

Eindrapportage

Decision Support Tool Energie



November 2021

Project gegevens

Project naam: Decision Support Tool Energie
Kenmerk: IPCTT17100
Opdrachtgever: Gewascoöperatie Gerbera, Kennis in je Kas
Opdrachtnemers: B-Mex
Gerbera Consult
Inno-Agro
Penvoerder: Tuinbouw Techniek Ontwikkeling (TTO)

Contactpersonen

B-Mex
Peter van Beveren
peter.vanbeveren@b-mex.nl
06-18139303

Floriconsult Group
Martin van der Mei
martin@floriconsultgroup.nl
06-22684792

Inno-Agro
Stefan Persoon
stefan@inno-agro.nl
06-47366020

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Probleemstelling fossiel vrij	3
1.1.1	Idee	3
1.2	Probleemstelling efficiënte inzet belichting.....	3
1.3	Doelstellingen	4
1.3.1	Technische doelstellingen	4
1.3.2	Energiedoelstellingen	4
1.4	Beoogd eindresultaat.....	4
2	Organisatie	4
2.1	B-Mex	4
2.2	Flori Consult Group	4
2.3	TTO en gewascoöperatie Gerbera	5
2.4	Inno-Agro	5
3	Werkwijze.....	5
3.1	Werking Gerberaweb.....	5
3.2	Aanpak.....	5
3.3	Aanpak.....	5
3.4	Fasering en planning	6
4	Resultaten deelproject 1	7
4.1	Huidige situatie Belichting	7
4.1.1	Belichtingsjaar 2020	7
4.1.2	Cumulatief.....	8
4.1.3	Productie en Efficiëntie	9
4.2	Optimalisatie	11
4.2.1	Optimalisatie Scenario's	11
5	Resultaten deelproject 2	12
5.1	LED module	12
5.2	Ontvochtigingsmodule	13
5.3	Scenario's	14
5.3.1	Scenario 1: LED in plaats van SON-T	14
5.3.2	Scenario 2: Niet belichten bij lage LBE	15
5.3.3	Scenario 3: Najaarsdip	16
6	Resultaten deelproject 3	17
7	Inpassing digital twin technologie	18
8	Discussie	18
8.1	Inzicht in huidige generatie belichtende bedrijven.....	18
8.2	Doorrekenen LED en ontvochtiging.....	19
9	Conclusie.....	19
10	Aanbevelingen	19
10.1	Project inhoudelijk.....	19
10.2	Strategisch.....	19
11	Publicaties	20

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling fossiel vrij

Er ligt voor de glastuinbouw een grote opgave om de CO₂-emissie te reduceren. In de Call van KaE wordt het onderzoek opgeroepen om de transitie in te zetten naar een rendabele, klimaat neutrale productiewijze. De ambities naar een fossiel-vrije teelt zijn groot en vergen niet alleen onderzoek, maar ook een transitie naar de gewenste situatie. Nieuwe wetenschappelijke kennis en nieuwe technologie zal niet worden toegepast wanneer een teler niet de juiste handvatten aangereikt krijgt. Het Nieuwe Telen heeft geleerd dat het klimaat regelen en telen op basis van respectievelijk natuurkundige en plant fysiologische principes tot forse energiebesparing leidt. Dat vergt echter ook inzicht in de vele variabelen en een 'rekenkundige' manier van werken.

1.1.1 *Idee*

B-Mex heeft in de afgelopen 6 jaar technologie (Groeimodellen) ontwikkeld om telers te helpen met het krijgen van een integraal overzicht en het nemen van beslissingen op basis daarvan. Feitelijk is er sprake van een Digital Twin: een model wordt gevoed met realtime gegevens vanuit een lopende teelt of onderzoek waardoor er sprake is van 'digitale tweeling'. Ervan uitgaande dat het model correct is, dan zal de digitale tweeling net zo reageren op omgevingsfactoren en dezelfde dynamiek vertonen als de fysieke werkelijkheid. Door met de Digital Twin alternatieve scenario's en management opties door te rekenen krijgt de teler inzicht in het beschikbare handelingsperspectief. Op die manier wordt generieke wetenschappelijke kennis dus vertaald naar actuele, bedrijfsspecifieke managementinformatie. Wanneer de criteria en randvoorwaarden voor optimaliteit bekend zijn dan kan de Digital Twin worden gebruikt om de optimale strategie te berekenen. Gezien de complexiteit van de wetenschappelijke kennis die ontwikkeld wordt in het onderzoek zou een Digital Twin een belangrijke rol kunnen vervullen in de uitrol van onderzoek. Dergelijke technologie wordt vaak met de nodige scepsis ontvangen, maar Gerbera teelt is het succesvol geïntroduceerd.

1.2 Probleemstelling efficiënte inzet belichting

Licht is een onmisbare productiefactor in de glastuinbouw. De vraag naar jaarrond hoogwaardige producten neemt toe en daarmee ook de toepassing van groeilicht. Telers zijn continu op zoek naar energiebesparing en toepassing van LED zal, ook in de gerberateelt, verder toenemen.

Belichting is voor ca. 80% verantwoordelijk voor het stroomverbruik in kassen en het gebruik ervan stijgt. In veel gevallen worden subjectieve (niet-feitelijke) keuzes gemaakt om de belichting aan of af te schakelen. Door de beperkte warmte-emissie van LED's ziet de teler zich vaak genoodzaakt extra warmte in te brengen via de buisrail of de groeibuis. Dit soort keuzes worden subjectief gemaakt omdat er te veel variabelen zijn voor een kweker om te overzien. Hierdoor wordt het lastig om een onderbouwde beslissing te maken. Het gevolg is over-simplificatie waardoor de teler te veel met een monofocale en te weinig met een multifocale bril naar de teelt kijkt, wat verspilling (van o.a. energie) en foute keuzes in de hand werkt.

In de gerberateelt speelt het vraagstuk of het wel alle momenten nodig is om te belichten. In de praktijk wordt in de maanden augustus t/m oktober en februari t/m mei ook belicht op dagen die op basis van natuurlijke instraling al een voldoende hoge PAR som hebben. Ook wordt er steeds vroeger in het najaar en later in het voorjaar belicht met 100% van de lampen in plaats van 50%. Dat het anders kan wordt aangetoond in de fossiel vrije kas waar gerbera een van de testgewassen is¹. Het is van groot belang om belichting optimaal in te zetten, dus om te weten hoe de plant met het licht omgaat. Op basis daarvan kan worden besloten wanneer de belichting het meest rendabel kan worden ingezet. Niet-rendabele belichting moet uiteraard worden vermeden. Door de koppeling met het Groeimodel worden niet alleen directe effecten op energieverbruik, maar ook langere termijn effecten (enkele maanden vooruit) op productie, kwaliteit en plantbalans inzichtelijk voor de teler. Dit inzicht is essentieel voor telers om de meest efficiënte beslissingen te kunnen en durven nemen.

Samengevat was het idee om voor het Groeimodel een licht- en energiemodule te ontwikkelen die de transitie naar 100% LED versnelt. Het groeimodel leent zicht niet alleen besparen op licht, maar ook op energiegebruik en schermgebruik zodat er meer feitelijk inzicht ontstaat om huidige situaties energie te besparen. Dit geldt zowel voor Gerbera als (later) voor andere gewassen.

¹ <https://www.kasalsenergiebron.nl/onderzoeken/20103-demos-fossielvrij/>

1.3 Doelstellingen

1.3.1 *Technische doelstellingen*

Doelstelling was om de DT technologie in te zetten om realtime de efficiëntie van de belichtingsstrategie en energie-doek inzichtelijk te maken en zo de elektriciteitsinput te minimaliseren. Het op te leveren resultaat: een tool die de teler realtime informatie en handvatten geeft om efficiënter met energie om te gaan terwijl betere teelt-omstandigheden worden gecreëerd.

De gerberateelt is hierbij de pilot; de bedoeling is dat de tool op termijn toepasbaar is voor meerdere gewassen. Op middellangere termijn helpt de tool om telers inzicht te geven in de effecten van LED-belichting en de efficiënte inzet daarvan. Op lange termijn zal de tool gebruikt worden voor de ambities van de fossiel vrij kas. Om laatst genoemde reden is ook informatie uitgewisseld met WUR m.b.t. de fossiel vrije kas.

1.3.2 *Energiedoelstellingen*

- Direct bijdrage aan energiedoelstellingen door minder branduren belichtende bedrijven;
 - Reductie kWh elektraconsumptie 7% gemiddeld en 10-15% uitschieters;
- Faciliterend m.b.t. introductie energiebesparende technieken en ambities als LED, ontvochtiging, fossiel vrij kas (ambitie);
- Relevant areaal 160-180ha, project is echter op te schalen naar volledige tuinbouw;
- Belemmerend voor toepassing van fossiele besparing warmte betreft lage gasprijs, echter project richt zich grotendeels op elektra waar gezien ODE ook financiële prikkel is;
- Modelmatig onderbouwen hoe er met minder stralingswarmte goed gerbera te telen is door inzet van LED t.o.v. SONT;

1.4 Beoogd eindresultaat

Een energiebesparingsmodule in Gerberaweb waarmee energiebesparings scenario's en investeringsbeslissingen kunnen worden doorgerekend. De digitale tweeling techniek is toe te passen op andere gewassen.

2 **Organisatie**

2.1 B-Mex

B-Mex is gespecialiseerd in het praktisch ontsluiten van rekenmodellen voor de Glastuinbouw. Bestaande en nieuwe modellen worden via internet op een moderne, innovatieve manier beschikbaar gesteld. Het bouwen van rekenmodellen is een slimme manier om wetenschappelijke kennis te koppelen aan actuele gegevens van bedrijven. Hierdoor ontstaat een waardevol stuk gereedschap waarmee telers 'op de werkvloer' inzicht krijgen in de stand van het gewas, de verwachte oogst en de opties voor klimaat en gewasmanagement voor de komende weken.

Het groeimodel Gerbera is in het verleden ontwikkeld door Wageningen UR Glastuinbouw². B-Mex heeft vanaf 2017 samen met een groep telers het gerberamodel beschikbaar gemaakt in een voor de teler begrijpbare en bruikbare webinterface. Verder is het model verder geoptimaliseerd en wordt het model continu onderhouden en verder uitgebreid. Binnen dit project heeft B-Mex geanalyseerd hoe de telers nu belichten en is het model verder uitgebreid om met ontvochtiging en LED belichting te kunnen rekenen. Verder worden de resultaten van het onderzoek en de modelberekening wetenschappelijk geduid door medewerkers van B-Mex.

2.2 Flori Consult Group

Flori Consult Group bestaat uit 3 adviseurs en dragen zorg voor de vertaling naar de praktijk. Verder wordt het programma Florifocus gebruikt voor de gewasregistratie, welke in Gerberaweb wordt gebruikt.

² <https://edepot.wur.nl/313014>

2.3 TTO en gewascoöperatie Gerbera

Telersvereniging TTO is een coöperatie opgericht door telers welke regelmatig als penvoerder voor innovatieprojecten optreedt, zo ook in dit project. De gewascoöperatie Gerbera heeft zorggedragen voor de samenstelling van de BCO en de private bijdrage.

2.4 Inno-Agro

Inno-Agro is gespecialiseerd in innovatieprojecten in de glastuinbouw en begeleidt vanaf 2017 de ontwikkeling van Groeimodel Gerbera. Projectleider Stefan Persoon heeft het projectmanagement verzorgd bestaande uit o.a. de aanvraag, planning, financiën en projectvoortgang.

3 **Werkwijze**

3.1 Werking Gerberaweb

Gerberaweb werkt volgens het Digital Twin principe (§ 1.1.1. [Idee](#)). Bij het aansluiten van een nieuwe teler worden alle kenmerken van de kas in het systeem ingevoerd. Via LetsGrow.com wordt een koppeling bewerkstelligt die het gemeten klimaat in de kas en buiten ophaalt en beschikbaar maakt voor Gerberaweb om mee te rekenen. Als de teler ook gebruik maakt van Florifocus worden ook deze gegevens ontsloten zodat de metingen in Gerberaweb gevisualiseerd kunnen worden. Door al deze gegevens heeft het model wat de grondslag vormt voor Gerberaweb alle bedrijfsspecifieke gegevens nodig om de situatie van de teler te kunnen beoordelen.

De teler of adviseur maakt vervolgens via het scenario menu verschillende scenario's voor de toekomst, het verleden of allebei. In een scenario zijn standaard 13 periodes binnen een kalenderjaar gedefinieerd. Voor iedere periode kunnen setpoints voor het gewenste klimaat worden ingevuld. Dit gaat onder andere om belichtingstijden, gewenste temperaturen, CO² setpoints en schrijfstrategieën. Om het werken met Gerberaweb makkelijker te maken wordt ieder jaar door de adviseur of de teler zelf een jaarplan opgesteld. Dit jaarplan weergeeft de "verwachte" of "gemiddelde" teeltstrategie weer. De 13 periode binnen het jaarplan zijn dus zo ingevuld dat ze weergeven hoe de teler normaal door het jaar heen teelt. Door het jaarplan als basis te gebruiken voor het maken nieuwe scenario's kan de teler zien wat er gebeurt als er van het jaarplan afgeweken wordt en wat de impact daarvan is op het gewas en het energiegebruik van het bedrijf.

3.2 Aanpak

De projectgroep heeft vooraf de volgende multidisciplinaire aanpak voorgesteld:

1. De huidige generatie belichtende bedrijven krijgen tools om te besparen met hun systemen;
2. Teeltbedrijven die over willen stappen naar ontwikkelde kennis en techniek krijgen tools om investeringen te rechtvaardigen en besparingen in LED en ontvochtiging door te rekenen;
3. Het Groeimodel draait vroegtijdig, op de achtergrond mee in het onderzoek om op basis van de ontwikkelde kennis nieuwe rekenregels te maken en integrale scenario's te kunnen schetsen die voor het onderzoek van belang zijn (zo is het in het verleden ook altijd gegaan) ;

Het gebruik van het Groeimodel platform als 'digital twin' om de kennis transitie en implementatie te versnellen zal zichzelf moeten bewijzen. Om die reden was bij aanvang (Sept '20) het voorstel van de projectgroep om een meerjarig project uit te voeren, maar te starten met een krap jaar gevolgd door een Go/NoGo. Jaar 1 (Okt '20 – Juni '21) was gericht op sub 1 en sub 2 van bovengenoemde aanpak. Voor wat betreft sub 3 werd alleen ingezet op monitoring (data uitwisselen).

3.3 Aanpak

In het project is het Groeimodel uitgebreid met een energiemodule en een ontvochtigingsmodule. De bedrijven die mee werden genomen in de analyse voor de belichting waren al aangesloten op gerberaweb met uitzondering van de bedrijven Florein en WUR2030. Voor deze bedrijven is ook een Letsgrow koppeling opgezet. Er is met terugwerkende kracht data (2020) geïmporteerd om de bedrijven mee te kunnen nemen in de vergelijking en analyse. Voor de bedrijven die al aangesloten waren is de data van 2020 compleet gemaakt.

Voor het vooronderzoek naar de belichtingsmodule is er allereerst een analyse gemaakt van de huidige situatie rondom belichting. Alle belichtingsdata en lichtdata van de betrokken bedrijven zijn naast elkaar

gelegd en vergeleken per periode van het jaar (dit omdat telers vaak strategieën implementeren per periode). De uitkomst van deze analyse is gebruikt voor het ontwikkelen van scenario's die mogelijke optimalisaties in de belichting strategieën laten zien.

Om verder de effecten van energiezuinige technieken op de teelt in beeld te brengen is Gerberaweb uitgebreid met een LED module en een ontvochttingsmodule. Deze modules zijn uitvoerig getest en gevalideerd. Daarnaast is de interface zo aangepast dat het makkelijker wordt om scenario's met elkaar te vergelijken op het gebied van elektriciteit en warmteverbruik.

Belangrijk onderdeel van het Groeimodel is dat het mogelijk is om scenario's door te rekenen. Op basis van (klimaat)instellingen en historisch klimaat kan er 2-3 maanden betrouwbaar vooruit worden gekeken. De energiemodule brengt het warmtegebruik, elektriciteitsverbruik en CO2 gebruik in beeld. De ontvochttingsmodule maakt het mogelijk om ook effecten van ontvochtigen met warmteterugwinning mee te kunnen nemen in de scenarioberekeningen.

Het werken met een model kan snel complex worden en uit ervaring blijkt dat dit demotiverend kan werken voor de gebruikers. Daarom zijn de aangesloten gebruikers intensief begeleidt in het maken van nieuwe scenario's voor energiegebruik. Enerzijds zorgt dit voor zekerheid dat de techniek goed gebruikt werd, anderzijds werd zo ondervonden waar struikelblokken in de interface zaten en waar nog verbetering nodig was.

3.4 Fasering en planning

Het project was opgedeeld in 5 werkpakketten en 2 fases. Fase 1a (werkpakket 1a) bestond uit het selecteren van de deelnemende bedrijven en het aansluiten van deze bedrijven op Gerberaweb. Hierbij zijn ook de teelten van de Fossielvrije kas 2030 bij Wageningen UR in Bleiswijk gekoppeld. Na het aansluiten van de bedrijven en verzamelen van de benodigde data is er een analyse van de huidige situatie van de belichting gemaakt. Fase 1b (werkpakket 2 en 3) bestond uit het ontwikkelen en testen van de LED en ontvochttingsmodule binnen Gerberaweb.

Fase 2 (werkpakket 4) bestond uit het monitoren van de geselecteerde bedrijven en het begeleiden van de telers in het gebruik van Gerberaweb. Verschillende scenario's voor belichting en ontvochtiging werden doorgerekend en geanalyseerd. Tegelijkertijd wordt ook continu meegerekend met de full-LED Fossielvrij kas 2030 in Bleiswijk om het model te valideren voor full-LED. Werkpakket 5 was projectmanagement, verslaglegging en publiciteit.

Fase 1a : aansluiten bedrijven + nulsituatie in kaart	
Werkpakket 1	Werzaamheden
Huidige situatie	Selectie geschikte bedrijven, opstart, ontsluiten
Huidige situatie	Koppeling Gerberaweb met geselecteerde bedrijven
Huidige situatie	Koppeling Gerberaweb met Fossielvrije kas 2030
Huidige situatie	Analyse huidige sturing belichting.
Fase 1b : ontwikkeling modules	
Werkpakket 2	Werzaamheden
Belichtingsmodule	Ontwikkelen optimalisatiemodule voor inzet belichting
Belichtingsmodule	Toepassen beschikbare kennis LED gerbera
Belichtingsmodule	Aanpassen en testen user experience en interface, helpdocumentatie
Werkpakket 3	Werzaamheden
Energie en vocht	Validatie en calibratie berekeningen warmte, elektriciteit en CO2
Energie en vocht	Ontwikkelen ontvochttingsmodule
Energie en vocht	Aanpassen en testen user experience en interface, helpdocumentatie
Fase 2 : monitoring eind Okt - eind Mei	
Werkpakket 4	Werzaamheden
Monitoring, scenario's en rendement	Monitoring en begeleiding bedrijven bij belichtingsstrategie (SON-T + LED)
Monitoring, scenario's en rendement	Redementsberekeningen (ROI) voor verschillende scenario's (100% SON-T, hybride 50/50, 100% LED).
Monitoring, scenario's en rendement	Monitoring en overleg met FCG over strategie
Monitoring, scenario's en rendement	Meerekenen met Fossielvrije kas 2030
Vergaderingen BCO, gehele groep	Overleg, afstemming
Werkpakket 5	Werzaamheden
Projectmanagement	Management algemeen en begrotingen
Verslaglegging	Eindverslag
Presentaties en Publicaties	2x Presentaties en publiceren in vakblad

Figuur 1: Fasering

4 Resultaten deelproject 1

4.1 Huidige situatie Belichting

In de analyse voor de huidige belichtingssituatie zijn 6 commerciële bedrijven meegenomen. De WUR2030 kas waar fossiel vrij wordt geteeld onder LED-belichting is ter vergelijking toegevoegd. Alle commerciële bedrijven telen met SON-T. In onderstaande tabel is gespecificeerd welke bedrijven zijn meegenomen en welke intensiteit van welke soort belichting zij gebruiken. Verder telen niet alle bedrijven hetzelfde ras.

Bedrijf	Intensiteit SON-T	Intensiteit LED	Ras
Nell Gerbera (Kwakerl 22)	115 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	n.v.t.	Kimsey
Van Veen (Kasteelweg)	120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	n.v.t.	Kimsey
Den Houter	98 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	n.v.t.	Kimsey
Zuidplas (Afdeling 2)	130 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	n.v.t.	Rich
Esmeralda	120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	n.v.t.	Rich
Gerbera United	135 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	n.v.t.	Kimsey
WUR2030	n.v.t.	200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	Kimsey

Eigenlijk behoren nog twee bedrijven (Florein Gerbera en Breugem Colors of Nature) tot de groep telers waartussen de vergelijking plaats vindt. Bij Florein is de teelt opgesplitst in twee afdelingen, één hybride (LED en SON-T) en één volledige SON-T afdeling. De oogst wordt echter niet per afdeling geregistreerd maar voor het gehele bedrijf. Hierdoor kan in de analyse niet worden bepaald hoe efficiënt Florein teelt en is daarom besloten Florein buiten de analyse te laten. Voor Breugem was het niet mogelijk om belichtingsdata te verzamelen waardoor ook dit bedrijf buiten de analyse is gehouden.

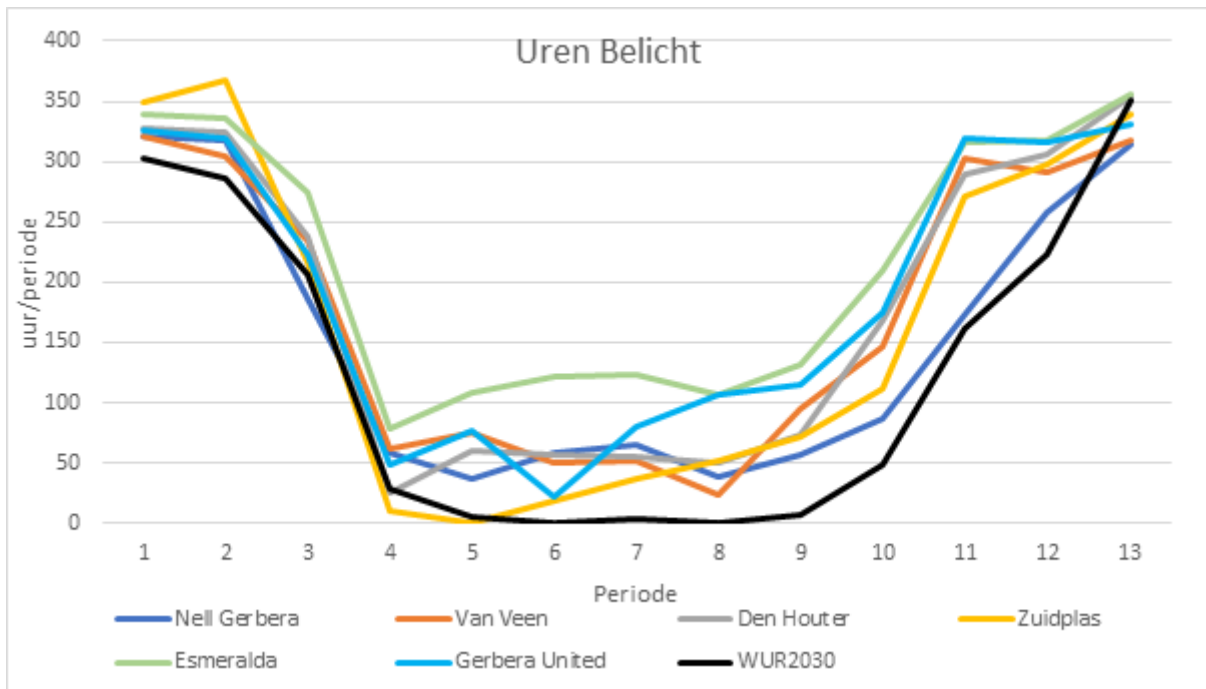
Door het uitbreken van de corona crisis is het jaar 2020 een atypisch jaar geweest. Toen in het voorjaar de eerste lockdown van kracht werd zijn veel telers snel minder gaan belichten om de productie te dempen en zo het gewas te sparen. Verder moet vermeld worden dat bij het bedrijf Zuidplas een teeltwissel heeft plaatsgevonden gedurende periode april tot juni. Hierdoor is een trendbreuk met de andere bedrijven te zien.

4.1.1 Belichtingsjaar 2020

Bij alle bedrijven zien we een typisch belichtingspatroon waarbij de nadruk van de belichting in de donkerste periodes van het jaar ligt (Fig 2.). Tijdens periode 1, 2, 11, 12 en 13 belichten de meeste bedrijven tussen de 300 en 350 uur per periode wat neerkomt op 10 tot 12,5 uur per dag. Omdat bij Gerbera een maximale daglengte wordt gehanteerd betekent dit dat er de hele dag door belicht wordt in de winter.

In periode 3 begin het aantal uur dat er belicht wordt sterker uiteen te lopen waarbij een bedrijf als Esmeralda 275 uur belicht en het bedrijf Nell Gerbera nog maar 180 uur belicht. Ook is duidelijk te zien dat er in periode 4 radicaal minder belicht wordt. Het uitbreken van de corona crisis en het in lockdown gaan van Nederland is hier grotendeels de oorzaak. Door het wegvallen van vraag uit de markt hebben de meeste telers de lampen uitgezet om zo kosten te sparen en de productie te drukken.

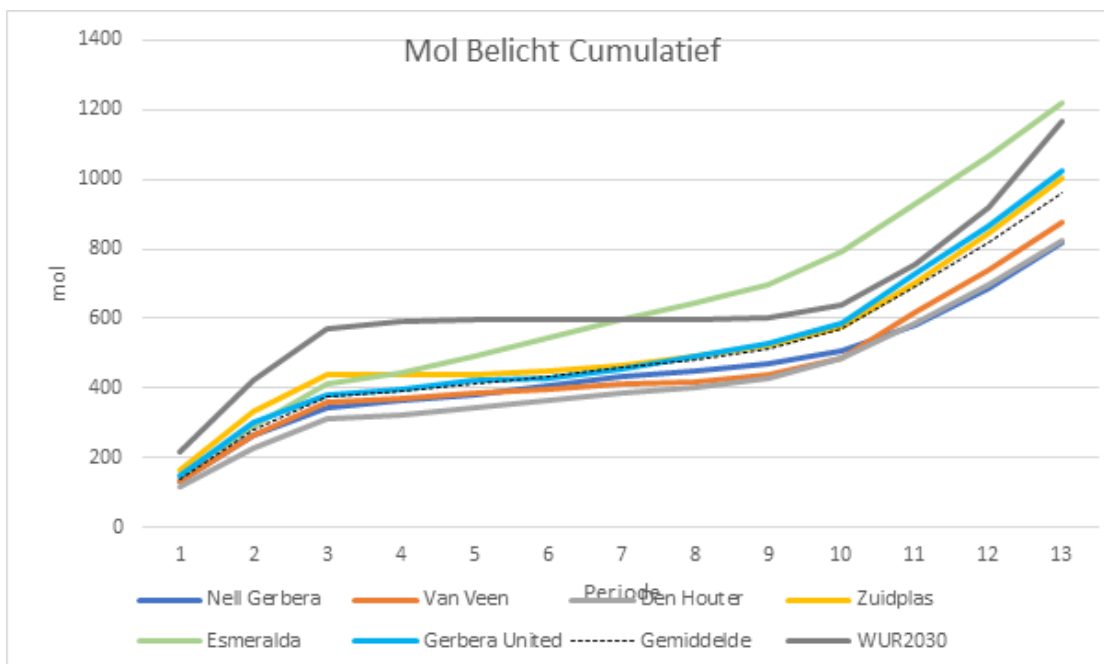
Tijdens de zomer blijven veel bedrijven toch de lampen aan zetten, ook in de lichtste periodes van het jaar. Dit gebeurt vooral in de ochtenduren. Wel zijn de verschillen hier tussen de bedrijven groot. Zo belicht een bedrijf als Nell Gerbera maar 50 uur per periode en belicht het bedrijf Esmeralda tot wel 2 keer zoveel. De reden hiervoor is dat het bedrijf Esmeralda in een breedkapper teelt die erom bekend staan minder licht door te laten. De WUR 2030 teelt kiest duidelijk een andere strategie dan de belichtende telers. In de proef wordt ervoor gekozen om in de zomer het licht zelfs helemaal uit te zetten.



Figuur 2: cumulatief aantal uur dat er belicht is per periode per bedrijf.

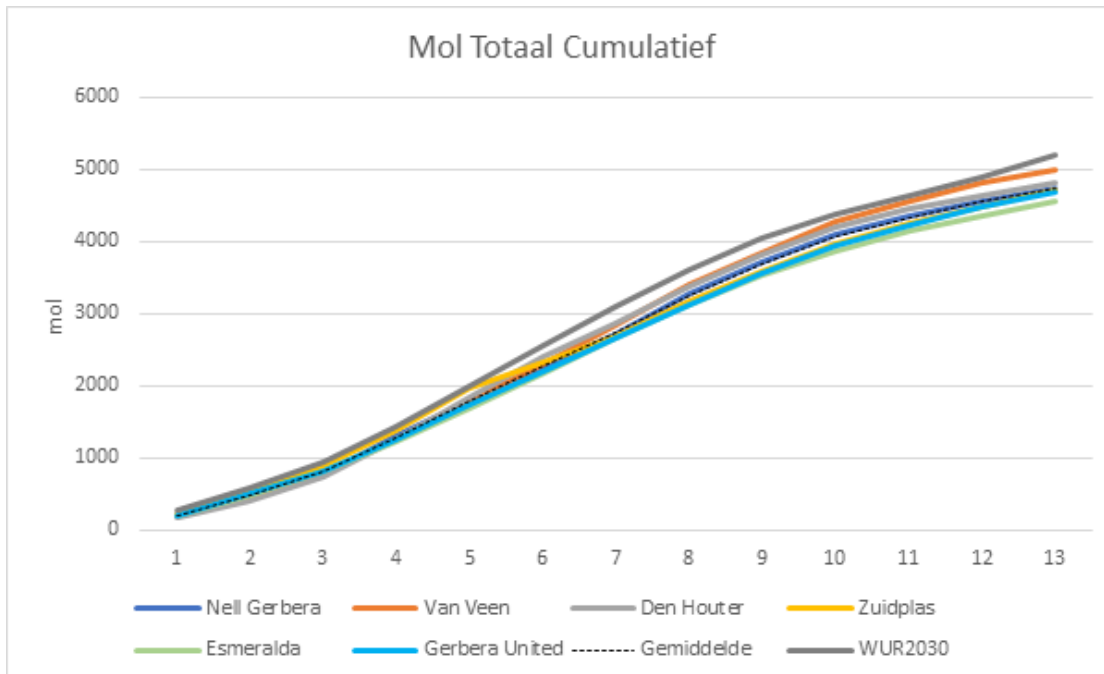
4.1.2 Cumulatief

Over het gehele jaar 2020 is er door het bedrijf Esmeralda het meeste aantal uur belicht, respectievelijk 2819 uur (Fig 3.). Dit komt vooral doordat er gedurende zomer anders dan bij andere bedrijven meer wordt door belicht. Ook bedrijven als Gerbera United en Zuidplas die in de zomer meer belichten komen daardoor hoger uit. Het bedrijf Nell Gerbera belicht ook in de zomer nog door maar komt lager uit doordat het in het najaar minder uur belicht dan de andere bedrijven.



Figuur 3: cumulatief aantal mol PAR uit belichting op jaarbasis voor de verschillende bedrijven.

Toch wil het duidelijk niet zeggen dat minder belichten ervoor zorgt dat de totale straling in de kas op jaarbasis per se minder wordt. De grafiek met het totale aantal mol PAR in de kas (Fig 4.) laat zien dat een bedrijf als Van Veen, die het cumulatief het minste aantal mol heeft belicht, het hoogste cumulatieve lichtsom weet te halen. Andersom heeft Esmeralda op jaarbasis het meeste belicht van alle bedrijven maar komt het in cumulatieve lichtsom als laagste uit.

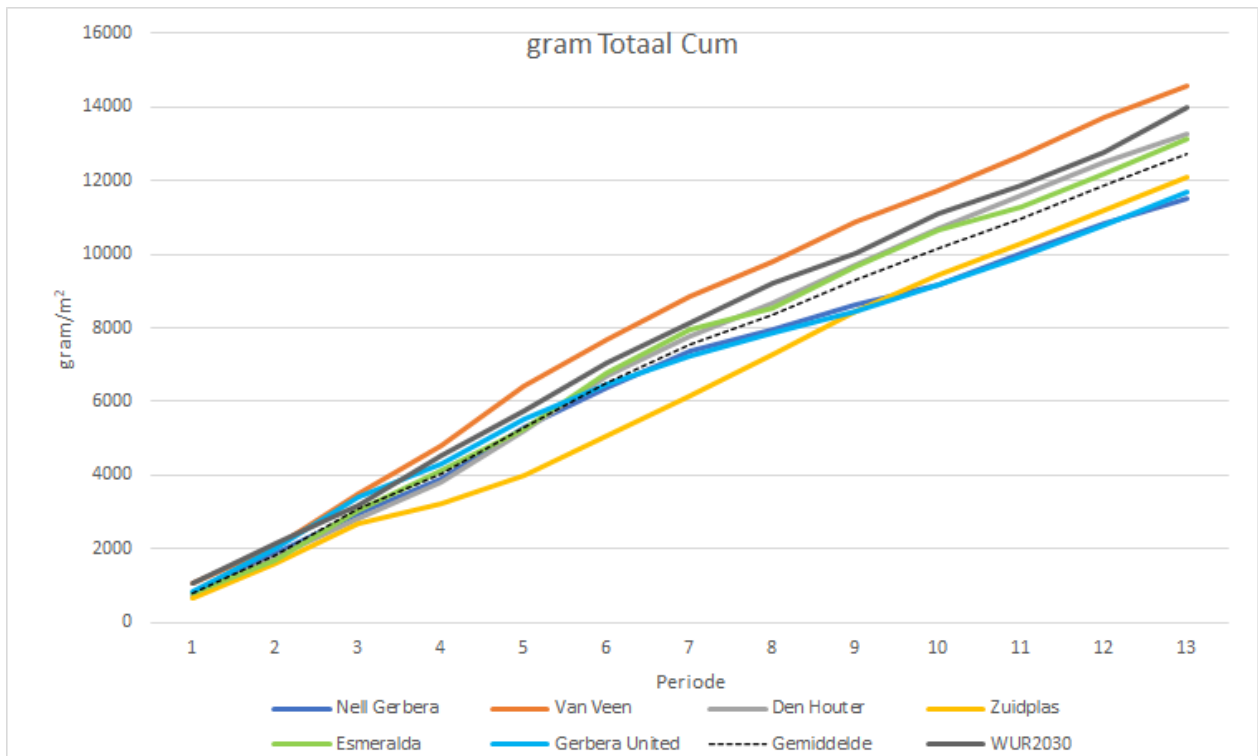


Figuur 4: totaal aantal mol PAR uit belichting en buitenlicht cumulatief op jaarbasis voor de verschillende bedrijven.

De gekozen strategie van het verleggen van de dag lijkt voor Van Veen goed uitpakend te hebben want op jaarbasis weet het bedrijf de meeste mol PAR te realiseren in de kas ondanks dat het één van de minst belichtende bedrijven is op jaarbasis. Het laat zien dat door slim gebruik te maken van het beschikbare buitenlicht door minder gebruik te maken van kruit en schermen en mogelijk het verleggen van de dag, er tijdens de zomer meer licht de kas in komt. De cumulatieve licht grafiek laat zien dat juist in deze periode extra licht in de kas toelaten een groot effect kan hebben op hoeveel licht er op jaarbasis in de kas beschikbaar is. Het optimaal benutten van het buitenlicht in combinatie met het verminderen van belichtingsuren op momenten dat er veel buitenlicht beschikbaar is lijkt dan ook een kansrijke manier voor het efficiënter omgaan met belichting. De WUR2030 teelt lijkt zo hoog uit te komen omdat het zowel in de zomer als in de winter het meeste licht in de kas weet te krijgen. In de winter kan er gemakkelijk veel licht gegeven worden met de relatief zware LED installatie. In de zomer wordt er evenveel buitenlicht de kas in gebracht als de best presterende bedrijven (Den Houter en Van Veen) op dit gebied.

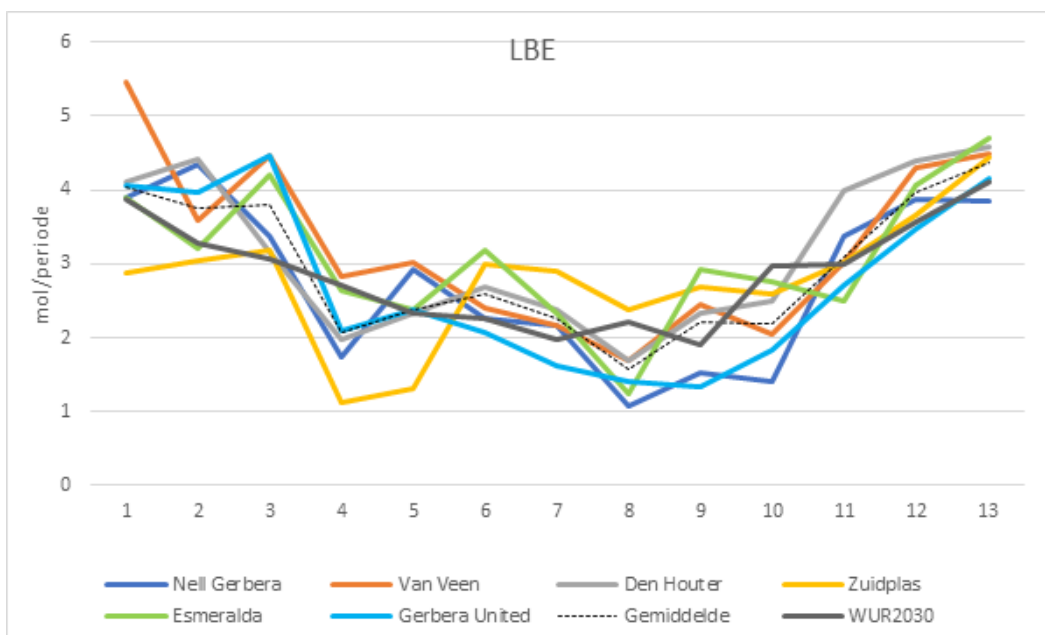
4.1.3 Productie en Efficiëntie

Als we kijken naar het cumulatief geproduceerde versgewicht (Fig. 5) zien we dat Van Veen het meeste produceert maar dat Esmeralda en Den Houter relatief hoger uitkomen ten opzichte van de andere bedrijven. Op zich is het productieverval wat het bedrijf Van Veen heeft met de rest van de bedrijven interessant. Van Veen haalt op jaarbasis 5,26% meer licht binnen in de kas, echter wordt er 15% meer geproduceerd ten opzichte van het gemiddelde van de bedrijven. Verder produceert het bedrijf Esmeralda evenveel versgewicht als het bedrijf Den Houter maar wel met 9% minder licht. Het is duidelijk dat het bedrijf Esmeralda met de donkerdere kas toch een relatief goede productie weet te halen. Hier moet bij genoemd worden dat Esmeralda niet zoals Den Houter en Van Veen aangesloten is op een OCAP CO2 bron. Door een storing gedurende periode 6 t/m 8 kon er in 2020 minder OCAP CO2 geleverd worden. Een bedrijf als Esmeralda heeft hier dus geen last van gehad en daardoor komt de productie ondanks minder licht relatief hoog uit.



Figuur 5: cumulatief aantal gram / m² versgewicht geoogst.

Om te kijken hoe efficiënt bedrijven het licht gebruiken is met de oogst en de lichtcijfers de LBE per periode uitgerekend. In figuur 6 is duidelijk te zien dat in de winterperiodes met weinig buitenlicht er een hogere efficiëntie wordt gehaald. De oorzaak hiervoor ligt in de lichtintensiteit, het is algemeen bekend dat bij een lagere lichtintensiteit een hogere lichtbenuttingsefficiënt gerealiseerd wordt door planten. In periode 7, op de langste dag, bereikt de zon het hoogste punt en is er dus het meeste buitenlicht beschikbaar. Door hogere temperaturen in periodes 8 zakt de LBE verder. Daarnaast moet er meer gelucht worden in de zomer waardoor het moeilijker wordt om een voldoende hoge CO₂ concentratie in de kas te houden. Dit heeft een sterke invloed op hoe efficiënt de plant met het licht omgaat. Een lagere CO₂ concentratie betekent een lagere LBE.



Figuur 6: Lichtbenuttingsefficiëntie (LBE) in gram versgewicht per mol PAR per periode.

Belichten op een moment dat het gewas niet efficiënt met het licht omgaat omdat er veel licht van buiten in de kas komt, zorgt voor een minder productief gebruik van het lamplicht. Op basis van deze redenering is er dus een bepaald optimum waarbij de LBE dusdanig laag is dat het niet meer rendabel is om extra te belichten. Waar dit optimum precies ligt is afhankelijk van de kosten en baten van het lamplicht maar wordt ook sterk beïnvloed door andere teeltfactoren zoals de interactie met CO₂.

4.2 Optimalisatie

Aan de hand van de LBE-grafiek (Fig. 6) en de grafiek met het aantal belichte mol PAR (Fig. 3) kan voorzichtig een suggestie worden gedaan in welke periodes van het jaar de belichting geoptimaliseerd kan worden. De winterperiodes zijn kijkend naar de LBE en het aantal mol wat er belicht wordt het minst relevant op het gebied van slimmer belichten. Door het geringe buitenlicht en daardoor de lage lichtniveaus in de kas is de LBE hoog. Meer belichten is daardoor al snel efficiënt. Wel is het belangrijk dat in deze periodes goed op de CO₂ en de algehele fotosynthese efficiëntie gelet wordt. Zo is de fotosynthese efficiëntie van de 2030 kas van de WUR structureel lager dan de praktijk bedrijven. Dit komt voornamelijk omdat hier tot 600 ppm CO₂ gedoseerd wordt. Juist met een zwaardere LED-installatie zou er vanuit fotosynthetisch perspectief meer CO₂ gedoseerd moeten worden om zo de efficiëntie omhoog te brengen en daardoor een hogere LBE te realiseren om daarmee van de hoge belichtingsintensiteit te profiteren.

In het voorjaar in periode 4 is een scherpe daling in het aantal uren en mol PAR dat er belicht wordt en wordt er over het algemeen in de zomer veel minder belicht. Toch wordt er nog wel deels door belicht en kijkend naar de LBE die door de grotere hoeveelheden buitenlicht lager is, is het de vraag of dit altijd nodig is. Het belichten in de zomer zal vooral in de ochtend gebeuren als de lichtniveaus buiten nog laag zijn. Echter laat een bedrijf als Van Veen zien, dat in het zomer het minste belicht, dat een goede productie met weinig belichting nog steeds mogelijk is. Juist door zoals Van Veen het buitenlicht goed te benutten door bijvoorbeeld de dag te verleggen kunnen hoge producties gehaald worden zonder veel belichting. Een nadeel van deze strategie kan zijn dat er overdag als juist de fotosynthese op maximaal niveau draait, er veel gelucht moet worden wat het moeilijker maakt om CO₂ vast te houden in de kas. Juist door onder deze omstandigheden toch af en toe een scherm dicht te trekken of te krijten kan een hoge fotosynthetische efficiëntie worden bereikt omdat de omstandigheden in de kas minder scherp worden en het door een lagere temperatuur makkelijker is om CO₂ vast te houden in de kas.

4.2.1 *Optimalisatie Scenario's*

Uit de boven beschreven analyse komen een aantal focuspunten voor de optimalisatie van verschillende belichting strategieën. De grafiek met de LBE per periode laat duidelijk zien dat het in de winterperiode de LBE het hoogste is en deze in de zomer significant lager is.

Als eerst zou de optimalisatie kunnen onderzoeken hoe in de zomer het buitenlicht maximaal benut kan worden. Veel bedrijven belichten nog door in de zomer maar kijkend naar de resultaten Van Veen is het de vraag of dit nodig is. Een dergelijke optimalisatie focust minder op het aan en uit schakelen van de belichting maar meer de condities in de kas die voor een tegelijk zo hoog mogelijk licht niveau uit buitenlicht en goede condities voor een hoge fotosynthetische efficiëntie zorgen. Zo kunnen scenario's worden gemaakt die focussen op het vasthouden van CO₂ en tegelijkertijd zo min mogelijk schermen of krijten om zoveel mogelijk buitenlicht in de kas te brengen. Ook kan het effect van het verleggen van de dag worden onderzocht.

Daarnaast kan het interessant zijn om met scenario's te onderzoeken wat de effecten zijn om juist tijdens deze periodes het licht nog helemaal uit te laten of het inschakelmoment radicaler te maken. Dat wil zeggen dat er minder geleidelijk opgebouwd wordt maar bepaalde momenten worden gekozen waar het aantal uren dat er belicht wordt in een grote stap wordt vergroot.

Het is dus duidelijk dat de kansen voor het optimaliseren van de belichting in de periodes liggen met een lage LBE of wanneer de prijzen over het algemeen slecht zijn (najaar). Daarom zullen in hoofdstuk 6.3 drie scenario's worden toegepast die meer informatie zullen geven over de besparingskansen en de mogelijk gevolgen voor het teelt resultaat.

5 Resultaten deelproject 2

In deelproject 2 zijn modules ontwikkeld voor LED belichting en ontvochtiging in gerberaweb. In gerberaweb kunnen per teelt verschillende scenario's worden gemaakt. Een scenario bestaat uit instellingen voor het scenario en een set klimaatinstellingen. De eigenschappen van de afdeling waar de teelt staat zijn gespecificeerd in de afdelingskenmerken. Afdelingskenmerken zijn bijvoorbeeld de hoogte van de kas, aanwezigheid van schermen etc.

5.1 LED module

De LED module maakt het mogelijk om naast de standaard SON-T belichting ook LED toe te voegen. Aan de afdelingskenmerken is de optie toegevoegd om de aanwezigheid van LED aan te geven. Dit maakt het mogelijk om zowel hybride als full-led belichting in te kunnen stellen. Bij gebruik van LED moet daarnaast kan de belichtingsintensiteit worden opgegeven. De efficiëntie van de gebruikte LED's kan worden ingevuld om daarmee ook het elektriciteitsverbruik te kunnen berekenen. In Figuur x zijn de instellingen op de afdelingspagina te zien.

Lampen

SON-T aanwezig	PAR SON-T ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	
<input type="text" value="True"/>	<input type="text" value="90.00"/>	
LED aanwezig	PAR LED ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Efficiëntie LED ($\mu\text{mol} / \text{Watt}$)
<input type="text" value="True"/>	<input type="text" value="90.00"/>	<input type="text" value="3.20"/>

Figuur 7a: Instellingen afdeling belichting

Om de LED's te gebruiken in een scenario berekening zijn instellingen nodig. Deze instellingen worden alleen zichtbaar als er voor de geselecteerde teelt LED belichting mogelijk is. Dat wil zeggen dat er in de afdeling waar de teelt staat wel LED's aanwezig moeten zijn. Als dat het geval is, verschijnen de instellingen automatisch. Figuur 7 geeft de instellingen weer voor een afdeling met SON-T en LED belichting.

SON-T aan (u)	SON-T uit (u)	SON-T stralingsgrens (W/m^2)	Fractie SON-T aan (0-1)
<input type="text" value="5:00"/>	<input type="text" value="16:00"/>	<input type="text" value="150"/>	<input type="text" value="1"/>
Led aan (u)	Led uit (u)	Led stralingsgrens (W/m^2)	Fractie led aan (0-1)
<input type="text" value="4:00"/>	<input type="text" value="17:00"/>	<input type="text" value="150"/>	<input type="text" value="1"/>

Figuur 7b: Instellingen scenario belichting

Toelichting

In bovenstaand voorbeeld gaan de SON-T lampen aan om 5 uur en uit om 16 uur. De stralingsgrens staat op $150 \text{ W}/\text{m}^2$. De lampen gaan dan uit als de buiten straling boven de $150 \text{ W}/\text{m}^2$ komt. De fractie lampen aan staat hier op 1. Dat betekent dat alle lampen aan gaan als er belicht wordt. Als fractie lampen aan leeg wordt gelaten wordt standaard de waarde 1 gebruikt. Hier kunnen ook fracties ingevuld worden zodat een deel van de lampen aan gaat.

De LED lampen in bovenstaand voorbeeld gaan aan om 4 uur en weer uit om 17 uur. Als de straling buiten boven de $150 \text{ W}/\text{m}^2$ komt gaan de lampen uit.

Het is ook mogelijk om de lampen om bijvoorbeeld 7:30 uur aan te laten gaan. Als de fractie lampen aan 100% is en de lampen gaan om 7:30 uur aan, wordt de belichting tussen 7 en 8 uur 50%.

Lampen kunnen ook in de avond worden ingeschakeld en in de ochtend weer uit. De lampen blijven dat de hele nacht aan.

Er zijn grafieken toegevoegd aan de scenario pagina om de belichting die volgt uit de instellingen te kunnen beoordelen en te vergelijken met de realisatie. Een voorbeeld is te zien in Figuur x.



Figuur 8: Grafiek LED belichting

5.2 Ontvochtigingsmodule

De ontvochtigingsmodule maakt het mogelijk om per afdeling aan te geven of er actieve ontvochtiging aanwezig is. Dit kunnen bijvoorbeeld een aantal DryGair units (Figuur 9) in de afdeling zijn. Per afdeling wordt de capaciteit van de ontvochtiging opgegeven. In onderstaand voorbeeld (Figuur 10) is de capaciteit 10 gram/m²/uur.



Figuur 9: Draigair ontvochtigings unit bij Florein Gerbera

Ontvochtiging

Ontvochtiging aanwezig

True

Capaciteit (g/m²/uur)

10.00

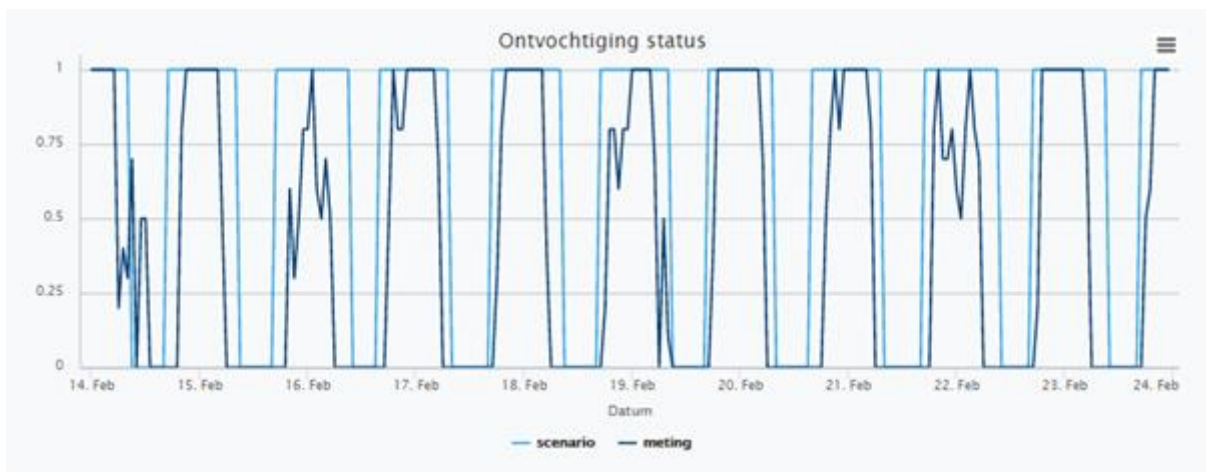
Figuur 10: Instellingen afdeling ontvochtiging

Of de ontvochtiging aan of uit staat wordt in de praktijk meestal bepaald op basis van een grens op de de VD. Zodra de VD boven de grens komt gaat de ontvochtiging aan. Als de VD onder de grens komt gaat de ontvochtiging weer uit. Aan de klimaatinstellingen is daarom de VD grens voor ontvochtiging toegevoegd.

Ontvochtiging VD grens (g/m³)

Figuur 11 : Instellingen scenario ontvochtiging

Een voorbeeld van het gebruik van de ontvochtiging is te zien in Figuur x. Voor het scenario is hier een vochtgrens van 3 g/m³ ingesteld. Hier is te zien dat in het scenario de ontvochtiging eerder aan gaat en later uit wordt geschakeld met de gekozen instelling dan in werkelijkheid gebeurd is. Op deze manier kan een scenario worden gebruikt om alternatieve klimaatinstellingen door te rekenen.



Figuur 12 : Grafiek ontvochtiging

Op basis van alle klimaatinstellingen wordt in gerberaweb het resulterende kasklimaat voor het scenario berekend. Voor ieder uur wordt PAR, temperatuur, CO₂ concentratie en luchtvochtigheid in de kas berekend op basis van de verschillende balansen. Deze worden vervolgens gebruikt in het gewasmodel Gerbera.

5.3 Scenario's

Op basis van de analyse die is gedaan in deelproject 1 zijn een drietal scenario's gedefinieerd die interessant kunnen zijn voor het besparen van elektriciteit zonder grote productieverliezen. De scenario's zijn toegepast op alle commerciële bedrijven die ook betrokken waren bij de analyse van deelproject 1.

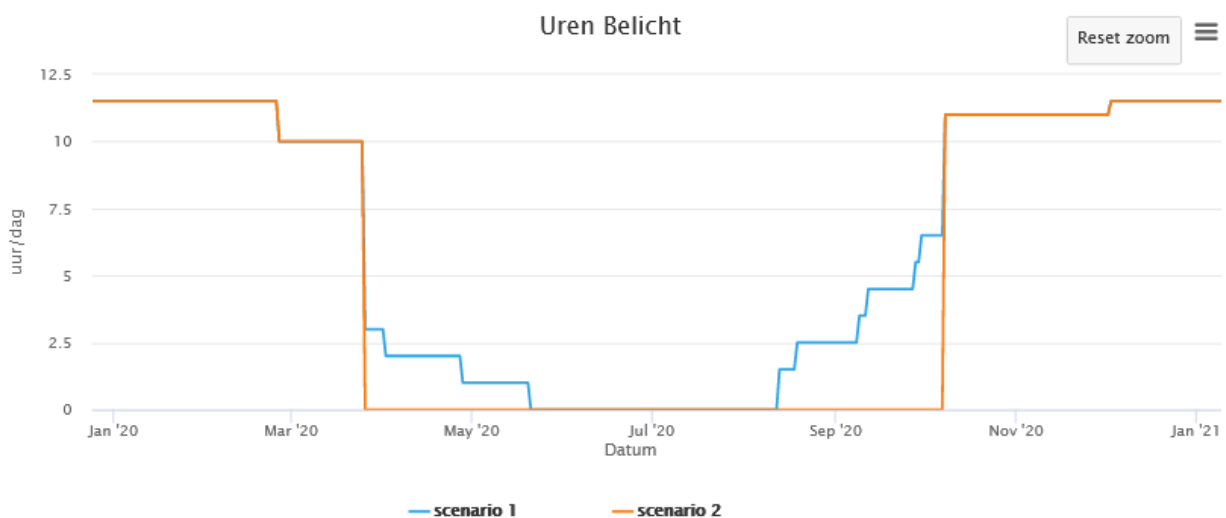
5.3.1 Scenario 1: LED in plaats van SON-T

Als eerste is onderzocht hoeveel elektriciteit de overstap naar LED zal gaan besparen voor de telers. Op basis van de gangbare belichting strategieën van de telers is een scenario gemaakt waarbij de volledige belichting is ingevuld met LED. De intensiteit van de LED was dezelfde als die van de SON-T die op dit moment in de kas hangt. In de scenario's kregen alle bedrijven dezelfde fictieve LED lampen met een efficiëntie van 3,2 $\mu\text{mol/W}$. Het overschakelen naar LED bespaart bij alle bedrijven zo'n 45% (Figuur 11) aan elektriciteit, wat gemiddeld neerkomt op een reductie van het energieverbruik van 57,37 kWh/m². Dit verschilt per bedrijf afhankelijk van hoeveel er belicht wordt. Het lagere energieverbruik is vooral te danken aan het feit dat LED lampen minder stralingswarmte produceren. Een bijkomend effect hiervan is wel dat een deel van de warmtevraag die werd ingevuld met de SON-T lampen op een andere manier ingevuld zal moeten worden. De verwachte energiebesparing zal dus lager uitvallen dan 45% omdat er een extra warmtevraag ontstaat. Het model is niet zo ver uitgebouwd dat het ook deze warmtevraag kan berekenen.

Verder houdt het model nog geen rekening met de andere effecten van LED, zoals spectrum of de verminderde warmte straling. Echter lijkt het gerbera gewas hier in vergelijking met andere gewassen minder sterk op te reageren. Dat kan geconcludeerd worden doordat het model zonder veel moeite vrij gemakkelijk mee kon rekenen met de WUR 2030 kas waar alleen met LED belicht wordt. Een toelichting hiervan is beschreven in hoofdstuk 7 bij de resultaten van deelproject 3.

5.3.2 Scenario 2: Niet belichten bij lage LBE

Een tweede scenario dat is onderzocht is het stoppen met belichten gedurende de periodes met een lage LBE (Figuur 6). De gedachten hierachter is dat de belichting op dagbasis eigenlijk weinig lijkt bij te dragen aan de groei van het gewas omdat er in deze periodes meer buitenlicht is. Toch zetten telers in de donkere uren van de dag vaak nog de belichting of een deel van de belichting aan. De periodes met een lage LBE zijn periodes 4 t/m 10 en vallen in de periode van eind maart tot begin oktober. In het scenario is bij alle bedrijven de belichting volledig uitgezet gedurende periode 4 t/m 10. De verdere strategie is precies hetzelfde gebleven.



Figuur 13: Verschil in aantal uren belicht tussen de gangbare manier van belichten (blauwe lijn) en de strategie waarbij in periode 4 t/m 10 niet wordt belicht (oranje lijn).

De verwachting was dat een productieverlies zou volgen door het uitschakelen van de lampen, echter bleek dit niet het geval. Cumulatief op jaarbasis was er niet of nauwelijks een verandering in het aantal stelen dat werd geproduceerd. Het gemiddelde versgewicht van de bloemen nam wel met 2% af (Figuur 11). Het toepassen van deze strategie zorgt voor een elektriciteitsbesparing van 13,3%.

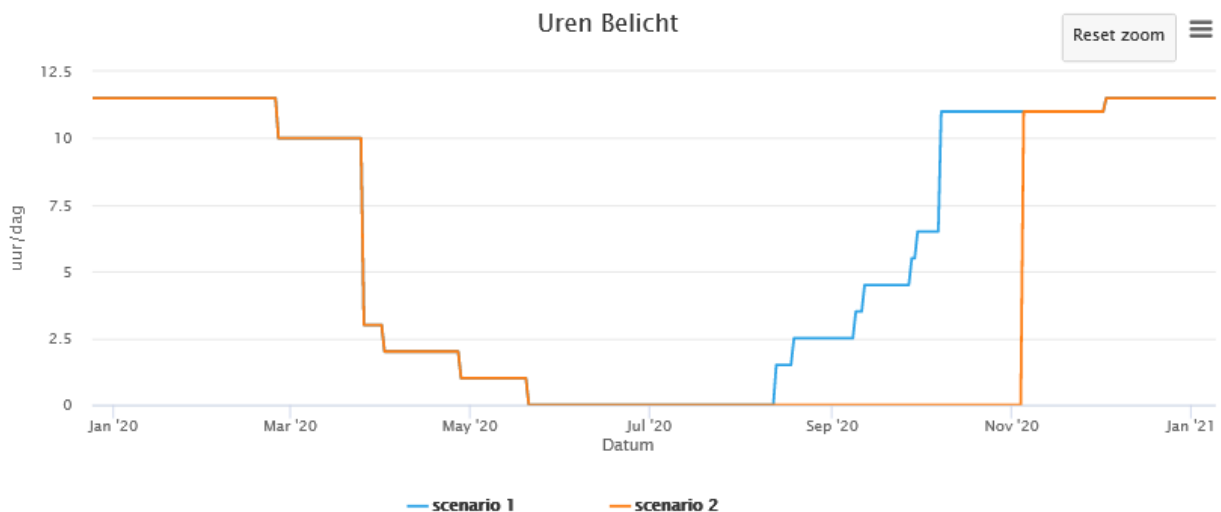
Gerbera is een korte dag plant en reageert voor de bloem aanmaak sterk op daglengte. De hoeveelheid licht is daarin minder belangrijk voor de plant. Dit verklaart dus ook waarom het geven van minder licht niet direct tot minder bloemen leidt. Echter is er wel de beïnvloeding van de source/sink balans die bepaalt of alle bloemen die aangemaakt worden ook daadwerkelijk uitgroeien. Zolang deze balans niet teveel verstoord raakt en de plant in evenwicht blijft tussen het aantal bloemen wat het moet laten groeien en de hoeveelheid assimilaten die het aan kan maken zal het aantal bloemen wat van de plant komen niet verminderen. Er zijn wel minder assimilaten beschikbaar waardoor de bloemen wel minder zwaar zullen worden. Dit zien we in de scenariostudie ook duidelijk in de daling van het versgewicht. Generatieve rassen die meer bloemen laten uitgroeien en dus minder op de source/sink balans reageren zullen sneller last krijgen van een te laag bloem gewicht bij het uitschakelen van de belichting. Vegetatieve rassen die minder bloemen induceren of sneller geïnduceerde bloemen niet laten uitgroeien zullen hier minder last van hebben.

Een belangrijke opmerking bij het scenario is dat er in de berekening is uitgegaan van langjarige gemiddelden voor de buitenomstandigheden. De dagelijkse fluctuaties in de trend van dag tot dag is daardoor veel kleiner dan deze in de realiteit is. Er ontstaan daardoor veel stabielere omstandigheden die in de praktijk zelden zo zouden voorkomen. Wat betreft de source/sink balans is dit belangrijk om mee te nemen in de discussie aangezien deze gebaat is bij constante condities. Planten kunnen sterke

fluctuaties in de aanleg van vruchten of bloemen gaan vertonen door fluctuerende weersomstandigheden (vooral lichtniveau). Deze fluctuaties kunnen ervoor zorgen dat de source/sink balans extremer gaat fluctueren, iets wat in deze scenario's dus niet is meegenomen. De resultaten kunnen hierdoor anders uitwerken, iets waar rekening mee gehouden moet worden in de toepassing.

5.3.3 Scenario 3: Najaarsdip

Een derde scenario dat is uitgewerkt is een scenario waarbij de belichting is uitgeschakeld vanaf de zomer tot einde herfst. De gedachte hierachter dat het gewas in lichte condities blijft investeren in een groot blad pakket. Echter kan dit blad pakket niet gehandhaafd worden gedurende de winter, ook al wordt er kunstlicht ingezet. Het gewas moet dus sowieso verkleinen in het najaar naar de winter toe. Verder zijn de prijzen in het najaar vaak slecht door de absentie van feestdagen met uitzondering van de kerst. Door juist in het najaar te blijven belichten behoudt het gewas een blad pakket wat later in de winter alleen maar meer onderhoudsademhaling blijft kosten. Hierdoor zullen er minder assimilaten beschikbaar zijn voor de bloemen en zal het bloem gewicht lager zijn of zelfs het aantal geproduceerde bloemen verminderen. De gedachte is door in het najaar niet te belichten er een kleiner gewas ontstaat wat klaar is voor de winter. Op deze manier wordt er wel is waar minder geproduceerd maar wordt er ook energie bespaard en op een moment in het jaar dat de prijzen toch vaak slecht zijn. In het scenario is bij alle telers de belichting uitgeschakeld van periode 7 t/m 11. Dat wil dus zeggen van ongeveer halverwege juni tot begin november. Daglengtes en andere onderdelen van de teeltstrategie zijn hetzelfde gehouden.



Figuur 14: Verschil in aantal uren belicht tussen de gangbare manier van belichten (blauwe lijn) en de strategie waarbij in periode 7 t/m 11 niet wordt belicht (oranje lijn).

Het resultaat is een gemiddelde energiebesparing van 21,43%. Op jaarbasis worden er 1% minder bloemen geplukt en is het gemiddelde bloem gewicht 3% lager (Figuur 11). Er worden vooral minder bloemen geplukt in de maanden september, oktober en november. Als begin november de lampen weer aan gaan is de productie eind december weer op het niveau van het scenario waar de lampen het hele najaar hebben gebrand. De grootste dip in het versgewicht gebeurt in november waar deze ook in december weer op het niveau van het referentie scenario komt. De najaars periode lijkt dus een goede periode te zijn om makkelijk veel energie te besparen zonder veel op de productie inkomsten in te hoeven leveren. Wel moet er in de praktijk worden gewaakt voor het vruchtgewicht en het niet te ver terugvallen van de plant. Mogelijk dat dan de lampen toch al eind oktober of eerder ingeschakeld moeten worden. Ook als de daglengte van buiten te kort wordt zal er al iets belicht moeten worden om deze niet te kort te laten worden en de plant te generatief te maken.

Vergelijking Scenario's:

De vergelijking van deze scenariostudie (Figuur 11) laat zien dat er kansen liggen in het besparen van elektriciteit gedurende de zomermaanden en in het najaar. Het model voorspelt geen productiederving door de overschakeling naar LED. Iets wat verder is getest in deelproject 3 waar er voor de WUR 2030 kas is gerekend die volledig is uitgerust met LED.

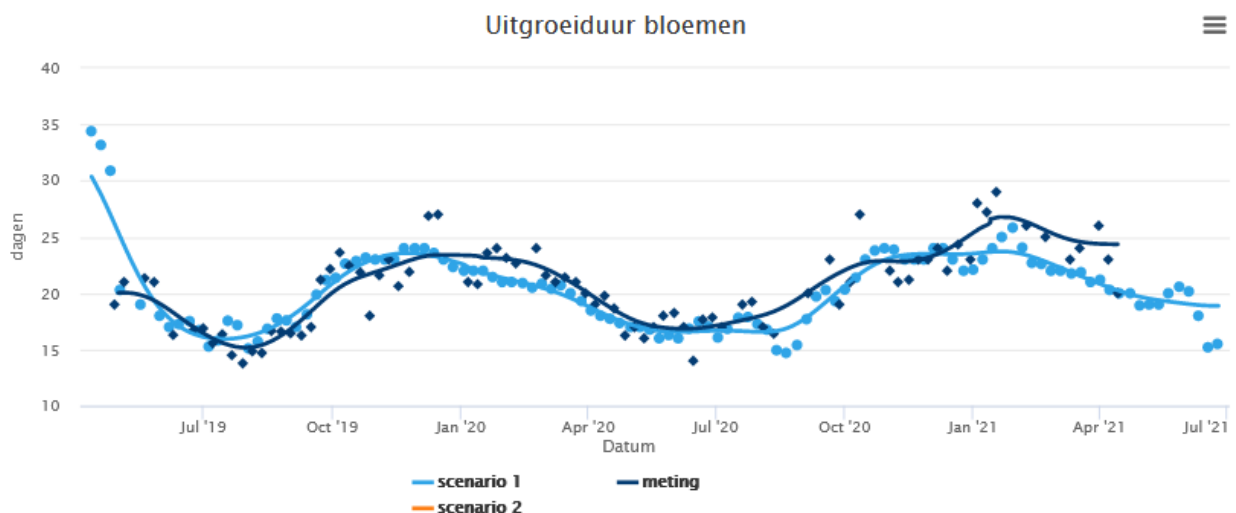
	LED i.p.v. SONT	Geen belichting zomer	Najaarsdip
Besparing elektriciteit	45,40%	13,30%	21,43%
Vershil aantal geproduceerde stelen	-0,02%	-0,07%	-1,09%
Vershil versgewicht	-0,08%	-2,19%	-3,10%

Figuur 15: Resultaten scenario studie in vergelijking met de gangbare manier van telen.

6 Resultaten deelproject 3

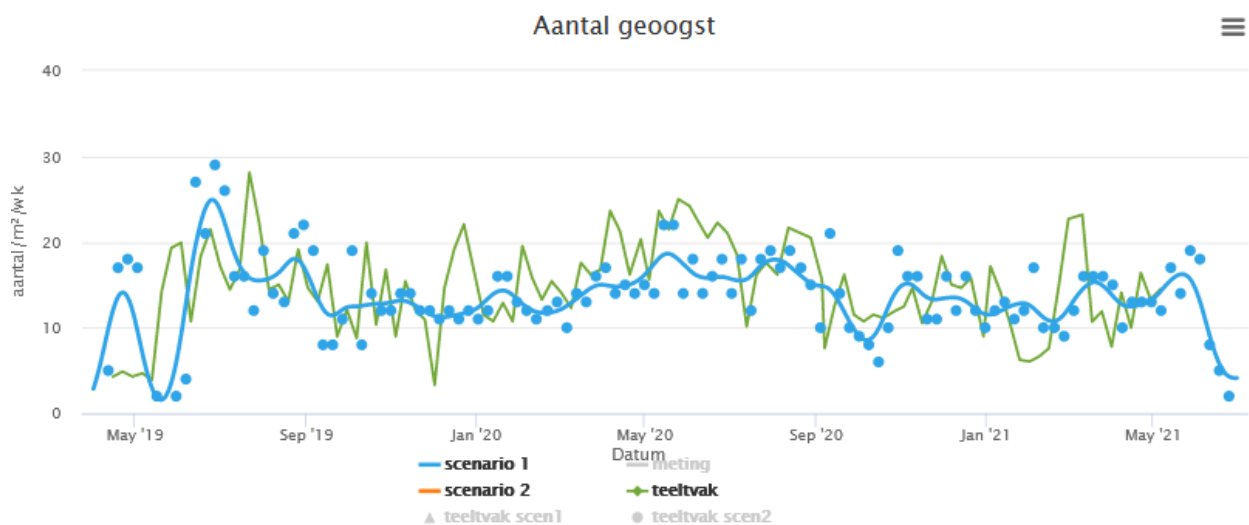
De WUR 2030 kas waarin op fossiel vrije wijze gerbera's worden geteeld is ook aangesloten op Gerberaweb. Zonder dat er parameters moesten worden veranderd kon het model goed meerekenen met het gemeten klimaat. Hierin werd rekening gehouden met LED verlichting i.p.v. SON-T belichting.

Verwacht werd dat het model moeite zou hebben met de uitgroeiduur van de bloemen door de verminderde stralingswarmte onder LED. Dit bleek echter niet het geval (Figuur 16). De LED lijkt dus weinig invloed te hebben op de uitgroeiduur van de bloemen.



Figuur 16: Uitgroeiduur bloemen meting (donkerblauw) en de door van het model berekende uitgroeiduur op basis van gemetenklimaat (lichtblauw, scenario 1).

Ook het aantal bloemen dat werd aangemaakt en wanneer deze werden geoogst bleek het model uiteindelijk goed te kunnen voorspellen. Opvallend is dat de productie veel stabiel is over het jaar gezien dan bij commerciële teelten. Dit komt omdat er een veel zwaardere licht installatie hangt die juist in de winter volledig wordt gebruikt en in de zomer veelal uit staat (Figuur 2). Het model lijkt dit tevens goed te snappen en voorspelt ook een stabielere productie (Figuur 17).



Figuur 17: Aantal bloemen geoogst gemeten (groen) en door het model berekend (lichtblauw).

7 Inpassing digital twin technologie

Bij de aanvraag van dit project was er bij de programmaraad van KaE behoefte aan inzicht in een brede toepasbaarheid van decision support tools / digital twin. Afsproken is om gedurende het project een tweetal andere gewassen op de hoogte te brengen van de potentie van digital twin technologie. De gewassen die gekozen zijn waren Alstroemeria en Kalanchoe. Voor beide gewascoöperaties is een presentatie van de mogelijkheden gehouden en men toonde zich zeer geïnteresseerd in de potentie.

Dit heeft ertoe geleid dat er in Juni 2021 een verkennende studie gestart is in opdracht van de gewascoöperatie Kalanchoe (loopt nog ten tijde van dit verslag). Onderdeel van deze studie is om de mogelijkheden voor energiebesparing in kaart te brengen. De Alstroemeria telers toonden zich eveneens enthousiast en hier kwam naar voren dat er sowieso energiebesparingsmogelijkheden zijn gezien de intensieve belichting en het feit dat de bodem gekoeld wordt.

8 Discussie

De doelstelling van het project was om de DT technologie in te zetten om de elektriciteitsinput te minimaliseren. Dit gebeurde tijdens het onderzoek op verschillende niveaus:

1. De huidige generatie belichtende bedrijven kreeg tools om te besparen met hun systemen;
2. Teeltbedrijven die over willen stappen naar ontwikkelde kennis en techniek krijgen tools om investeringen te rechtvaardigen en besparingen in LED en ontvochtiging door te rekenen;
3. Er wordt een relatie gemaakt met het onderzoek zodat nieuw ontwikkelde kennis nieuwe rekenregels sneller te integreren is;

Het op te leveren resultaat: een tool die de teler realtime informatie en handvatten geeft om efficiënter met energie om te gaan terwijl betere teelt-omstandigheden worden gecreëerd. Het idee was dat de Gerberateelt hierbij de pilot was, maar dat de techniek ook voor andere teelten toe te passen is.

8.1 Inzicht in huidige generatie belichtende bedrijven

Het is middels groeimodel inzichtelijk gemaakt dat door slim gebruik te maken van het beschikbare buitenlicht en mogelijk het verleggen van de dag, er tijdens de zomer meer licht de kas kan komen. Het optimaal benutten van het buitenlicht in combinatie met het verminderen van belichtingsuren op momenten dat er veel buitenlicht beschikbaar is lijkt dan ook een kansrijke manier voor het efficiënter omgaan met belichting. Belichten op een moment dat het gewas niet efficiënt met het licht omgaat omdat er veel licht van buiten in de kas komt, zorgt voor een minder productief gebruik van het lamplicht.

Op basis van deze redenering is er dus een bepaald optimum waarbij de LBE dusdanig laag is dat het niet meer rendabel is om extra te belichten. Waar dit optimum precies ligt is afhankelijk van de kosten en baten van het lamplicht maar wordt ook sterk beïnvloed door andere teelfactoren zoals de interactie met

CO₂. Het groeimodel maakt dit inzichtelijk: er kunnen scenario's onderzocht worden hoe het buitenlicht maximaal benut kan worden.

In hoofdstuk 6 [Resultaten deelproject 2](#) zijn twee opties doorgerekend om met de huidige generatie belichtende bedrijven energie te besparen door: niet te belichten in de zomer (lage LBE) en door een najaarsdip waarbij de belichting uitgeschakeld wordt tot einde herfst. De mogelijkheid voor bestaande belichtende kwekers om scenario's door te rekenen zorgt ervoor dat er minder keuzes 'op gevoel' gemaakt worden.

8.2 Doorrekenen LED en ontvochtiging

In deelproject 2 zijn modules ontwikkeld voor LED belichting en ontvochtiging in Gerberaweb met als doel om kwekers een tool in handen te geven om energiebesparingsopties door te kunnen rekenen. De drie scenario's die gedefinieerd zijn in § 5.1 [Scenario's](#) laten zien dat er kansen liggen in het besparen van elektriciteit gedurende de zomermaanden en in het najaar. Het model voorspelt geen productiederving door de overschakeling naar LED. Dit is verder bevestigd in deelproject 3 bij WUR.

9 Conclusie

De digital twin technologie ofwel groeimodel Gerbera is een zinvolle tool om energiebesparing mogelijkheden door te rekenen. Het kan helpen bij dagelijkse teeltbeslissingen en bij investeringsbeslissingen. De huidige bedrijven kunnen 13-21% elektriciteit besparen door respectievelijk niet te belichten in de zomer of in de herfst.

De investering in LED is niet alleen financieel door te rekenen, maar ook op het vlak van productie. Het feit dat gedurende het onderzoek ruim 10 telers frequent gebruik maken van Gerberaweb geeft aan dat e.e.a. ook in de praktijk toegepast wordt.

10 Aanbevelingen

10.1 Project inhoudelijk

De scenariostudies laten zien dat er veel mogelijkheden liggen in het efficiënter belichten zonder dat daar significante productie verliezen tegenover staan. Zeker het overschakelen naar LED zorgt voor een grote besparing. Voor de andere scenario's gaat de besparing gepaard met lichte dalingen van het aantal stelen en/of het bloemgewicht. Om hier als teler een afgewogen beslissing over te nemen is het relevant om de productprijs en de daar tegenover staan de energieprijzen mee te nemen in de beslissing. Daarvoor zou het goed zijn als deze berekening ook de stap maken naar het financiële aspect en de teler dus informeren over hoe deze scenario's op dit vlak uitpakken.

Verder is belichten maar een deel van de energievraag van de kas. Het warmteverbruik is een andere grote energie kostenpost welke logisch is om ook te optimaliseren. Ook omdat warmte en licht in teeltkundig opzicht niet van elkaar kunnen worden gescheiden. Het beïnvloeden van de belichting heeft dus ook invloed op de warmtevraag van de kas en vice versa. Het verder uitwerken van een energiemodule die op basis van inputs uit energiehandel systemen werkt zou dus een veelbelovende ontwikkeling zijn die het plaatje rond telen en energie verder inzichtelijk kan maken.

10.2 Strategisch

De digital twin technologie biedt kansen voor de glastuinbouwsector. Met het oog op verdere digitalisering van de sector is het aan te bevelen om deze techniek verder door te ontwikkelen. Sterke punt hierbij is dat beslissingsondersteunende modellen als deze veel variabelen kunnen overzien en gebaseerd zijn op plantfysiologische en klimatologische wetmatigheden.

Gerbera heeft vanaf 2017 fors geïnvesteerd in de technologie en de techniek is hier het verst gevorderd. Het is bij Gerbera aan te bevelen om de nieuwe wetenschappelijke kennis die ontwikkeld wordt in het onderzoek meteen bij aanvang van het betreffende project te koppelen aan het groeimodel. Het is belangrijk om dit voor aanvang dus bij de projectindicatie hierbij stil te staan. Deze rol ligt bij de coördinatoren van KaE en de gewascoöperatie(s).

Vanuit de programmaraad van KaE is de wens uitgesproken om de technologie breed uit te rollen daarom is het verstandig om de initiatieven van Kalanchoe en Alstroemeria te volgen.

11 Publicaties

- Blog Fokke Buwalda op sierteelt net <https://bit.ly/3h4BIDt>
- Artikel Onder Glas Editie Juni 2021
- Nieuwsbrief Kas als Energiebron <https://bit.ly/3bv9XAO>