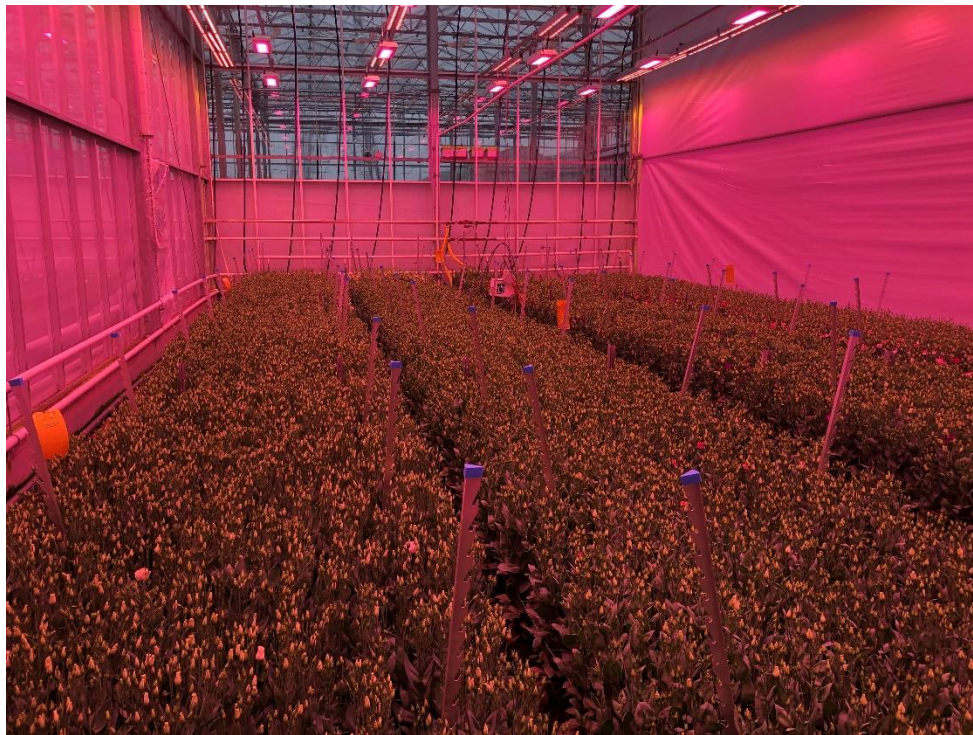


Lisianthus toekomstbestendig: minder elektra met LED



Oktober 2022

S.A.J. van den Boogaart, S.W. Hogewoning, J. Gubbels en J. Sanders

Lisianthus toekomstbestendig: minder elektra met LED

Oktober 2022

S.A.J. van den Boogaart¹, S.W. Hogewoning¹, J. Gubbels² en J. Sanders³

¹Plant Lighting B.V.

Doordraai 1

3981 PE Bunnik

info@plantlighting.nl

www.plantlighting.nl

²Stagair (WUR) bij Plant Lighting B.V.

³Verify B.V.

Europa 1

2672 ZX Naaldwijk

REFERENTIE

S.A.J. van den Boogaart, S.W. Hogewoning, J. Gubbels en J. Sanders. 2022. Lisianthus toekomstbestendig: minder elektra met LED. Plant Lighting B.V., Bunnik. 31p.

Projectnummer: 20178



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



© 2022 Plant Lighting B.V.

Dit rapport is tot stand gekomen in samenwerking met het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland in het kader van het programma Kas als Energiebron, ter stimulering van energiebesparende maatregelen in de tuinbouw. Het onderzoek is mede mogelijk gemaakt door bijdragen vanuit de gewascoöperatie Lisianthus en Signify. De resultaten mogen vrij gebruikt worden, mits de bronnen worden vermeld.

Plant Lighting B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen als gevolg van gebruik van gegevens uit dit rapport.

Inhoudsopgave

INHOUDSOPGAVE	4
SAMENVATTING	5
DANKWOORD EN VERANTWOORDING.....	6
1 INTRODUCTIE	7
2 MATERIAAL EN METHODEN	9
2.1 Plantmateriaal, teelt en klimaat.....	9
2.2 Behandelingen	10
2.3 Metingen.....	14
2.4 Modelanalyse.....	14
3 RESULTATEN.....	15
3.1 Teeltronde 1	15
3.2 Teeltronde 2	17
3.3 Teeltronde 3	20
3.4 Vaasleven	21
3.5 Fotosynthese	21
4 MODELSTUDIE NAAR ENERGIEBESPARING	24
4.1 Resultaten modelstudie.....	24
5 CONCLUSIES.....	26
REFERENTIES	27
BIJLAGE I	28
BIJLAGE II.....	31

Samenvatting

De belichtingsintensiteiten zijn in de lisianthusteelt relatief hoog, inmiddels tot wel 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Ook het aantal branduren is hoog, in zowel de zomer als de winter, tot meer dan 20 uur per dag. LED-belichting is een van de meest voor de hand liggende methoden om elektraverbruik fors te reduceren zonder op productiviteit in te leveren. Bij volledige vervanging van SON-t door LED kan tot wel 50% aan elektra bespaard worden. Dit reduceert ook het warmteoverschot, waardoor minder gelucht hoeft te worden, en CO_2 beter behouden blijft in de kas. In eerdere proeven in klimaatcellen van Plant Lighting is al aangetoond dat lisianthus onder full-LED geteeld kan worden. In deze proeven kwam naar voren dat verrood (Vr) licht daarbij essentieel is om bloeivertraging te voorkomen (Boogaart *et al.*, 2022).

Het hoofddoel van deze proef is om aan te tonen dat ook in een kassituatie onder LED succesvol lisianthus geteeld kan worden. Hiervoor zijn drie proefkassen bij Vertify ingericht en drie teelten uitgevoerd in de periode eind september 2021- begin mei 2022. Waarbij de tweede teelt in een periode met zeer weinig daglicht viel (december-februari). Er zijn vier verschillende hoofdassen getoetst: Rosita III Blue, Rosita III Pink Imp., Rosita III Pure White en Excalibur III Hot Lips. Het klimaat, de daglengte en de lichtsom is zijn alle drie de proefkassen zo gelijk mogelijk te houden, met in iedere kas een unieke belichtingsbehandeling, namelijk;

- Hybride (50% SON-t/50% RWB) waarbij gestart werd met SON-t (SON-t|LED)
- Hybride (50% RWBVr/50% SON-t) waarbij gestart werd met LED (LED|SON-t)
- Full-LED (100% LED RWBVr)

Daarnaast is een modelstudie uitgevoerd door Ecocurves en Photosyntax, om te toetsen wat de implicaties zijn voor het gas- en elektraverbruik bij het overstappen van SON-t naar full-LED, al dan niet in combinatie met een aantal verdere energiebesparende methodes.

Uit de kasproeven is gebleken dat starten met enkel LED tijdens de eerste teeltweken (LED|SON-t), of zelfs volledig LED gedurende de hele teelt, geen negatieve effecten heeft op de teeltsnelheid, ontwikkeling en houdbaarheid. Ook de fotosynthese functioneerde naar verwachting, normaal, bij de planten geteeld onder full-LED. Enkel de taklengte en het takgewicht varieerde wat tussen de belichtingsbehandelingen. Echter, door grote verschillen in grond EC en waterhuishouding tussen de verschillende proefkassen is het precieze vergelijk van taklengte en takgewicht tussen de belichtingsbehandelingen niet goed mogelijk. Maar dat in de winter onder full-LED een goede lisianthus te telen is, is duidelijk.

Daarnaast is uit de modelstudie is gebleken dat wanneer van SON-t naar een gelijk PAR-niveau LED wordt overgestapt, wat een besparing van 50% op elektra oplevert, dit leidt tot een extra warmtebehoefte van ongeveer de helft van de bespaarde elektrische energie. LED-belichting gecombineerd met meer vocht toelaten, een extra energiescherm, beter isoleren, actief ontvochtigen en een lagere teelttemperatuur (24°C), zou de warmtevraag in januari zelfs kunnen verlagen tot maar $32 \text{ MJ}/\text{m}^2$ ($\pm 1 \text{ m}^3$ gas). Hoewel deze manier van telen zich nog wel zal moeten bewijzen, lijkt een “lisianthuskas zonder gas” op zich niet onmogelijk.

Dankwoord en verantwoording

Dit rapport geeft de resultaten weer van de kasproeven met lisianthus onder verschillende typen belichting. Dit onderzoek valt onder het project “Lisianthus toekomstbestendig stap één: minder elektra met LED”. De klimaatkamerproef is al eerder gerapporteerd in rapport ‘Lisianthus: effecten van lichtspectrum en straling.’ door van den Boogaart *et al.* (2022). Verder is er nog een aparte bijlage waarin de modelstudie uitgebreid gerapporteerd is: ‘Berekeningen met een virtuele Lisianthuskas: verkenning van mogelijkheden voor energiebesparing’ door Rappoldt *et al.* (2022).

Dit project is ondersteund door het programma ‘Kas als Energiebron’, gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland, en mede gesponsord door de gewascoöperatie Lisianthus, Signify, Florensis en Sakata.

We willen een aantal personen nog met name hartelijk bedanken voor hun bijdrage in de BCO: de lisianthuskwekers Frank van Holst (Montana Lisianthus), Peter en Hans van der Lugt (Lugt Lisianthus), Hans van den Berg (Berg Lisianthus), Jan en Ariën van Wijk (Kwekerij Waalzicht) en Jelle Pippel (Pippel Lisianthus), en vanuit Signify Leontiene van Genuchten en Valentin Thonen. Roy van Heesch (Florensis) en George Kester (Sakata) worden bedankt voor het leveren van het plantmateriaal. De medewerkers van Vertify worden bedankt voor het uitvoeren van de teelt. Koen Heijstek (Glastuinbouw Nederland) wordt bedankt voor het coördineren van de BCO's. Als laatste willen we de onderzoekscoördinatoren Dennis Medema, Robert Solleveld en Leo Oprel van het programma Kas als Energiebron bedanken voor hun steun bij de totstandkoming en uitvoering van dit project.

Oktober 2022,

Sander Hogewoning

1 Introductie

In de snijbloementeel wordt de afgelopen jaren steeds meer belicht, met hogere intensiteiten en meer branduren per jaar. Vooral bij lisianthus wordt zeer intensief belicht, inmiddels soms zelfs al meer dan 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Daar tegenover staat dat de productie ook erg hoog is met maar liefst 500 of meer stelen per m^2 per jaar. Telers willen graag energiezuiniger telen en met LED kan zeer fors bespaard worden op elektra ten opzichte van de nog altijd gangbare SON-t. Echter, telers durven de stap naar een relatief groot aandeel, of zelfs volledig LED, vaak niet aan, vanwege onzekerheid over effecten op de gewasontwikkeling van (1) het lichtspectrum, en (2) het ontbreken van nabij-infrarode warmtestraling (NIR). Die onzekerheid staat verdere verduurzaming in de weg.

Dat is niet geheel ten onrechte, want juist fotoperiodisch gevoelige planten, zoals chrysant (kwalitatief korte-dag plant) en lisianthus (kwantitatief lange-dag plant), kunnen sterk op lichtspectrum reageren qua bloeirespons (Boogaart *et al.*, 2022). Teeltvertraging is zeer onwenselijk. Ook heeft het lichtspectrum invloed op de taklengte en bladstand. Een te korte taklengte is nadelig voor de prijs, en werkt meer spuiten met groeihormonen (Berelex) in de hand. Daarnaast geldt vooral voor warme teelten als lisianthus de vraag in hoeverre het gemis aan nabij-infrarode straling (NIR) problemen oplevert. Treden er dan geen problemen op met teeltduur, strekking en brandkoppen?

Indien bekend is met welk spectrum LED een goed product geteeld kan worden, en het ontbreken van NIR geen problemen oplevert, dan zullen bedrijven eerder met een groter aandeel (of met volledig) LED durven telen. Dit draagt sterk bij aan de doelstellingen van Kas als Energiebron. De toekomstvisie is een rendabele en duurzame lisianthusteel. Daarbij hoort ook een lagere warmtevraag, waarbij terugwinning van verdampingswarmte perspectief biedt, vooral bij een sterk verdampend gewas als lisianthus. En op termijn wellicht ook teelt uit de grond, zodat stomen niet meer nodig is, drain volledig kan worden gerecirculeerd, en plagen beter beheersbaar zijn. Om dat doel te bereiken is een stap-voor-stap benadering het meest kansrijk. De stap naar LED-belichting staat nu het dichtst bij de praktijk en is daarmee een logische eerste stap richting een toekomstbestendige lisianthusteel.

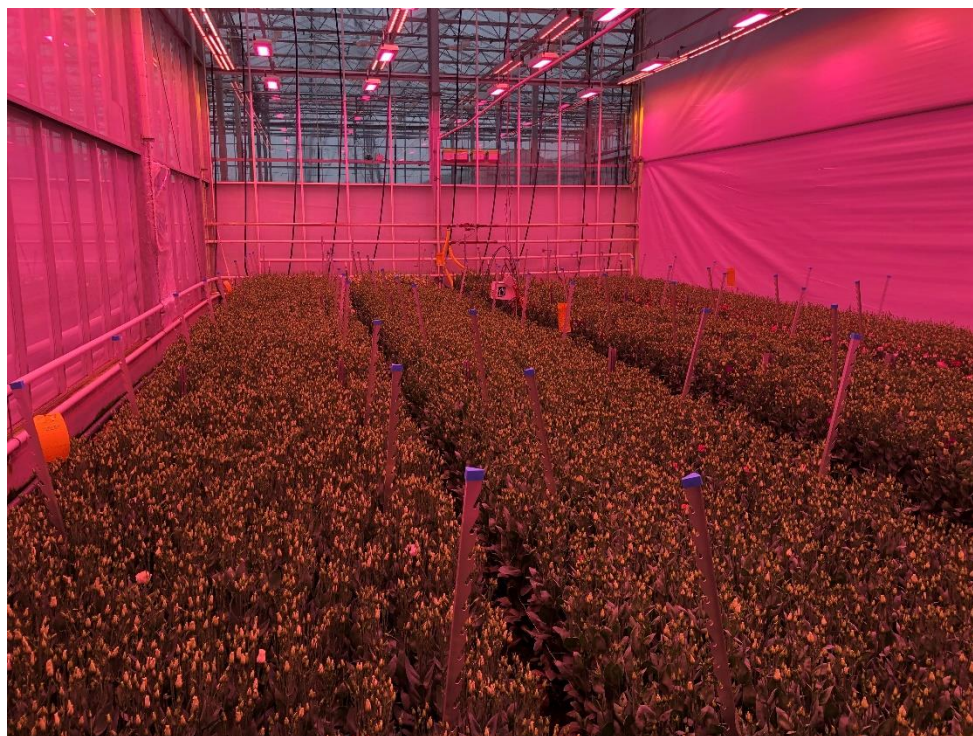
Voorafgaand aan de in dit rapport weergegeven kasproeven is in de klimaatcellen van Plant Lighting onderzoek gedaan naar de effecten van lichtspectrum en warmtestraling op de ontwikkeling van lisianthus. De resultaten staan in een apart rapport (zie Boogaart *et al.*, 2022). Uit de proeven in klimaatcellen bleek dat er in principe prima met full-LED lisianthus kan worden geteeld. Verrood speelt een essentiële rol in de bloeisnelheid van Lisianthus. Zo'n 5% lijkt hiervoor voldoende te zijn, 10% geeft wel meer tak-strekking. Belichting zonder verrood geeft ernstige bloeivertraging, wat verergert als na zonsondergang lang doorbelicht wordt, vergeleken met eenzelfde aantal uren belichting voor zonsopkomst (met daglicht de nacht in). Verrood kan wel na zo'n 5 teeltweken worden afgeschakeld zonder verlies aan teeltsnelheid, waardoor 'bloemnekken' korter blijven. Dit is gunstig voor de takkwaliteit en bespaart (een beetje) elektra. Het gemis aan warmtestraling van de SON-t kon in de klimaatcellen zonder

problemen gecompenseerd worden door bij eenzelfde luchttemperatuur te telen. Of dit ook in een kassituatie geldt zal nog moeten blijken. Een spectrum met een hoog aandeel wit licht (waardoor een hoog aandeel blauw en groen) voegde te weinig toe vergeleken met een 'standaard' spectrum van voornamelijk Rood/Blauw plus 5% verrood. Een klein aandeel wit licht (waardoor 5-6% groen) is wel prettiger om onder te werken dan een spectrum zonder groen, maar gaf geen meetbaar verschil in gewasrespons.

Het hoofddoel van de in dit rapport weergegeven kasproeven is om aan te tonen of lisianthus succesvol onder LED geteeld kan worden in een kas.

2 Materiaal en methoden

De proeven werden uitgevoerd in drie proefkassen bij Vertify van ieder 112 m² bruto, ±85 m² netto (Figuur 1). Door gebruik te maken van individuele proefkassen kan het effect van verschillende lichtspectra zuiver worden getoetst, de overige klimaatomstandigheden kunnen namelijk hetzelfde worden gehouden. De proeven bestonden uit drie opeenvolgende teelten welke plaatsvonden tijdens het belichtingsseizoen 2021-2022, van september, week 39, tot en met mei, week 18 (Tabel 2).



Figuur 1. Indruk van één van de drie proefkassen (full-LED proefkas). Iedere proefkas was ingericht met vier teeltbedden, met in ieder teeltbed één cultivar.

2.1 Plantmateriaal, teelt en klimaat

Om de uitkomsten van de proeven zo representatief mogelijk voor de praktijk te maken is gekozen voor het gebruik van cultivars welke een groot deel van het geteelde areaal beslaan, namelijk: Rosita III Blue, Rosita III Pink Imp., Rosita III Pure White en Excalibur III Hot Lips. Excalibur III Hot Lips is daarnaast ook gekozen voor zijn gevoeligheid voor fusarium. Het plantmateriaal is opgekweekt bij Florensis. De young-plants zijn gepoot op een bruto plantdichtheid van 85 pl/m², netto 100 pl/m². Het gaas was 13 mazen breed (139 cm), waarbij in de op één na buitenste mazen dubbel gepoot werd, en was ±9 mazen diep per strekkende meter.

De teelt vond plaats in de volle grond aan de Zwethlaan in Honselersdijk, op een grond welke bestond uit zeeklei met onderbemaling. De grond was voorbereid door voor aanvang van iedere teelt de grond te stomen, spitten en woelen. Er werd watergegeven van bovenaf met

behulp van een regenleiding. Er werd dagelijks gegoten, de hoeveelheid werd afgestemd op het vochtgehalte in de grond. Er werd gegoten met een EC van 2.5. Voor het klimaat werd nagestreefd deze hetzelfde te houden tussen de drie proefkassen. De etmaaltemperatuur werd gestuurd op 27.5°C met een DIF van 3°C, en de relatieve luchtvochtigheid op 80%. Er werd CO₂ gedoseerd tot 800 ppm in de belichte nacht en overdag. Zie Figuur 2 en Bijlage I voor het gerealiseerde klimaat.

Tijdens de proef is gebruik gemaakt van Berelex aan het begin van iedere teeltronde, met een dosering van 10 pillen/100L, 15L per proefkas. Dit om de strekking van het jonge gewas praktijkconform te bevorderen. Richting het einde van de teeltronden is gebruik gemaakt van Alar, met een dosering van 4 kg/ha. Dit is om de strekking van de bloemnekken tegen te gaan, en hierdoor de kop compact te houden.

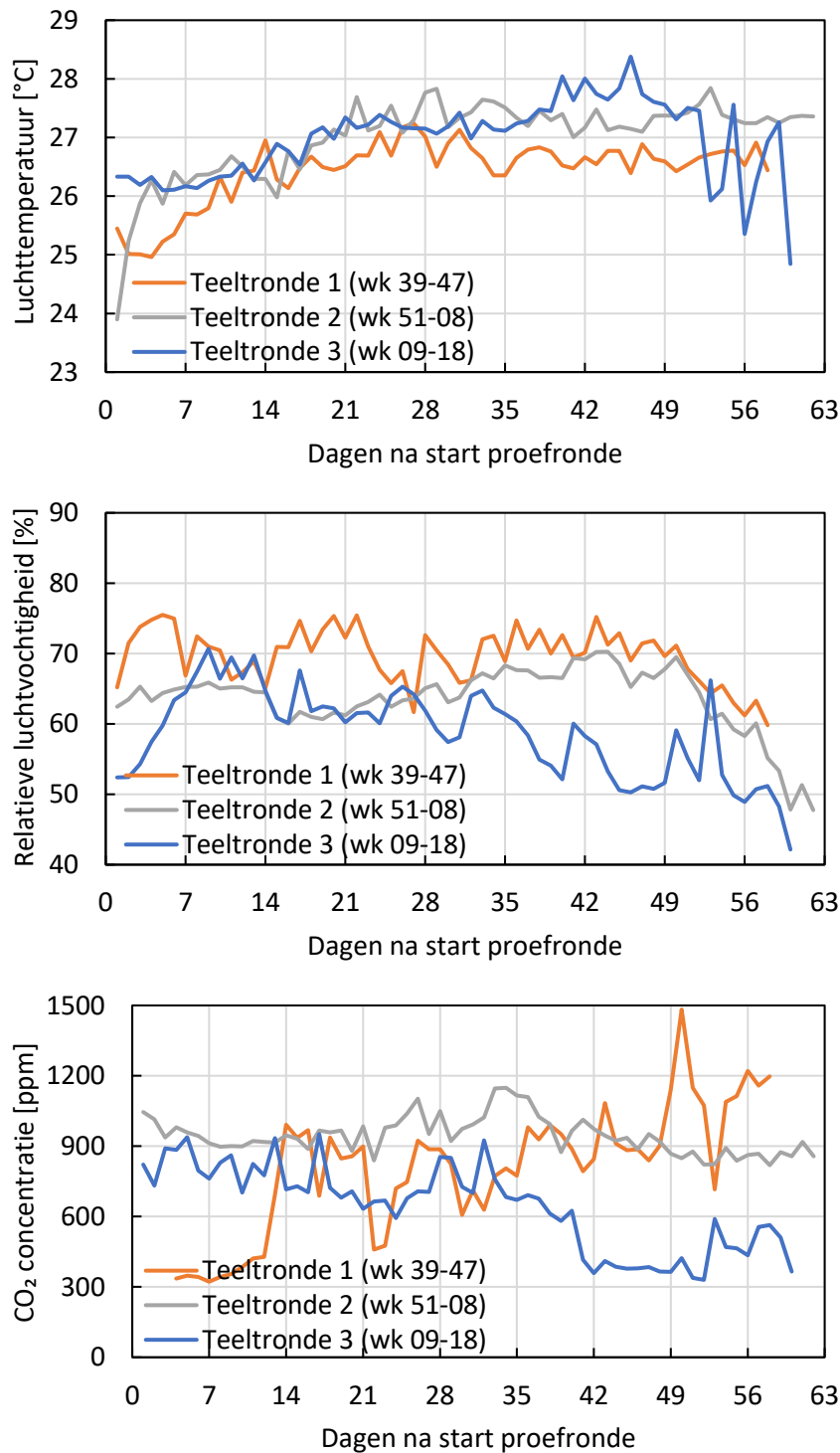
2.2 Behandelingen

De behandelingen in de proef bestonden uit drie verschillende belichtingsbehandelingen. Er waren twee hybride behandelingen (50% SON-t/50% LED), waarbij in één van de hybride behandelingen werd gestart met de SON-t, en in de ander werd er gestart met LED. De derde behandeling was full-LED (Tabel 1). In alle drie de behandelingen was gedurende fotoperiode te allen tijde minimaal een type lamp ingeschakeld welke verrood bevatte, wat nodig is om teeltvertraging te voorkomen (Boogaart *et al.* 2022) (Figuur 3). De belichting is praktijkconform opgeschakeld, doormiddel van het stapsgewijs verhogen van de lichtintensiteit en/of het verlengen van de belichtingsduur. De opschakelstrategie varieerde over de drie teelten, omdat er werd nagestreefd de lichtsommen per teelt vergelijkbaar te houden (Figuur 4).

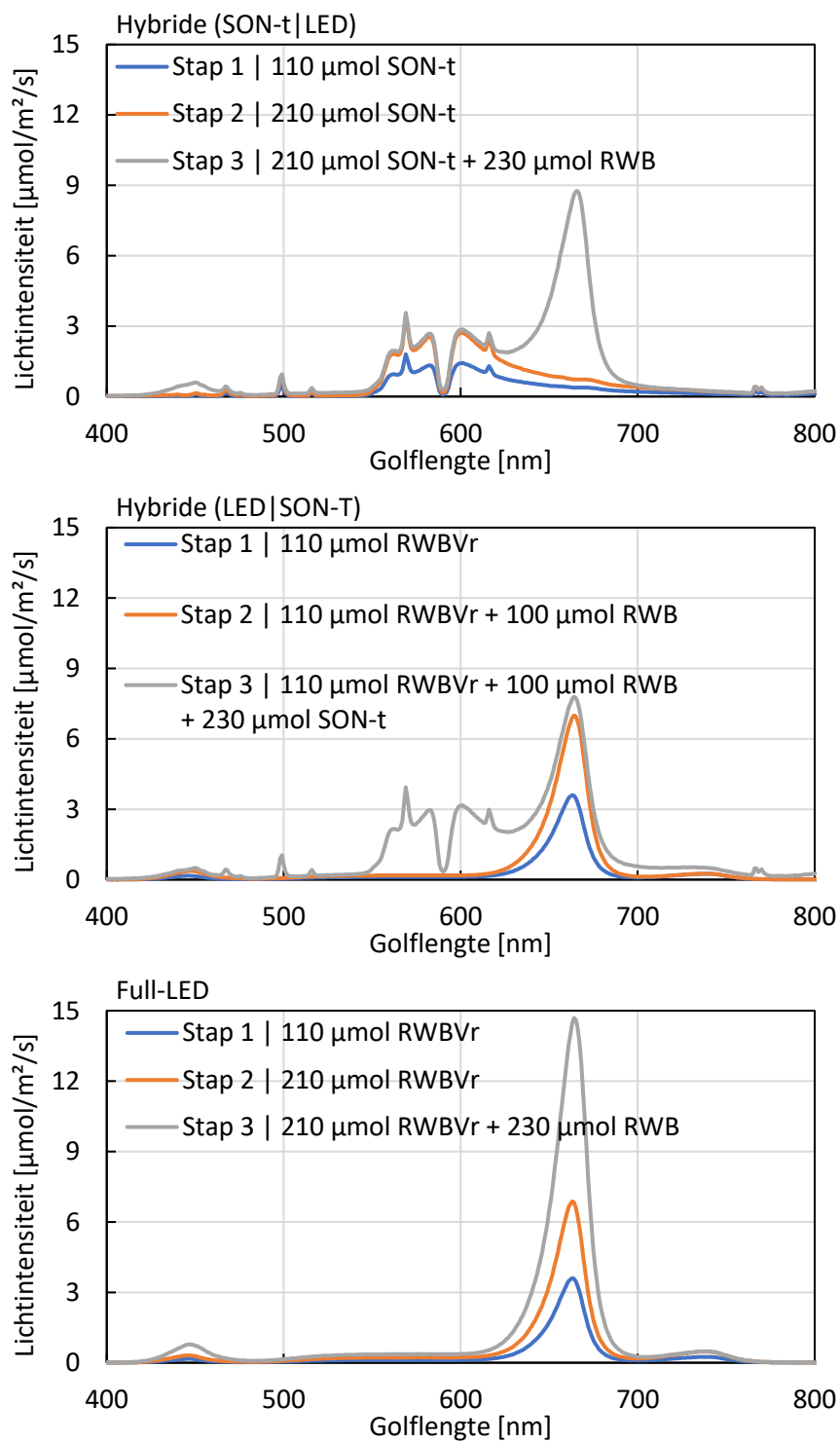
Tabel 1. Samenstelling van de belichting van de drie belichtingsbehandelingen per lichtstap. De lichtintensiteiten en verdeling zijn voor aanvang van de proeven geverifieerd met een PAR-sensor (LI-190R).

Belichtingsbehandeling	Lichtstap 1 110 µmol PAR	Lichtstap 2 210 µmol PAR	Lichtstap 3 440 µmol PAR
Hybride Start met SON-t	110 µmol SON-t	210 µmol SON-t	210 µmol SON-t 230 µmol LED RWB
Hybride Start met LED	110 µmol LED RWBVr	110 µmol LED RWBVr 100 µmol LED RWB	110 µmol LED RWBVr 100 µmol LED RWB 230 µmol SON-t
Full-LED	110 µmol LED RWBVr	210 µmol LED RWBVr	210 µmol LED RWBVr 230 µmol LED RWB

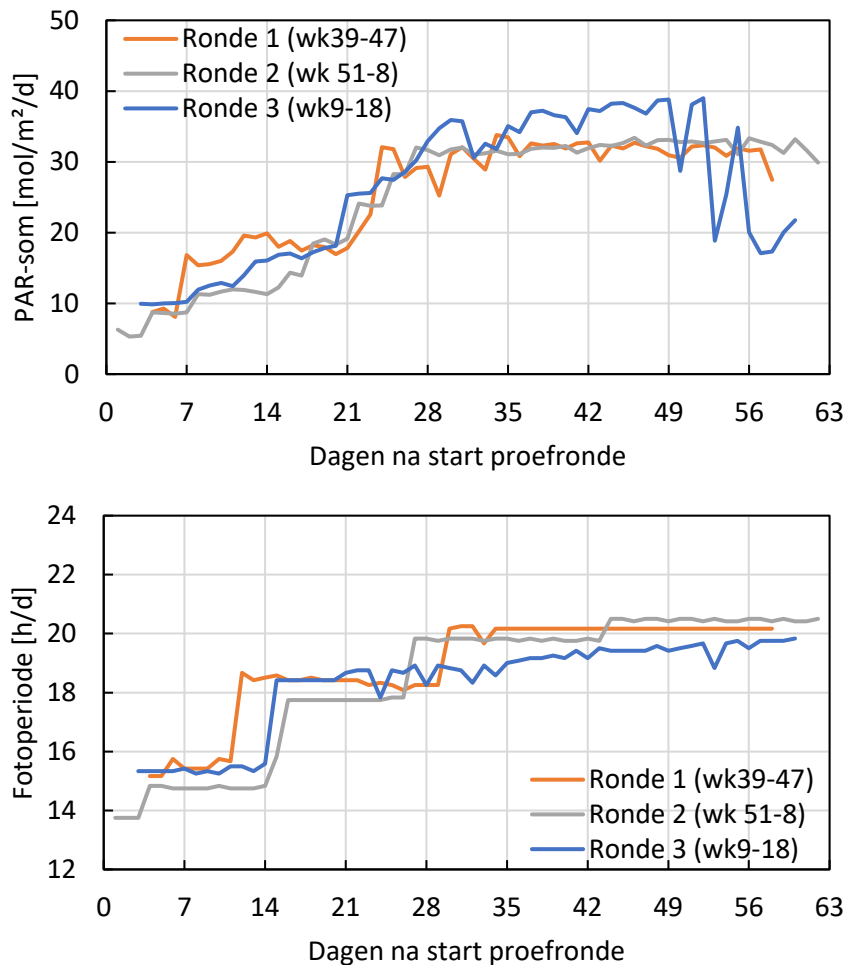
In de derde teeltronde is de behandeling in de proefkas met de hybride behandeling waarin gestart werd met SON-t gewijzigd in een behandeling waarin gestart werd met LED. Dit door het omwisselen van de SON-t en LED schakelingen en het installeren van additionele losse verrood modules. Deze wijzing is uitgevoerd, omdat er verschillen in plantmorfologie werden geconstateerd die hoogstwaarschijnlijk toe te wijzen waren aan de hogere grond-EC in deze specifieke proefkas (zie ook hoofdstuk 3.2 en 3.3). Door in twee proefkassen op dezelfde manier te belichten kon dit worden getoetst.



Figuur 2. Gerealiseerd klimaat tijdens de drie teeltrondes. De lijnen laten het gemiddelde van de drie belichtingsbehandelingen zien, zie Bijlage I voor de individuele lijnen. Alle parameters zijn in gemiddelde etmalen uitgedrukt, de CO₂ concentratie betreft enkel de concentratie gedurende de fotoperiode. De CO₂ concentratie van de eerste teeltronde is gebaseerd op enkel de waarden van de hybride (SON-t|LED) proefkas.



Figuur 3. Spectrale samenstelling van de belichting van de drie belichtingsbehandelingen per lichtstap. Te zien is dat iedere lichtstap verrood bevat (golflengtes tussen 700 en 800 nm).



Figuur 4. PAR-sommen en fotoperiodes tijdens de drie teeltrondes. Zowel de PAR-som als de fotoperiode is redelijk goed vergelijkbaar tussen de drie teeltrondes. De lichtsom richting het einde van teeltronde 3 is hoger dan in de andere twee teeltrondes, omdat er relatief veel instraling was richting het voorjaar. Dit ondanks dat er ReduSol (krijt) op het kasdek was toegepast in de teeltronde 3 en er minder lang belicht werd.

Tabel 2. Start- en einddata van de drie teeltrondes.

Datum	Dagen na start	Event
27-09-2021	0	Start teeltronde 1
26-11-2021	60	Einde teeltronde 1
21-12-2021	0	Start teeltronde 2
22-02-2022	63	Einde teeltronde 2
03-03-2022	0	Start teeltronde 3
03-05-2022	61	Einde teeltronde 3

2.3 Metingen

Tijdens de teelt zijn er bij alle behandelingen verschillende metingen verricht:

- Van een vooraf bepaald representatief subplot in ieder proefveld zijn de takken geteld en gewogen zodra deze oogstrijp waren, namelijk bij 4 à 5 open bloemen in teeltronde 1 en bij 3 à 4 open bloemen in teeltronde 2 en 3. In teeltronde 1 en 2 betrof dit 150 takken, en in teeltronde 3 100 takken per behandeling. Aan deze takken de volgende parameters gemeten: aantal bloemen, bloemknoppen (>1cm), zijtakken (>5cm), taklengte, takgewicht en takgewicht op veilinglengte gemeten (72cm). Alvorens deze metingen werden verricht zijn de takken eerst gehydrateerd met water met daarin de voorbehandelingsmiddelen Florisal 520 en 830.
- Eenmalige fotosynthesemetingen om inzicht te verkrijgen in de bladfotosynthese van verschillende cultivars onder hybride en full-LED belichting tijdens de periode met de minste natuurlijke instraling (teeltronde 2). Deze metingen zijn uitgevoerd met fotosynthese apparatuur welke de gasuitwisseling (CO₂-fixatie en verdamping) meet (LI-6400 & LI-6800, LI-COR, USA). De metingen zijn verricht aan 20-30 bladeren per behandeling bij Rosita III Blue, Rosita III Pure White en Excalibur III Hot Lips, bij een bladtemperatuur van 28°C, 400 µmol/m²/s PAR en 800 ppm CO₂.
- Het vaasleven is voor iedere cultivar uit alle behandelingen in de tweede teeltronde (donkerste periode) gemonitord. Dit met 4 bundels van 10 stelen per cultivar per behandeling, waarvan de helft op water en de helft op snijbloemenvoedsel. Bij de vaasleventoets is vier dagen transport gesimuleerd (gehoest, op Chrysal CVBn, in het donker bij 8°C), daarna twee dagen detailhandel-simulatie (hoes verwijderd, water verversst bij 20°C, en 12 h/d 1000 lux belicht) en de uiteindelijke de consumentenfase waarbij de stelen worden gesneden en per 10 stelen in een vaas zijn neergezet bij 20°C op water ofwel snijbloemenvoedsel. Deze toetsing is uitgevoerd om uit te sluiten dat bij een teelt met full-LED licht het vaasleven niet onwenselijk afneemt.
- Het drooggewicht(percentage) is in teeltronde 2 gemeten voor alle cultivars in alle behandelingen aan 50 takken (10 samples van 5 takken). De totale biomassa productie geeft een indruk van de productie-efficiëntie van het gewas.
- Er zijn meermaals grondmonsters genomen voor analyse van de bodem-EC in de drie proefkassen. Per meetmoment zijn 40 grondmonsters genomen per proefkas, welke zijn geanalyseerd door Eurofins.

2.4 Modelanalyse

Er zijn uitgebreide modelberekeningen uitgevoerd naar de energiebesparingsmogelijkheden in een moderne lisianthus kas door Ecocurves en Photosyntax met behulp van een 'virtuele kas'. De uitkomsten van deze modelmatige berekeningen worden verder toegelicht in hoofdstuk 4. Dit betreft enkel de hoofdpunten uit de modelstudie, de gehele rapportage is te vinden in Rappoldt *et al.*, 2022.

3 Resultaten

3.1 Teeltronde 1

De eerste teeltronde vond plaats in het najaar van 2021, week 39-47. In de beginperiode van deze teelt was er nog een aanzienlijk aandeel natuurlijk daglicht (Figuur 4). Het gewas ervaarde een 'zware' groei en groeide vergelijkbaar uit in de drie belichtingsbehandelingen (Figuur 5).



Figuur 5. Impressie van het gewas, teeltbed Rosita III Pure White, na 43 dagen (± 6 weken) teelt. De praktijkreferentie (Hybride (SON-t|LED)) staat op de linker foto weergegeven, op de rechter foto staat de Full-LED afdeling. De derde behandeling, hybride (LED|SON-t), was in eenzelfde stadium.

Aan het einde van iedere teeltronde zijn detailmetingen verricht aan takken uit een representatieve subplot. Deze takken werden geoogst en geteld wanneer deze tussen de 4 à 5 open bloemen hadden. De teeltduur was nagenoeg even lang voor de drie belichtingsbehandeling (Tabel 3). Starten met LED (hybride (LED|SON-t)), of zelfs de hele teelt enkel met LED belichten (Full-LED) heeft dus geen negatief effect op de ontwikkelings-snelheid van lisianthus. Dit komt overeen met eerdere resultaten uit Boogaart *et al.*, 2022, namelijk zolang er verrood aanwezig is in het spectrum wordt teeltvertraging voorkomen.

Ook het takgewicht, welke correleert met het aantal bloemknoppen en zijtakken, varieert niet of nauwelijks tussen de verschillende belichtingsbehandelingen. Gegeven dat zowel de teeltduur als het takgewicht niet verschillen tussen de belichtingsbehandelingen geldt dat ook de productie-efficiëntie (versgewicht per ontvangen mol PAR) niet varieert.

De gemiddelde taklengte bleef in een groot deel van de behandelingen wel achter op wat in de praktijk wordt gerealiseerd, ondanks de Berelex toepassing. De gewenste minimale lengte bedraagt namelijk 72 centimeter. Opvallend hierbij is dat vooral in Rosita III Pink Imp. langer is in de Hybride (LED|SON-t) dan de Hybride (SON-t|LED) en Full-LED behandelingen.

Tabel 3. Resultaten van de drie belichtingsbehandelingen in de eerste teeltronde (week 39-47) bij de vier getoetste cultivars.

Parameter	Eenheid	Rosita III Blue			Rosita III Pink Imp.		
		Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED	Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED
Teeltduur	[d]	58	58	58	56	57	57
Open bloemen	[#]	5.2	4.3	5.1	5.3	4.9	4.6
Bloemknoppen	[#]	14.0	15.6	14.4	10.9	10.8	11.6
Zijtakken	[#]	3.1	3.3	3.0	3.7	3.6	3.9
Taklengte	[cm]	71	75	71	72	82	73
Takgewicht	[g]	92	98	92	87	96	91
Productie	[g/mol]	6.4	6.8	6.4	6.2	6.8	6.4
Takgewicht (72cm)	[g]	96	93	98	85	82	87
n=x	[#]	157	167	160	172	156	160
Parameter	Eenheid	Rosita III Pure White			Excalibur III Hot Lips		
		Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED	Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED
Teeltduur	[d]	55	57	56	56	55	54
Open bloemen	[#]	5.4	4.2	4.5	4.6	5.6	4.7
Bloemknoppen	[#]	13.0	11.9	12.7	10.7	10.2	11.2
Zijtakken	[#]	3.5	3.3	3.4	2.7	4.0	3.4
Taklengte	[cm]	75	84	78	74	73	75
Takgewicht	[g]	87	91	89	69	68	69
Productie	[g/mol]	6.3	6.4	6.4	5.0	5.0	5.2
Takgewicht (72cm)	[g]	81	78	80	66	66	65
n=x	[#]	171	163	162	166	156	165

3.2 Teeltronde 2

De tweede teeltronde vond plaats in de winter van 2021-2022, week 51-08. In deze periode is het gros van het ontvangen licht afkomstig van de belichting, dus zouden de potentiële effecten van de belichting het sterkst moeten zijn. Daarom zijn juist in deze teeltronde ook aanvullende metingen uitgevoerd, namelijk fotosynthese metingen en een vaasleven toetsing. De takken in deze teeltronde zijn geoogst en geteld wanneer deze tussen de 3 à 4 open bloemen hadden.

Wederom komt er in deze teeltronde naar voren dat de teeltduur nauwelijks varieert tussen de belichtingsbehandelingen (Tabel 4), de teelt in de full-LED behandeling is zelfs iets sneller. Dit kleine verschil in teeltduur valt ook terug te zien in de grafieken van de oogstspreading (Figuur 7), de spreading van de oogst blijft wel hetzelfde voor de drie behandelingen. De ontwikkeling is dus niet ongelijkmatiger onder LED-belichting vergeleken met de belichting zoals deze in de praktijk het meest wordt toegepast, namelijk hybride (SON-t|LED). Idealiter wordt de oogstspreading zo veel mogelijk gereduceerd, zodat er minder frequent geoogst hoeft te worden.

De taklengte en het takgewicht, en de hieraan gelieerde parameters, verschilden in sommige behandelingen wel sterk in de tweede teeltronde. De Rosita III Pink Imp. en Rosita III Pure White in de Hybride (LED|SON-t) hadden een hoger versgewicht ten opzichte van dezelfde cultivars in de Hybride (SON-t|LED) en Full-LED behandelingen. In deze twee behandelingen kwamen namelijk vaak slappe takken voor, deze bladeren kwamen tijdens het hydrateren ook niet terug op spanning. Dit verklaart het verschil in versgewicht. Daarnaast waren met name de bloemtakken uit de hybride (SON-t|LED) behandeling beduidend korter.

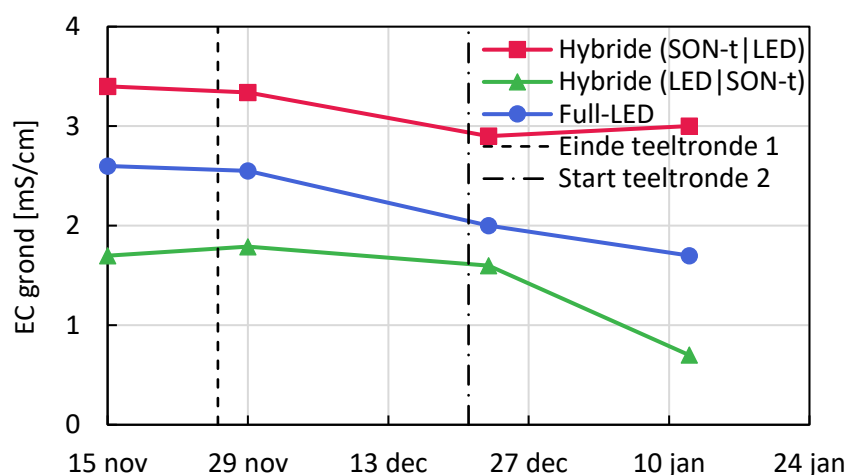
Deze verschillen in taklengte en takgewicht zijn waarschijnlijk niet te verklaren als een effect van de belichtingsbehandelingen. De klimaatcondities waren wel vergelijkbaar tussen de behandelingen. Deze verschillen zijn waarschijnlijk (deels) te verklaren door het verschil in grond-EC en een ongelijkmatige drainage tussen de proefkassen. In de laatste fase van de eerste teeltronde werd duidelijk dat de EC in de grond tussen de drie belichtingsbehandelingen sterk van elkaar verschilde (Figuur 6). Of deze hoge EC per se nadelig is, was toen nog niet volledig duidelijk. Wel is het zo dat in de praktijk grondmonsters normaliter slechts een EC van rond de 1 hebben. Omwille van het feit dat de grond-EC in de proefkassen hoger is dan in de praktijk, is de grond tussen de eerste en tweede teeltronde uitgebreid 'doorgespoeld' met hemelwater om de grond EC-te reduceren. Het doorspoelen van de grond had uiteindelijk maar een marginaal effect op de grond-EC waardes. Opvallend is dat het gemiddelde takgewicht in de kas met de laagste en meest praktijkconforme EC (LED|SON-t) voor alle drie de Rosita cultivars hoog was met ruim 100 gram per tak.

Om te toetsen of de belichting of de grond-EC de meest bepalende factor was in de geconstateerde verschillen, is ervoor gekozen om in de derde teeltronde de belichting in de kas met de hybride (SON-t|LED) behandeling (met de hoogste grond-EC) aan te passen en gelijk te maken aan die van de hybride (LED|SON-t) behandeling (met de laagste grond-EC).

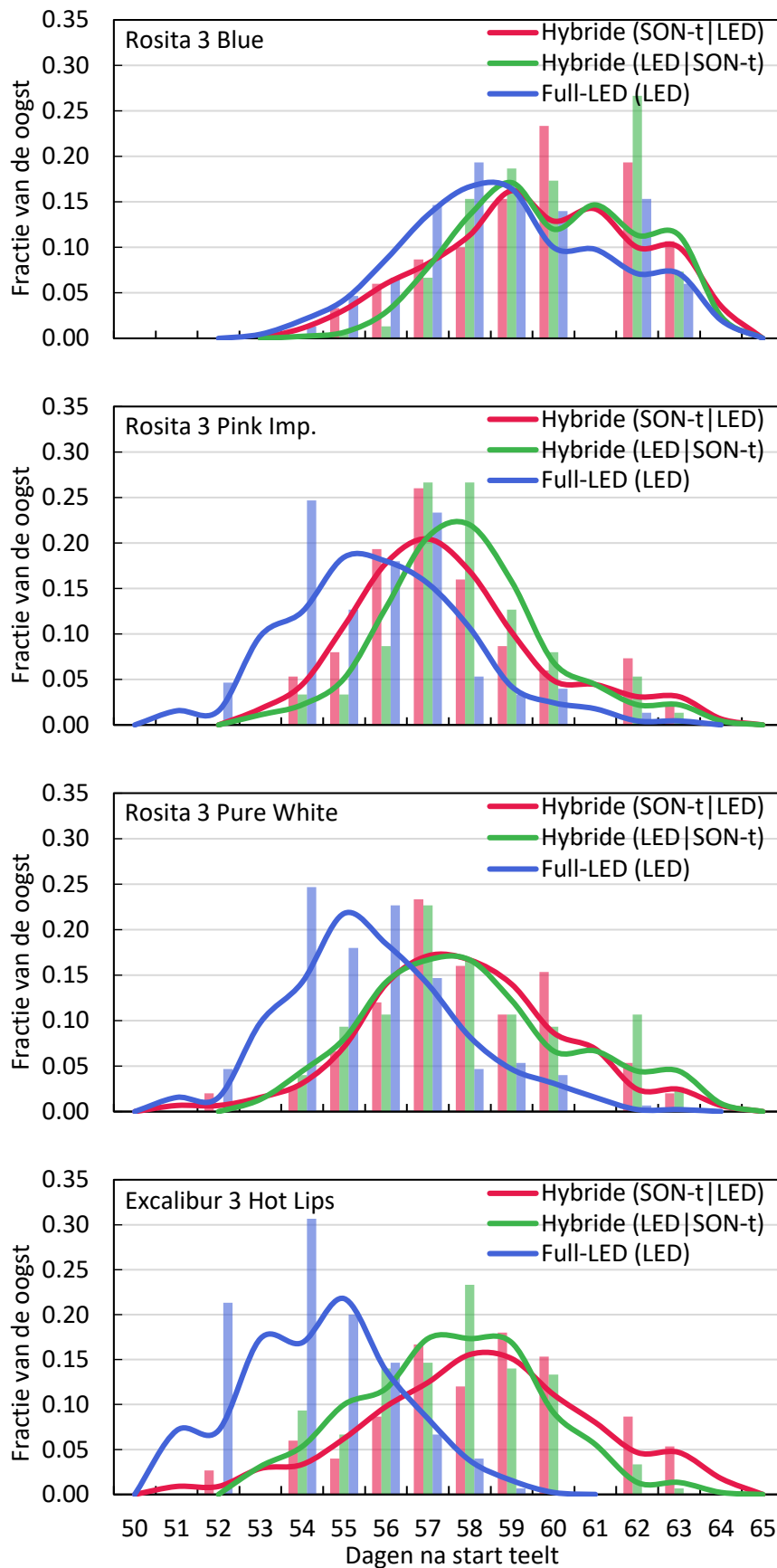
Tabel 4. Resultaten van de drie belichtingsbehandelingen in de tweede teeltronde (week 51-8) bij de vier getoetste cultivars. *Het drooggewicht is vastgesteld van 50 takken per behandeling.

Parameter	Eenheid	Rosita III Blue			Rosita III Pink Imp.		
		Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED	Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED
Teeltduur	[d]	60	60	59	57	58	56
Open bloemen	[#]	3.6	3.9	3.7	3.7	3.9	4.0
Bloemknoppen	[#]	15.5	16.6	16.7	11.9	13.3	12.8
Zijtakken	[#]	4.6	4.9	4.6	4.2	4.4	3.7
Taklengte	[cm]	71	76	81	73	82	78
Takgewicht	[g]	104	105	104	92	108	84
Productie	[g/mol]	7.2	7.2	7.3	6.6	7.7	6.3
Takgewicht (72cm)	[g]	99	103	96	89	99	80
Drooggewicht*	[%]	13.9%	13.8%	13.7%	14.0%	13.8%	14.7%
n=x	[#]	145	141	147	148	144	146

Parameter	Eenheid	Rosita III Pure White			Excalibur III Hot Lips		
		Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED	Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED
Teeltduur	[d]	58	58	56	58	58	54
Open bloemen	[#]	3.9	3.8	3.9	3.7	3.7	3.7
Bloemknoppen	[#]	13.8	16.4	16.8	11.8	12.8	13.0
Zijtakken	[#]	4.1	4.5	3.7	3.6	3.4	3.1
Taklengte	[cm]	71	82	79	69	80	81
Takgewicht	[g]	85	105	88	75	78	75
Productie	[g/mol]	6.1	7.5	6.7	5.4	5.6	5.8
Takgewicht (72cm)	[g]	87	96	85	75	72	71
Drooggewicht*	[%]	15.4%	15.0%	15.3%	16.5%	15.8%	15.7%
n=x	[#]	144	145	149	146	149	148



Figuur 6. EC van de grond over de tijd. In de periode tussen de eerste en de tweede teeltronde is de grond 'doorgespoeld' met hemelwater.



Figuur 7. Oogstspreading van de takken uit de 'detail' veldjes. Ieder figuur geeft de oogstspreading van een van de vier getoetste cultivars weer.

3.3 Teeltronde 3

De derde teeltronde vond plaats in week 09-18 van 2022. Gegeven het feit dat het zonlicht in deze periode een grotere rol speelt, is ervoor gekozen om het kasdak te krijten met ReduSol, om zo het zonlicht in de kas te reduceren. Daarnaast is in deze teeltronde de afdeling hybride start met SON-t gelijkgesteld aan hybride start met LED (zie hoofdstuk 2.2 en 3.2 voor verdere toelichting). De takken in deze teeltronde zijn geoogst en geteld wanneer deze tussen de 3 à 4 open bloemen hadden.

Ook in deze teeltronde komt weer naar voren dat teeltduur niet wordt beïnvloed door de belichtingsbehandelingen. Full-LED leidt niet tot een langere teeltduur dan hybride. De algehele takkwaliteit was in deze proefronde niet goed. Het gewas had moeite om voldoende te strekken en bleef sterk achter in takgewicht. Waarschijnlijk zijn deze problemen gerelateerd aan grondkwaliteit en/of de watergift. Wel kan worden vastgesteld dat de belichting niet de primaire oorzaak is van het achterblijven van de lengte en het gewicht in de kas hybride (SON-t|LED) in teeltronde 2. Immers, in dezelfde proefkas is de belichting voor teeltronde 3 gelijk gemaakt aan behandeling hybride (LED|SON-t). Ondanks dat de belichting nu dus gelijk was in die twee proefkassen, blijven taklengte en takgewicht achter in de voormalige hybride (SON-t|LED) kas vergeleken met de originele hybride (LED|SON-t) kas. Daarom is het niet mogelijk om verder conclusies over belichtingseffecten uit deze proefronde te trekken.

Tabel 5. Resultaten van de drie belichtingsbehandelingen in de derde teeltronde (week 09-18) bij de vier getoetste cultivars. *In de derde teeltronde is de afdeling hybride start met SON-t gelijkgesteld aan hybride starten met LED, zie hoofdstuk 2.2 en 3.2 voor verdere toelichting. Takken bleven erg kort en licht tijdens deze teeltronde.

Parameter	Eenheid	Rosita III Blue			Rosita III Pink Imp.		
		*Hybride LED SON-t	Hybride LED SON-t	Full-LED	*Hybride LED SON-t	Hybride LED SON-t	Full-LED
Teeltduur	[d]	58	56	58	59	55	55
Open bloemen	[#]	3.1	3.7	3.4	2.7	3.6	3.6
Bloemknoppen	[#]	6.2	10.6	8.4	5.4	10.3	8.7
Taklengte	[cm]	59	64	68	62	73	76
Takgewicht	[g]	57	63	62	51	62	63
Productie	[g/mol]	3.8	4.3	4.2	3.4	4.4	4.4
Takgewicht (72cm)	[g]		74	78	70	60	60
n=x	[#]	100	98	107	99	103	104
Parameter	Eenheid	Rosita III Pure White			Excalibur III Hot Lips		
		*Hybride LED SON-t	Hybride LED SON-t	Full-LED	*Hybride LED SON-t	Hybride LED SON-t	Full-LED
Teeltduur	[d]	59	56	55	56	55	54
Open bloemen	[#]	2.7	3.8	3.5	3.3	3.6	3.5
Bloemknoppen	[#]	8.3	12.5	7.6	6.4	9.7	10.4
Taklengte	[cm]	61	77	70	68	79	77
Takgewicht	[g]	43	66	50	42	53	53
Productie	[g/mol]	2.9	4.6	3.6	2.9	3.8	3.8
Takgewicht (72cm)	[g]		60	54	46	49	50
n=x	[#]	102	81	95	95	100	107

3.4 Vaasleven

Bij de oogst van de tweede teeltronde zijn er van alle behandelingen en cultivars 40 bloemtakken naar Royal FloraHolland gebracht voor uitbloeiproeven, waarvan de helft op snijbloemenvoedsel (Tabel 5) is uitgebloeid en de andere helft op water (Tabel 6). Bij de uitbloeiproeven op snijbloemenvoedsel is het grootste deel van alle bloemknoppen tot bloei gekomen, bij de uitbloeï op water is dit aanzienlijk minder. Dit hangt ook sterk samen met het vaasleven, dat is namelijk fors korter op water.

Het vaasleven tussen de verschillende belichtingsbehandelingen was over het algemeen vrij vergelijkbaar, met enkele uitzonderingen. Het vaasleven van Excalibur III Hot Lips geteeld onder full-LED was op snijbloemenvoedsel aanzienlijk korter vergeleken met de hybride behandelingen, maar het vaasleven van Rosita III Pink Imp. en Rosita III Pure White geteeld onder full-LED was bij uitbloeï op water weer aanzienlijk langer. De redenen van afschrijving zijn vrij vergelijkbaar tussen de belichtingsbehandelingen.

3.5 Fotosynthese

Tijdens de tweede teeltronde is eind januari fotosynthese gemeten, dus tijdens de periode met de minste natuurlijke instraling. Dit om inzicht te verkrijgen in mogelijke verschillen in de bladfotosynthese van verschillende cultivars geteeld onder hybride en full-LED belichting. Er zijn ‘screeningsmetingen’ uitgevoerd. Dit zijn kortstondige metingen bij, in dit geval, slechts één lichtintensiteit, waarbij de focus ligt op zoveel mogelijk bladeren meten. Deze metingen zijn verricht bij een bladtemperatuur van 28°C, 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR en 800 ppm CO₂.

Uit de resultaten blijkt dat de netto CO₂-opname van de topbladeren zeer vergelijkbaar is tussen de Hybride (SON-t|LED) en Full-LED. Een CO₂-opname van 14 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ bij 400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR en 800 ppm CO₂ is in lijn met eerdere metingen aan lisianthus (Boogaart *et al.*, 2020). Deze netto CO₂-opname is ten opzichte van de meeste andere kasgewassen relatief laag, maar dit komt voornamelijk door de hoge onderhoudsademhaling bij de hoge temperatuur waarbij lisianthus wordt geteeld, namelijk 27°C etmaal.

Rosita III Blue had een iets hogere netto CO₂-opname dan Rosita III Pure White en Excalibur III Hot Lips, omdat deze niet zo sterk beperkt werd in de huidmondjesgeleiding. De bladeren in de hybride (SON-t|LED) behandeling hadden een lagere huidmondjesgeleiding dan in de Full-LED behandeling. Mogelijk is dit te correleren aan de hogere EC-waardes van de grond in die proefkas (zie hoofdstuk 3.2), waardoor de verdamping wordt belemmerd. De gemeten huidmondjesgeleiding voor waterdamp van rond de 0.15 mol/m²/s bij de bovenste bladeren is in overeenstemming met eerdere metingen aan lisianthus (Boogaart *et al.*, 2020). De variatie van huidmondjesgeleiding tussen verschillende bladeren was groot, variërend van geen enkele huidmondjes gerelateerde beperking tot een zeer lage huidmondjesgeleiding (<0.04 mol/m²/s) waardoor de netto CO₂-opname gehalveerd werd. Dit is een aandachtspunt, want dit kost productie.

Tabel 6. Uitkomsten van de vaasleven toetsing waarbij de takken in snijbloemenvoedsel stonden. Uitbloei, slappe bloemstelen, slapen bladeren, verwelkt en overig zijn allen categorieën van afschrijving, deze zijn uitgedrukt als percentage van de totale hoeveelheid afgeschreven bloemtakken.

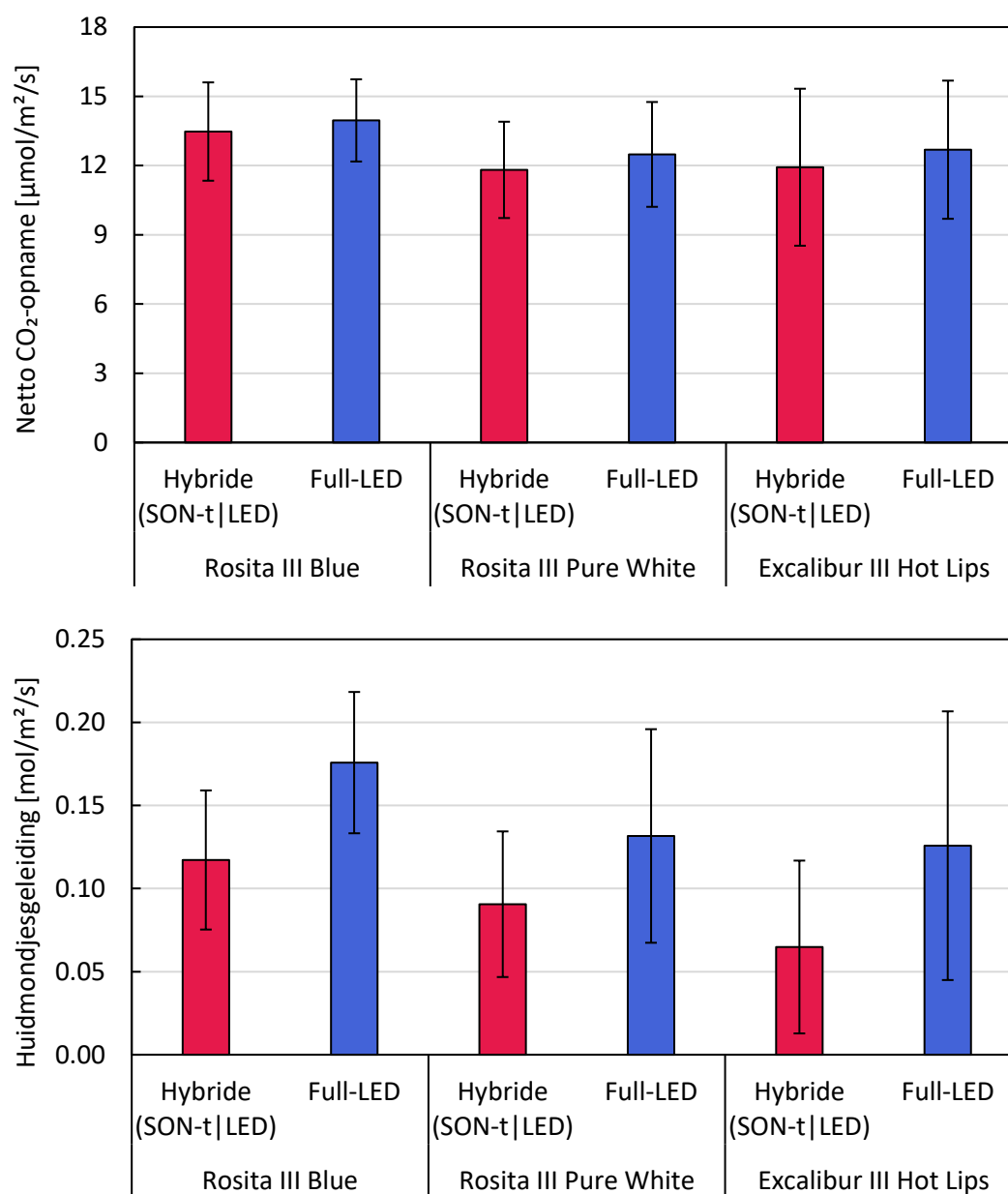
Uitbloei snijbloemenvoedsel		Rosita III Blue			Rosita III Pink Imp.		
Parameter	Eenheid	Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED	Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED
Open gekomen bloemknoppen	[%]	88	93	90	96	98	97
Vaasleven	[d]	14.3	15.9	12.7	18.1	20.1	19.7
Uitbloei	[%]	25	45	45	30	55	70
Slappe bloemsteel	[%]	45	55	50	50	40	5
Slappe bladeren	[%]	30	0	5	10	0	15
Verwelkt	[%]	0	0	0	10	0	0
Overig	[%]	0	0	0	0	5	10

		Rosita III Pure White			Excalibur III Hot Lips		
Parameter	Eenheid	Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED	Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED
Open gekomen bloemknoppen	[%]	98	93	91	94	96	89
Vaasleven	[d]	18.8	17.2	18.2	17.5	18.1	12.6
Uitbloei	[%]	35	45	30	70	40	39
Slappe bloemsteel	[%]	55	15	55	30	55	39
Slappe bladeren	[%]	10	30	15	0	5	22
Verwelkt	[%]	0	0	0	0	0	0
Overig	[%]	0	10	0	0	0	0

Tabel 7. Uitkomsten van de vaasleven toetsing waarbij de takken in water stonden.

Uitbloei water		Rosita III Blue			Rosita III Pink Imp.		
Parameter	Eenheid	Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED	Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED
Open gekomen bloemknoppen	[%]	72	72	71	59	62	83
Vaasleven	[d]	9.4	9.4	7.6	7.3	7.3	10.1
Uitbloei	[%]	15	5	10	0	0	15
Slappe bloemsteel	[%]	50	45	45	58	60	20
Slappe bladeren	[%]	30	50	30	16	35	65
Verwelkt	[%]	5	0	15	26	5	0
Overig	[%]	0	0	0	0	0	0

		Rosita III Pure White			Excalibur III Hot Lips		
Parameter	Eenheid	Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED	Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED
Open gekomen bloemknoppen	[%]	77	69	81	70	62	64
Vaasleven	[d]	8.6	7.3	10.3	7.8	7.2	6.3
Uitbloei	[%]	10	0	15	0	0	20
Slappe bloemsteel	[%]	5	25	50	35	55	80
Slappe bladeren	[%]	75	65	35	20	40	0
Verwelkt	[%]	10	10	0	45	5	0
Overig	[%]	0	0	0	0	0	0



Figuur 8. Netto CO₂-opname (bovenste figuur) en huidmondjesgeleiding (onderste figuur) van Rosita III Blue, Rosita III Pure White en Excalibur III Hot Lips in de Hybride (SON-t|LED) en Full-LED behandelingen tijdens de tweede teeltronde, eind januari 2022. Metingen zijn verricht bij een bladtemperatuur van 28°C, 400 μmol/m²/s PAR en 800 ppm CO₂. n=20-30, de errorbars geven de standaard deviatie aan.

4 Modelstudie naar energiebesparing

Naast de metingen aan het gewas is er een modelstudie uitgevoerd naar de mogelijkheden voor energiebesparing in de lisianthusteelt. In deze modelstudie gaat de aandacht uit naar de veranderingen in het elektra- en warmtegebruik bij het overstappen van SON-t belichting naar o.a. full-LED, al dan niet in combinatie met een aantal energiebesparende maatregelen. Dit hoofdstuk bevat enkel de hoofdpunten uit de modelstudie, de gehele rapportage is te vinden in Rappoldt *et al.*, 2022.

De modelstudie is uitgevoerd door EcoCurves en Photosyntax met behulp van ‘de virtuele kas’. Dat is een computerprogramma dat een kas simuleert, welke is gebaseerd op de kasconfiguratie van een modern lisianthusbedrijf en waarin gerekend wordt met in eerdere onderzoeken gemeten fotosynthese-parameters van lisianthus. Ter controle zijn het berekende klimaat in de simulaties en het gerealiseerde klimaat in de echte moderne lisianthuskas vergeleken. Vervolgens kan de virtuele kasinrichting worden aangepast en kunnen de consequenties daarvan voor het klimaat en het energiegebruik worden berekend. Door gebruik te maken van deze virtuele kas kan er snel inzicht vergaard worden in de orde van grootte van het effect van verschillende energiebesparende mogelijkheden.

4.1 Resultaten modelstudie

Het vervangen van SON-t belichting door LED-belichting leidt ertoe dat de lampen minder warmte in de kas brengen. Bij een gelijkblijvend PAR-niveau leidt dat tot een besparing aan elektra van ± 12 kWh per m² per week, wat gelijk staat aan 43.2 MJ/m²/week aan energie. De extra warmtebehoefte bij LED is 23.2 MJ/m²/week. De extra warmtebehoefte bij LED is dus ongeveer de helft van de bespaarde elektrische energie (Tabel 8). De teelt heeft dus minder totale energie input. Dit komt omdat het gewas onder full-LED minder verdampt, en dus minder vocht (latente warmte) naar buiten afgevoerd hoeft te worden.

Tabel 8. Gemiddeld verbruik van elektra en warmte per week, plus behaalde gemiddelde etmaaltemperatuur, vochtdeficiet en verdamping per dag in een gemiddelde maand januari, berekend met de virtuele kas. Bron: Rappoldt *et al.* 2022.

Scenario	Elektra kWh/m ² /w	Warmte MJ/m ² /w	Etmaaltemp. °C	Vochtdeficiet g/m ³	Verdamping kg/m ² /d
400 µmol SON-t	25.3	58.6 ± 2.5	29.0	6.1	3.8
400 µmol Hybride (50/50)	19.4	69.6 ± 2.4	29.0	6.2	3.5
400 µmol LED	13.4	81.8 ± 2.6	29.0	6.4	3.3
525 µmol LED	17.5	72.4 ± 2.5	29.0	6.3	3.4

De extra benodigde warmtebehoefte bij full-LED kan een probleem zijn bij het handhaven van de hoge teelttemperatuur op koude winterdagen (data niet weergegeven, zie Rappoldt *et al.*, 2022). Door middel van energiebesparende maatregelen kan daarvoor echter gecompenseerd worden (Tabel 9). Een iets lager vochtdeficiet is vermoedelijk geen probleem bij de relatief hoge teelttemperatuur. Dat bespaart op de verdamping en dus op de warmtebehoefte. Dit valt

te realiseren door pas te ventileren wanneer het vochtdeficiet onder de 4 g/m³ komt (D4 in Tabel 9) in plaats van 6 g/m³ in de referentie. Te denken valt verder aan een extra energiescherm (En2) en een halvering van het lekgetal van de kas (L). In het gunstigste geval kan daarmee de extra warmtebehoefte bij LED-belichting omgezet worden in een vermindering van de warmtebehoefte met bijna 15% ten opzichte van de uitgangssituatie met SON-t belichting, in combinatie dus met een besparing op elektra van bijna 50% door de overstap op LED.

Het gebruik van een LBK (luchtbehandelingskast) met een warmtepomp kan de warmtebehoefte verder reduceren doordat er bijna geen ventilatie meer nodig is en de verdampingswarmte wordt teruggewonnen. Simulaties met een LBK en een wat lagere teelttemperatuur (T26.5 en T24) laten zien dat de warmte die door de LED lampen in de kas wordt gebracht dan bijna voldoende is om de kas op temperatuur te houden.

Dat betekent dat een "lisianthuskas zonder gas" niet onmogelijk lijkt. Of al deze besparingsmogelijkheden haalbaar zijn zal uit toekomstige proeven en metingen moeten blijken.

Tabel 9. Gemiddeld verbruik van elektra en warmte per week, plus behaalde etmaaltemperatuur, vochtdeficiet en verdamping in een gemiddelde maand januari, berekend met de virtuele kas. Bron: Rappoldt et al. 2022.

Scenario	Elektra kWh/m ² /w	Warmte MJ/m ² /w	Etmaaltemp. °C	Vochtdeficiet g/m ³	Verdamping kg/m ² /d
LED	13.4	81.8 ± 2.6	29.0	6.4	3.3
LED En2	13.4	77.5 ± 2.4	29.0	6.3	3.3
LED L	13.4	75.2 ± 2.2	29.0	6.0	3.1
LED D4	13.4	72.1 ± 4.1	29.0	5.8	3.0
LED En2 + L + D4	13.4	49.7 ± 2.9	29.0	4.6	2.5
LED T26.5	13.4	73.8 ± 2.6	26.5	5.3	3.0
LED T24	13.4	69.0 ± 2.6	24.0	4.5	2.8
LED LBK	14.1	52.8 ± 4.5	29.0	6.1	2.9
LED LBK + En2 + L + D4 + T24	14.3	8.1 ± 2.0	25.1	3.9	1.9

5 Conclusies

Eerder is in klimaatcellen al aangetoond dat lisianthus zonder teeltvertraging onder LED geteeld kan worden. Een belangrijke conclusie uit dat onderzoek was dat een aandeel verrood licht aanwezig dient te zijn in het aangeboden spectrum om teeltvertraging te voorkomen (Boogaart *et al.*, 2022). Het hoofddoel van de hier gerapporteerde kasproeven is om aan te tonen of lisianthus ook succesvol onder LED geteeld kan worden in een kassituatie. Duidelijk is geworden dat ook in een kassituatie prima lisianthus onder (full) LED geteeld kan worden.

Uit de teeltrondes is gebleken dat starten met enkel LED tijdens de eerste teeltweken, Hybride (LED|SON-t), of zelfs gedurende de hele teelt volledig LED, geen negatieve effecten heeft op de teeltsnelheid, ontwikkeling en houdbaarheid. Ook de fotosynthese functioneerde naar verwachting bij de planten geteeld onder full-LED, waarbij de huidmondjesgeleiding zelfs iets hoger was dan in de Hybride (SON-t|LED) behandeling.

Enkel de taklengte en het takgewicht varieerde wat tussen de belichtingsbehandelingen. Echter, door grote verschillen in grond-EC en waterhuishouding tussen de verschillende proefkassen is een zuiver vergelijk van taklengte en takgewicht tussen de belichtingsbehandelingen niet goed mogelijk. Wat niet wegneemt dat de conclusie blijft staan dat in een kas in de winter onder full-LED belichting een goede lisianthus te telen is.

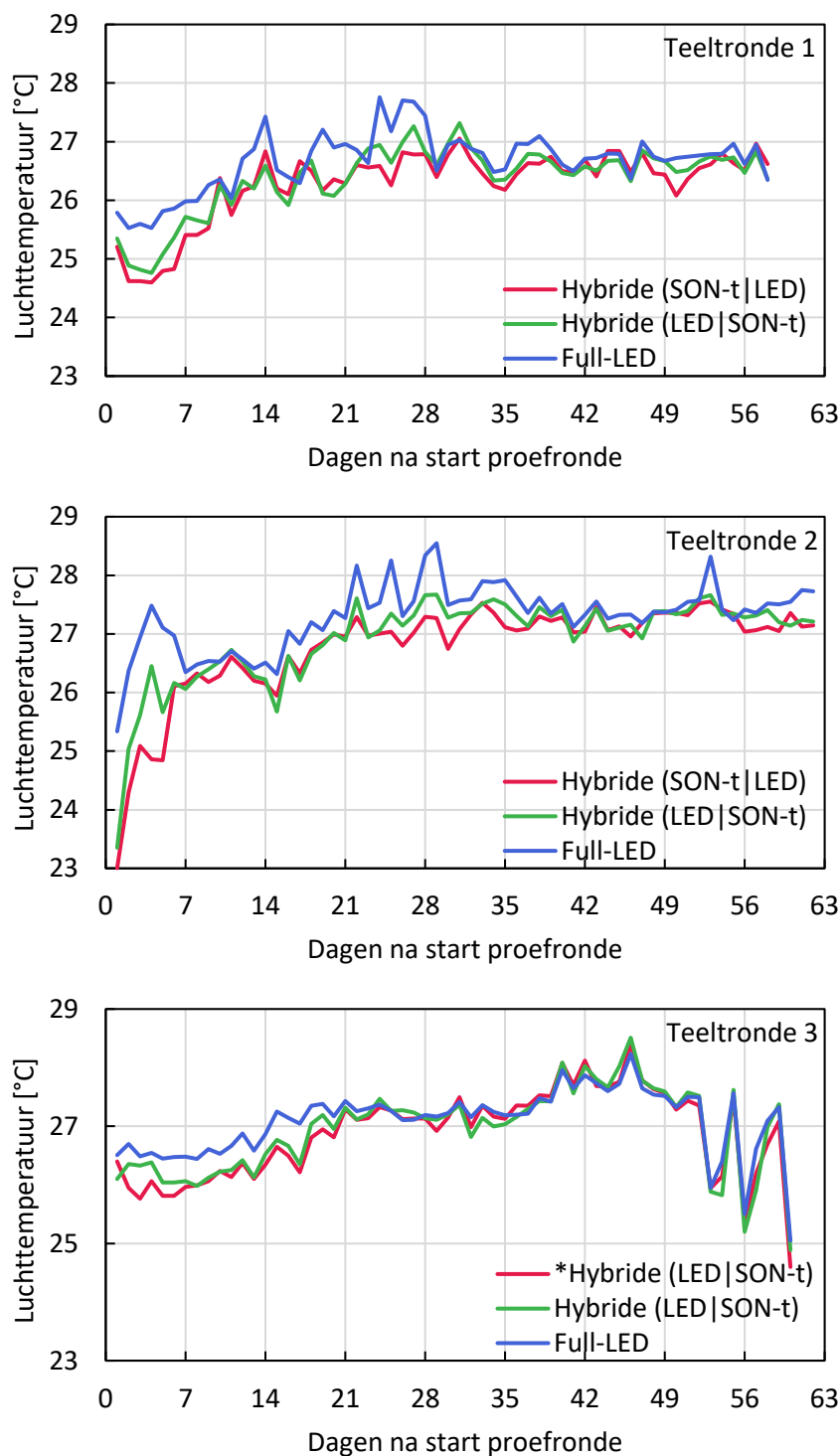
Uit de modelstudie is gebleken dat wanneer van SON-t naar een gelijk PAR-niveau LED wordt overgestapt, wat een besparing van 50% op elektra oplevert, dit leidt tot een extra warmtebehoefte van ongeveer de helft van de bespaarde elektrische energie. LED-belichting gecombineerd met een lager vochtdeficiet toelaten, een extra energiescherm, beter isoleren, actief ontvochtigen en een lagere teelttemperatuur (24°C) zou de warmtevraag in januari zelfs kunnen verlagen tot maar 32 MJ/m² (±1 m³ gas). Dat betekent dat een “lisianthuskas zonder gas” niet onmogelijk lijkt, hoewel een succesvolle teelt met de genoemde warmtebesparende maatregelen zich nog wel zal moeten bewijzen.

Nu duidelijk is dat onder full-LED in principe goed lisianthus geteeld kan worden, kan de teeltstrategie verder worden aangescherpt. LED-belichting biedt namelijk meer mogelijkheden om te sturen op bloeisturing, daarnaast maakt LED het ook mogelijk om in de zomermaanden een lagere etmaaltemperatuur aan te houden. Om de mogelijkheden hiervan te onderzoeken worden er in het winterseizoen '22/'23 in klimaatcellen van Plant Lighting proeven uitgevoerd met aandacht voor de fotoperiode, teelttemperatuur en genetica.

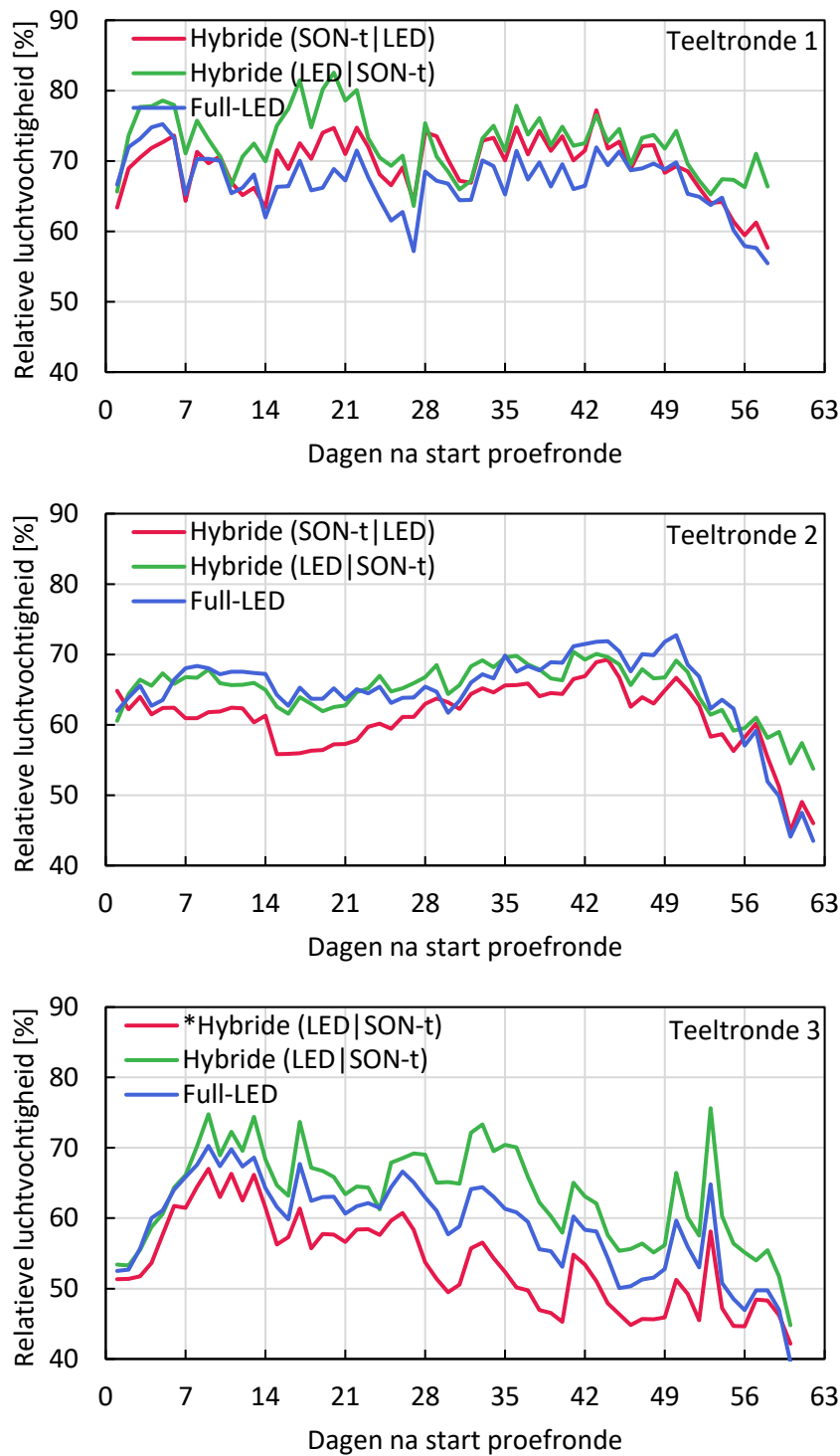
Referenties

- Rappoldt C, Schapendonk AHCM, Hogewoning SW en van den Boogaart SAJ.** 2022. Berekeningen met een virtuele Lisianthus kas; Verkenning van mogelijkheden voor energiebesparing. EcoCurves, Haren. 108p.
- van den Boogaart SAJ, Hogewoning SW en Trouwborst G.** 2020. Kansen voor energiebesparing in de Lisianthusteelt. Plant Lighting B.V., Bunnik. 44p.
- van den Boogaart SAJ, Hogewoning SW en Trouwborst G.** 2022. Lisianthus: effecten van lichtspectrum en straling. Deelrapport VII in project “Fundamentele kennisontwikkeling LED-belichting voor praktische toepassing in de kas” & WP1 in project “Lisianthus toekomstbestendig stap één: minder elektra met LED”. Plant Lighting B.V., Bunnik. 36p.

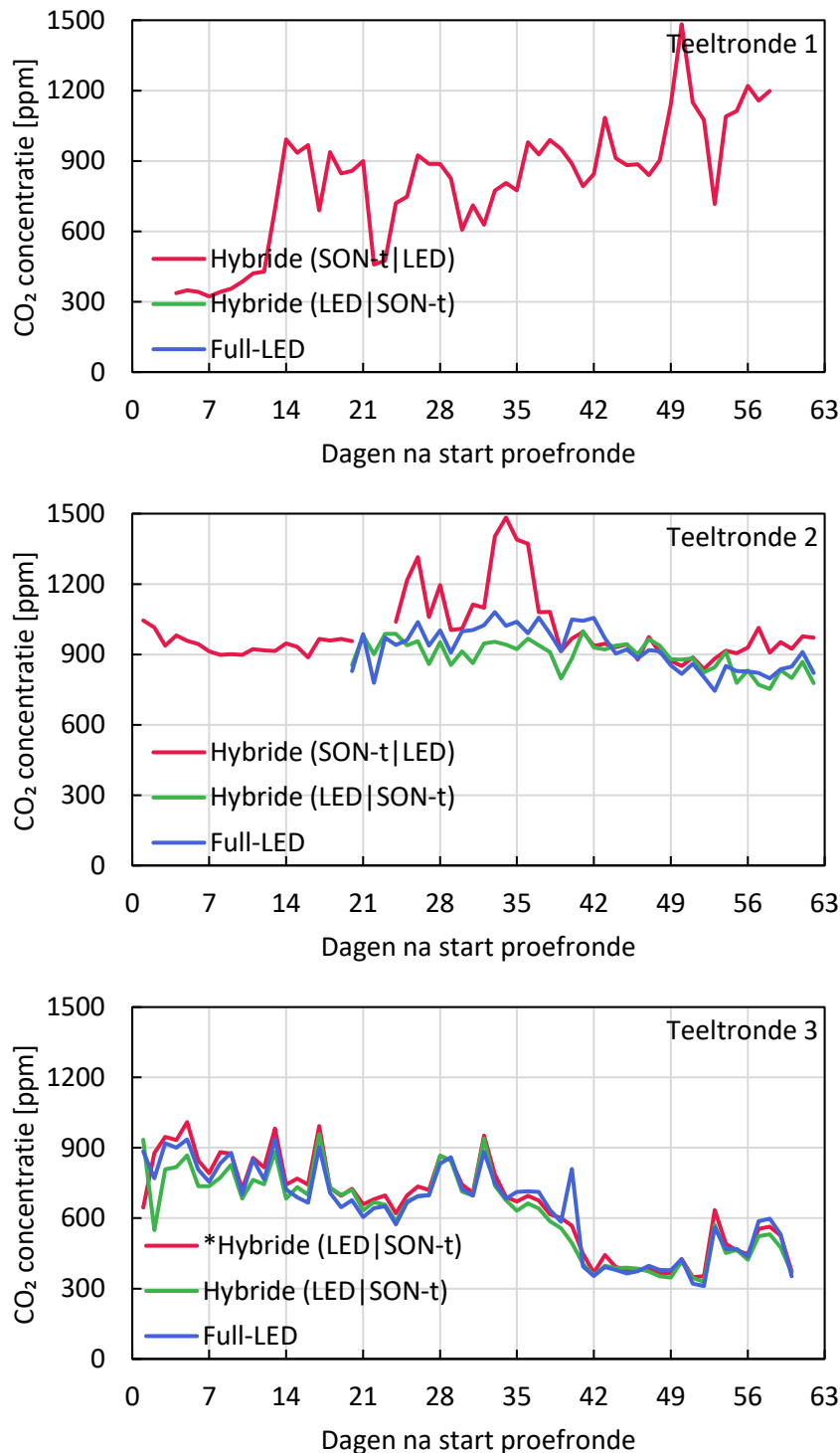
Bijlage I



Figuur 9. De luchttemperatuur (etmaalgemiddelden) tijdens de drie teeltrondes, per teeltronde (individuele grafieken) zijn de gegevens van de drie belichtingsbehandelingen weergegeven. *In de derde teeltronde is de afdeling hybride start met SON-t gelijkgesteld aan hybride starten met LED, zie hoofdstuk 2.2 en 3.2 voor verdere toelichting.



Figuur 10. De relatieve luchtvochtigheid (etmaalgemiddelden) tijdens de drie teeltrondes, per teeltronde (individuele grafieken) zijn de gegevens van de drie belichtingsbehandelingen weergegeven. *In de derde teeltronde is de afdeling hybride start met SON-t gelijkgesteld aan hybride starten met LED, zie hoofdstuk 2.2 en 3.2 voor verdere toelichting.



Figuur 11. De CO₂ concentratie tijdens de drie teeltrondes (gemiddelden per dag tijdens de fotoperiode), per teeltronde (individuele grafieken) zijn de gegevens van de drie belichtingsbehandelingen weergegeven. De gegevens van de hybride (LED|SON-t) en full-LED ontbreken voor de eerste paar maanden. *In de derde teeltronde is de afdeling hybride start met SON-t gelijkgesteld aan hybride starten met LED, zie hoofdstuk 2.2 en 3.2 voor verdere toelichting.

Bijlage II

Tabel 10. Resultaten van de drie belichtingsbehandelingen voor de drie teeltrondes. De waardes zijn weergegeven als gemiddelde van de vier cultivars. In teeltronde 3 zijn zijtakken niet meer gemeten, deze ontbraken bijna volledig door de extreem lichte takken. *Het drooggewichtpercentage is enkel in de tweede teeltronde vastgesteld, het drooggewicht is vastgesteld van 50 takken per behandeling. **In de derde teeltronde is de afdeling hybride start met SON-t gelijkgesteld aan hybride starten met LED, hoofdstuk 2.2 en 3.2 voor verdere toelichting.

		Teeltronde 1			Teeltronde 2		
Parameter	Eenheid	Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED	Hybride SON-t LED	Hybride LED SON-t	Full-LED
Teeltduur	[d]	56	56	56	58	58	56
Open bloemen	[#]	5.1	4.7	4.7	3.7	3.8	3.8
Bloemknoppen	[#]	12.1	12.2	12.5	13.2	14.7	14.8
Zijtakken	[#]	3.3	3.6	3.4	4.1	4.3	3.8
Taklengte	[cm]	73	78	74	71	80	80
Takgewicht	[g]	83	88	85	89	99	88
Productie	[g/mol]	6.0	6.3	6.1	6.3	7.0	6.5
Takgewicht (72cm)	[g]	81	80	80	89	92	83
*Drooggewicht	[%]				14.8%	14.5%	14.7%
n=x	[#]	666	642	647	583	579	590
		Teeltronde 3					
Parameter	Eenheid	**Hybride LED SON-t	Hybride LED SON-t	Full-LED			
Teeltduur	[d]	58	55	55			
Open bloemen	[#]	2.9	3.7	3.5			
Bloemknoppen	[#]	6.6	10.7	8.8			
Taklengte	[cm]	63	73	73			
Takgewicht	[g]	48	61	57			
Productie	[g/mol]	3.2	4.2	4.0			
Takgewicht (72cm)	[g]	50	56	57			
n=x	[#]	396	382	413			