benodigde lichtintensiteit, energiegebruik en verhoging van het slagingspercentage blijken grote invloed te hebben op het eindresultaat.

### Aanbevelingen

- verschillende gewassen blijken verschillend te reageren op rood/blauw-verhoudingen, lichtintensiteit en toevoeging van verrood licht. Het blijft dus verstandig om in vervolgonderzoek diverse gewassen op te nemen.
- M.n. voor loofhoutgewassen als Buxus en Ceanothus zouden hogere lichtintensiteiten onderzocht moeten worden dan  $25 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ .
- Eveneens is het interessant om te achterhalen of een hoger aandeel rood licht (meer dan 75% rood) de beworteling verder kan stimuleren.
- Verrood licht had een positief effect op Buxus. Wellicht leveren lagere intensiteiten verrood licht vergelijkbare resultaten of kan het resultaat verbeterd worden met hogere intensiteiten.
- Voor een goede economische berekening is het nodig te weten welke verhoging van het slagingspercentage verwacht mag worden bij het meerlaags LED-systeem.
- Gezien het feit dat de meerkosten van een meerlaagssysteem behoorlijk kunnen zijn, is het raadzaam om ook de vergelijking te maken met bijbelichting met LED in de kas. Theoretisch is de potentie van het meerlaagssysteem hoger, maar voor een goede onderbouwing hiervan is meer informatie nodig.

- Uit de economische verkenning is naar voren gekomen dat het systeem het meest interessant zal zijn voor moeilijk bewortelbare gewassen, omdat daarbij de grootste winst is te behalen.

## 6 Literatuur

- Bezemer, J. (2010). SON-t trekt in laboratoriumproef voorlopig aan het langste eind. *Onder Glas* 4:48-49.
- Bielenin, M. (2000). Effect of red or blue supplementary light on rooting of cuttings and growth of young plants of *Juniperus scopulorum* 'Skyrocket' and *Thuja occidentalis* 'Smaragd'. *Gartenbauwissenschaft*, 65 (5):195-198.
- Derkx, M.P.M. (2008). Het gebruik en de mogelijkheden van licht bij de teelt van boomkwekerijgewassen. Project 32 312000 00. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lisse.
- Dueck, T. (2008). Licht in en om de plant. Lezing Anthura, 15 januari 2008.
- Engels, A. (2010). Eerste boomkwekers beproeven LED-belichting. *De Boomkwekerij* 11:8-10
- Fuernkranz, H.A., C.A. Nowak en C.A. Maynard (1990). Light effects on in vitro adventitious root formation in axillary shoots of mature *Prunus serotina*. *Physiologia Plantarum* 80:337-341.
- Hogewoning, S., G. Trouwborst en W. van Ieperen (2008). Licht op LED's: Effecten van lichtkleuren op de fotosynthese. *Onder Glas* 4:43-45.
- Joustra, M.K. en J.B. Ruesink (1988). Bijbelichting van loofhoutstekken tijdens de beworteling. Intern verslag 6/89, Project 1004-1. Boomteeltpraktijkonderzoek, Boskoop.
- Joustra, M.K. en J.B. Ruesink (1989a). Effecten van bijbelichting op de beworteling van heesterstek. Intern verslag 26/89, Project 1004-5. Boomteeltpraktijkonderzoek, Boskoop.
- Joustra, M.K. en J.B. Ruesink (1989b). Effect van bijbelichting op de groei van beworteld zomerstek. Intern verslag 27/89, Project 1004-6. Boomteeltpraktijkonderzoek, Boskoop.
- Joustra, M.K. en J.B. Ruesink (1989c). Effect van licht en temperatuur op de beworteling van coniferenstek in verschillende tijden van het jaar. Intern verslag 23/89, Project 1004-2/4. Boomteeltpraktijkonderzoek, Boskoop.
- Joustra, M.K. en J.B. Ruesink (1989d). Effect van licht op de beworteling van coniferenstek in verschillende tijden van het jaar. Intern verslag 19/89, Project 1004-8/9/10. Boomteeltpraktijkonderzoek, Boskoop.
- Heijerman-Peppelman, G. en P.F.M.M. Roelofs (2010). Kwantitatieve Informatie Fruitteelt 2009/2010. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Randwijk. Rapport 2009-41
- Kierkels, T. (2010). Rode bladeren gaan anders met licht om dan groene bladeren. *Onder Glas* 4:52-53.
- Loach, K. en A.P. Gay, 1979. The light requirement for propagating hardy ornamental species from leafy cuttings. *Scientia Hort.*, 10: 217-230.
- Lukaszewska, A., J. Tonecki en J. Zaleska (2001). Effect of monochromatic light (660 nm and 730 nm) and harvest date on rooting of cuttings from *Ficus benjamina*. *Annals of Warsaw Agricultural University SGGW, Horticulture, Landscape Architecture*, 22, 2001.
- Miler, N. en M. Zalewska (2006). The influence of light colour on micropropagation of *Chrysanthemum*. *Acta Horticulturae* 725:347-350.
- Morini, S., F. Loreti en R. Sciutti (1990). Effect of light quality on rooting of 'Leccino' Olive cuttings. *Acta Horticulturae* 286:73-76.
- Nhut, D.T., L.T.A. Hong, H. Watanabe, M. Goi en M. Tanaka (2002). Growth of Banana plantlets cultured in vitro under red and blue Light-emitting Diode (LED) irradiation source. *Acta Horticulturae* 575:117-124.
- Nhut, D.T., T. Takamura, H. Watanabe, K. Okamoto & M. Tanaka (2003). Responses of strawberry plantlets cultured in vitro under superbright red and blue light-emitting diodes (LEDs). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 73: 43-52, 2003.
- Oosting, I. (1998). Kwantitatieve Informatie Boomteelt 1998. Boomteeltpraktijkonderzoek, Boskoop.
- Ruesink, J.B. (1991). Effect van stekstelsysteem, licht, temperatuur en CO<sub>2</sub> op de beworteling van *Betula*, *Chamaecyparis*, *Juniperis*, *Malus*, *Pinus*, *Quercus* en *Viburnum*. Intern verslag project 1004. Proefstation voor de Boomkwekerij, Boskoop.

- Ruesink, J.B. (1994a). Ontwikkeling van een stekmethode om bloemknopvorming bij Pieris-stek te voorkomen. Intern verslag project 1006-02. Proefstation voor de Boomkwekerij, Boskoop.
- Ruesink, J.B. (1994b). Ontwikkeling van een stekmethode om bloemknopvorming bij Pieris-stek te voorkomen. Intern verslag project 1006-02b. Proefstation voor de Boomkwekerij, Boskoop.
- Ruesink, J.B. (1996a). Ontwikkeling van een stekmethode om bloemknopvorming bij Pieris-stek te voorkomen. Intern verslag project 1006-06. Proefstation voor de Boomkwekerij, Boskoop.
- Ruesink, J.B. (1996b). Ontwikkeling van een stekmethode om bloemknopvorming bij Pieris-stek te voorkomen. Intern verslag project 1006-08. Proefstation voor de Boomkwekerij, Boskoop.
- Schreuder, R. en J. van der Wekken (2005). Kwantitatieve Informatie Bloembollen en Bolbloemen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lisse. Rapport 719
- Staalduinen, J. van (2008). Wat je er aan energie instopt, komt er als drogestof weer uit. Onder Glas 4:55-57.
- Wekken, J. van der en R. Schreuder (2006). Kwantitatieve Informatie Boomkwekerij 2006. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lisse. Rapport 422

## Bijlage 1. Foto's wortelindex

### Buxus



Wortelindex van *Buxus sempervirens*. Links index 1, rechts index 7.



Detailopname van wortelindex 4 bij *Buxus*.

## Ceanothus



Wortelindex van Ceanothus. Links index 3, rechts index 7.



Detailopname van wortelindex 4 (links) en index 5 (rechts) bij Ceanothus.



## Chamaecyparis



Wortelindex van Chamaecyparis. Links index 1, rechts index 6.



Wortelindex van Chamaecyparis in meer detail. Links index 1, rechts index 4.



## Bijlage 2. Opzet Economische verkenning

### Tabblad 'Uitgangspunten'

Getallen zijn indicatief.

Uitgangspunten		afschrij- ving %	onder- houd %	jaar- kosten	bron
<b>ALGEMEEN</b>					
rente (biol. & monetaire activa)	6.0%				KWIN fruitteelt 2009-2010
rente (dpm)	4.5%				KWIN fruitteelt 2009-2010
rente (grond)	1.5%				KWIN fruitteelt 2009-2010
grondprijs (Brabant)	5.5 €/m <sup>2</sup>			€ 825 €/ha	grondprijsmonitor 2009
Waterschapsbelasting (gem.)				€ 50 €/ha	KWIN fruitteelt 2009-2010
gasprijs	0.32 €/m <sup>3</sup>				kweker
elektriciteitsprijs	0.07 €/kWh				kweker
<b>KAS</b>					
kas (breedkapper)	90 €/m <sup>2</sup>	7.0%	0.5%	€ 8.78 €/m <sup>2</sup>	kweker, nieuwbouw 2010
ketelhuis < 200 m <sup>2</sup>	50 €/m <sup>2</sup>	7.0%	1.0%	€ 513 €/bedrijf	KWIN fruitteelt 2009-2010
grootte ketelhuis	100 m <sup>2</sup>				
verwarmingketel	50000 € (installatie)	7.0%	1.0%	€ 5,125 €/bedrijf	KWIN fruitteelt 2009-2010
aantal ruimtes (afdelingen) kas	3				
klimaatregeling (temperatuur)	9000 1e afdeling	15.0%	8.0%	€ 2,273 €/bedrijf	KWIN boomkwekerij 2006
klimaatregeling (temperatuur)	2800 extra afdeling	15.0%	8.0%	€ 707 €/extra afd.	KWIN boomkwekerij 2006
gemiddeld electriciteitsverbruik	3.3 kWh / m <sup>2</sup> kas / jr			€ 1.06 €/m <sup>2</sup> kas	kweker
gemiddeld gasverbruik	5 m <sup>3</sup> gas / m <sup>2</sup> kas / jr			€ 1.60 €/m <sup>2</sup> kas	kweker
<b>KAS + LED</b>					
LED .... µmol	34 €/m <sup>2</sup>	15.0%	1.0%	€ 6.21 €/m <sup>2</sup>	Op basis van 22 umol/m <sup>2</sup> ; 10-12 umol: € 17,5
gem. # branduren/dag	8 uur/dag				
energieverbruik	14 W/m <sup>2</sup> /hr			€ 1.57 €/m <sup>2</sup> tray	Op basis van 22 umol/m <sup>2</sup> ; 10-12 umol: 7 W
warmteproductie	0 W/m <sup>2</sup> /hr				niet van toepassing in de kas
aantal dagen LED's in gebruik	200 dagen/jaar				kweker: sept-mrt
<b>MEERLAAGS</b>					
aantal dagen LED's in gebruik	350 dagen/jaar				
Bedrijfsruimte	735.3 m <sup>2</sup> vloeroppervlak				berekend op basis van 'bedrijfssituatie'
hoogte	3.3 m				berekend op basis van 'bedrijfssituatie', aan
	536.9 m <sup>2</sup> wandoppervlak				uitgaande van vierkant totaalcel
schuur (beton & golfplaten)	165 €/m <sup>2</sup> vloer	4.0%	1.0%	€ 8,796 €/bedrijf	KWIN fruitteelt 2009-2010
koelcel	50 €/m <sup>2</sup> wand	8.0%	5.0%	€ 4,094 €/bedrijf	KWIN fruitteelt 2009-2010
verwarmingketel	0 € (installatie)	7.0%	1.0%	€ 0 €/bedrijf	Netto warmteoverschot, jaarrond
aantal ruimtes (cellen) meerlagen	3				
klimaatregeling	9000 1e afdeling	15.0%	8.0%	€ 2,273 €/bedrijf	KWIN boomkwekerij 2006
	2800 extra afdeling	15.0%	8.0%	€ 707 €/extra cel	KWIN boomkwekerij 2006
koelaggregaat (4 kW)	5040 €/cel	8.0%	5.0%	€ 769 €/cel	KWIN boomkwekerij 2006
stookkosten ruimte (Tmin 0 °C)	m <sup>3</sup> gas / m <sup>2</sup> hal/jr			€ 0.00 €/m <sup>2</sup> ruimte	Netto warmteoverschot, jaarrond
koel- of ventilatiekosten ruimte	20 kWh / m <sup>2</sup> hal /jaar			€ 1.40 €/m <sup>2</sup> ruimte	inschatting uit model Jeroen/Peter over ven
Rolcontainersysteem, geautomatiseerd	60 €/m <sup>2</sup> teeltoppervlak	9.0%	5.0%	€ 10 €/m <sup>2</sup> tray	KWIN Bloembollen 2005
Mistsysteem	4 €/m <sup>2</sup> teeltoppervlak	10.0%	5.0%	€ 0.69 €/m <sup>2</sup> tray	Schatting nav KWIN boomkwekerij 2006
LED 25 µmol/m <sup>2</sup> /s	50 €/m <sup>2</sup>	15.0%	1.0%	€ 9.13 €/m <sup>2</sup>	Philips: € 100/60 umol, excl. montage en inst
gem. # branduren/dag	16 uur/dag				25.000 branduren: 10% verlies; 50.000 brandu
energieverbruik	15 W/m <sup>2</sup> /hr			€ 5.88 €/m <sup>2</sup> tray	Philips: ca. 0,6 Watt/umol LEDlicht, wel afha
warmteproductie	7.5 W/m <sup>2</sup> /hr				Philips: 50% warmteproductie; Henk Gude: v
koel- of ventilatiekosten ruimte	15 kWh / m <sup>2</sup> teeltopp /jaar			€ 1.05 €/m <sup>2</sup> teeltopp	inschatting uit PPO-model ventilatie bloemt
LED 50 µmol/m <sup>2</sup> /s	100 €/m <sup>2</sup>	15.0%	1.0%	€ 18.25 €/m <sup>2</sup>	Financiële afschrijving
gem. # branduren/dag	16 uur/dag				
energieverbruik	30 W/m <sup>2</sup> /hr			€ 11.76 €/m <sup>2</sup> tray	Philips: ca. 0,6 Watt/umol LEDlicht, wel afha
warmteproductie	15 W/m <sup>2</sup> /hr				Philips: 50% warmteproductie; Henk Gude: v
koel- of ventilatiekosten ruimte	30 kWh / m <sup>2</sup> teeltopp /jaar			€ 2.10 €/m <sup>2</sup> teeltopp	inschatting uit PPO-model ventilatie bloemt

# Tabblad 'Bedrijfsituatie'

Getallen zijn indicatief.

Keuze	kies		Standard gegevens	
	hoeveelheid	hoeveelheid	hoeveelheid	hoeveelheid
gewens effectief teeltoppervlak	2500 m <sup>2</sup>	8500 m <sup>2</sup>	kont overeen met 10.000 m <sup>2</sup> kasoppervlak.	
aantal lagen bij meertalenteelt	4	70 cm/leelthaag: 50 cm tussen gewassen LED: 20 cm voor constructie		
ruimtebenutting kas	85%			
ruimtebenutting meerlagen; per laag	85%			
ruimtebenutting meerlagen; totaal	340%			
stekken per 100 m <sup>2</sup> tray	65000			
stekken per 100 m <sup>2</sup> kas	55250			
Aantal rondes per jaar	2,4			
slaginpercentage stekken in kas	80%	percentage verkoopbare planten (gemiddeld over de gewassen)		
slaginpercentage stekken kas + LED	84%	N. B. winst alleen in winter; hier een gemiddelde voor jaarrond		
slaginpercentage stekken meerlagen	89%			
Teeltversnelling kas + LED	0%	Als deze denut wordt voor meerrondes per jaar		
Teeltversnelling meerlaags	0%	Als deze denut wordt voor meer rondes per jaar		

Uitkomst Verkenning			
Vergoeding arbeid + winst	verschil	extra invloed teeltversnelling	
kas	€ 103,973	€ 1,552	€ -
kas+LED	€ 105,525	€ 4,547	€ -
meerlagen	€ 108,520	€ -	€ -

	kas		kas + LED		meerlagen + LED	
	hoeveelheid	prijs (€)	hoeveelheid	prijs (€)	hoeveelheid	prijs (€)
<b>teelt op jaarbasis</b>						
aantal stekken (x 1000)	3.900,000 stuks	€ 0,04	3.900,000 stuks	€ 0,04	3.900,000 stuks	€ 0,04
trays/ gemiddeld:	104 gaats	€ 1,00	37500 stuks	€ 1,00	37500 stuks	€ 1,00
stekmedium	4 m <sup>3</sup> /100m <sup>2</sup> eff.	€ 65,00	240 m <sup>3</sup>	€ 65,00	240 m <sup>3</sup>	€ 65,00
plastic	20 €/100m <sup>2</sup> eff.	€	36 kg	€ 75,00	36 kg	€ 75,00
groeistof	0,6 kg/100m <sup>2</sup> eff.	€ 75,00	2.700	€ 2.700	2.700	€ 2.700
gewasbescherming	8 €/100m <sup>2</sup> eff.	€	480	€ 480	480	€ 480
bemesting	4 €/100m <sup>2</sup> eff.	€	240	€ 240	240	€ 240
gasverbruik		€	4.706	€ 4.706	4.706	€ 4.706
electriciteitsverbruik		€	2.640	€ 2.640	2.640	€ 2.640
koeling ruimte						
elektriciteit LED			22 jumul	€ 3.920	25 jumul	€ 2.625
rente omlopend vermogen		€	13.264	€ 13.499	13.499	€ 14.700
toegevande kosten		€	234.330	€ 238.485	238.485	€ 246.434
<b>opbrengst</b>						
<b>Saldo teelt op jaarbasis</b>		€ 0,12 €/stuk		€ 0,12 €/stuk		€ 0,12 €/stuk
Besparing gewasbescherming		€	140.070	€ 154.635	154.635	€ 170.086
<b>Saldo per jaar (bij continue teelt)</b>		€ 140.070		€ -1 €/m <sup>2</sup>		€ -1 €/m <sup>2</sup>
<b>Vaste kosten (€/jaar)</b>						
benodigde totale oppervlak gebouwen	2.941 m <sup>2</sup>	€ 257	2.941 m <sup>2</sup>	€ 257	735 m <sup>2</sup>	€ 64
jaarkosten gebouw (kas of celcomplex)		€ 25.809		€ 25.809		€ 8.796
cellen (isoliëermateriaal)						€ 4.094
ketelhuis		€ 513		€ 513		€ -
verwarmingsketel		€ 5.125		€ 5.125		€ -
klimaatregeling	3 afd. in kas	€ 4.394		€ 4.394		€ 4.394
LED-installatie (all in)				€ 15.513		€ 22.813
koelaggregaat						€ 2.306
Rolcontainerstroom, geautomatiseerd						€ 24.375
Mistsysteem						€ 1.725
Totaal vaste kosten		€ 36.097		€ 51.610		€ 68.566
extra arbeid			uur/m <sup>2</sup>	€ 18		€ -4.500
<b>Voor arbeid (ondernemer &amp; derden) &amp; winst</b>		€ 103.973		€ 105.525		€ 108.520