



Belichtingsapplicatie

Rapportage tot Go/No Go moment

Arie de Gelder

Rapport GTB-1331

Rapportgegevens

Rapport GTB-1331

Projectnummer: 3242168000

PT nummer: 14888

Disclaimer

© 2014 Wageningen UR Glastuinbouw (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wageningenUR.nl/glastuinbouw. Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen UR Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

1	Aanleiding en gunning van het project	5
2	Overleg met gerbera voorlichters	7
3	Gesprek met tomaten telers	9
4	Toepassing bij roos	11
4.1	Opbouw belichtingsapplicatie voor het project:	
	Een Perfecte Roos- Energiezuinig geteeld.	11
4.1.1	Opbouw van de belichtingsinstallatie.	11
4.1.2	Gewenste lichtsom	12
4.1.3	Realistische lichtsom berekenen	12
4.1.3.1	Maximaal aantal belichtingsuren	12
4.1.3.2	Kastransmissie en verloop daarvan over het jaar	12
4.1.3.3	Globale straling	13
4.1.3.4	Berekende lichtsom	13
4.1.3.5	Controle op haalbaarheid.	13
4.1.4	Minimale lichtsom	13
4.1.5	Scherminstallaties	14
4.1.5.1	Schermtypen	14
4.1.5.2	Schermtijden	14
4.1.6	Instellingen van de belichtingsinstallatie	14
4.1.7	Gegevens uit de klimaatcomputer	15
4.1.8	Advies berekenen	15
4.1.9	Rekenslagen	15
4.1.10	Advies en opslag vullen	16
5	Advies voor No Go en motivatie daarvoor.	17
	Literatuur	19
	Bijlage 1. Werkdocument voor bespreking met Floriconsult.	21

1 Aanleiding en gunning van het project

In de projecten Het Nieuwe Telen Gerbera en Het Nieuwe Belichten Tomaat is ervaring opgedaan met de inzet van assimilatiebelichting op basis van stralingsverwachting en behoefte van het gewas (De Gelder et al. 2011, Dueck et al. 2013). De werkwijze maakt de teler bewust zijn belichtingsstrategie. Bij sterk wisselende lichtcondities in voor- en najaar kan bespaard worden op elektriciteit voor belichting en tegelijkertijd beter worden gereageerd op de licht behoefte van een gewas. Hiermee kan ca 10% op energie voor belichting worden bespaard. Door deze kennis algemeen beschikbaar te maken in de vorm van een 'Energiezuinige belichtingswijzer' kan deze besparing ook werkelijk in de praktijk worden gerealiseerd.

Vanuit de telers is regelmatig gevraagd hoe en wanneer dit systeem meer algemeen beschikbaar wordt gemaakt. In de twee genoemde projecten zijn de berekeningen uitgevoerd in een Excel spreadsheet. Voor de beperkte schaal van de experimenten was dit een goede werkwijze, voor bredere toepassing als een energiezuinige belichtingswijzer voor de telers is dit niet praktisch.

Voor het adviesmodel Cultivista voor paprika is een werkwijze ontwikkeld waarbij modellen centraal op een server worden onderhouden en de gebruiker (teler-adviseur) er lokaal voor zijn eigen situatie via een website mee kan werken. De berekening van uren belichting per dag leent zich er voor om die op een vergelijkbare wijze voor de praktijk beschikbaar te maken. Gebruikers betalen op basis van een abonnement systeem voor het gebruik. Daarmee worden de exploitatiekosten gedekt.

De basis van de belichting is een berekende groei van het gewas met de daarbij horende assimilatievraag. Deze groeilijn wordt aan het begin van een teelt gemaakt. De teler kan die zo nodig aanpassen als hij meent dat de berekende lijn niet helemaal past op zijn situatie. Daarnaast zijn bedrijfsspecifieke gegevens nodig. Vervolgens wordt dagelijks een advies voor het gewenste aantal uren belichting berekend op basis van lokale weersverwachting, geïnstalleerd lampvermogen en gerealiseerde lichtsom van de afgelopen dagen.

Voordat dit systeem operationeel is, moet het gebouwd worden. Daarin zijn twee belangrijke aandachtspunten: de berekening van de gewenste lichtsom per dag vooraf aan de teelt en de implementatie op bedrijfsniveau. Voor beide onderdelen is kennis beschikbaar, die nu specifiek voor dit advies systeem moet worden ingezet. Het project is opgezet om het systeem operationeel te maken.

In het ondernemers platform van Kas als Energiebron zijn een aantal voorwaarden aan de gunning van het project gesteld. Er moet geen drempel zijn om dit model toe te passen en daarom geen 'abonnementskosten' en dus gratis beschikbaar stellen. Het OP wil de onderhoudskosten dan liefst meteen 'afkopen' en heeft hier 5 k€ voor over voor de komende 5 jaar. In overleg tussen Dennis Medema, Ferdi van Elswijk en Arie de Gelder is daarna het volgende afgesproken:

- Het project start met een aantal bijeenkomsten met telers van tomaat en gerbera- toekomstige gebruikers- om een duidelijk pakket van eisen voor de applicatie te formuleren. Hiermee is 5 k€ van het toegekende budget gemoeid. Op basis van dit programma van eisen kan Wageningen UR een betere inschatting geven of aan de voorwaarden van het ondernemers platform kan worden voldaan en tegen welke kosten.
- Er is daarom een go/no go moment in het project opgenomen.
- Uitgangspunt is het toegekende budget voor het project. Als er enige aanvullende financiering nodig zou moeten zijn is dat bespreekbaar.
- Als blijkt dat niet aan de voorwaarde kan worden voldaan of dat dit alleen kan tegen veel hogere kosten, dan wordt beoordeeld of het project wordt stopgezet of wordt voorgesteld om het door te zetten. In dat geval zal daarvoor dan een nieuwe project aanvraag moeten worden gedaan, mocht blijken dat er extra financiering nodig is.
- Wageningen UR kijkt voor de daadwerkelijke bouw van de applicatie naar de mogelijkheid om dit, tegen lagere kosten dan zij zelf in rekening zou moeten brengen, kan worden uitbesteed aan op dit terrein gespecialiseerde bedrijven.
- Bij de bouw van de applicatie het nodig is te garanderen dat de bedrijfsspecifieke gegevens niet voor andere toepassingen mogen worden gebruikt of opgeslagen.

Deze rapportage is gemaakt om een goede onderbouwing te geven van de beslissing die nodig is voor het go/no go moment.

2 Overleg met gerbera voorlichters

Op 11 maart 2014 is er overleg geweest met de gerbera voorlichters van Floriconsult. Zij hadden vooraf een werkdocument (bijlage 1) gekregen over de opbouw van een belichtingsapplicatie. De opmerkingen die zij maakten worden in de volgende aandachtspunten genoemd.

1. Voor de gewenste lichtsom per week moet niet getracht worden om een gewasgroei-model te benaderen, maar moet een meer algemene lijn worden gemaakt door de teler, zonodig in overleg met de consultant. Daarmee kan hij dan sturen naar piek momenten e.d. De belichtingsapplicatie moet de teler dan helpen bij de operationele beslissingen.
2. Door de gegevens te bewaren van wat gerealiseerd is kan de lichtcurve worden gevalideerd en kan voor het vervolg een betere verwachting worden opgesteld.
3. Bouw een mogelijkheid in om aan te geven hoe de lichtintensiteit in de totale PAR per dag wordt meegenomen. Bijvoorbeeld boven 400 W/m² telt de straling maar voor 75% mee in de dagsom.
4. Het mag een PC toepassing zijn die wel enig rekenwerk kent. Het hoeft geen smartphone app o.i.d. te zijn. Via teamviewer of andere software kan de teler toch op zijn eigen klimaatcomputer kijken en werken.
5. Ga wel uit van globale straling en een berekende lichttransmissie en PAR opbrengst van de lampen. Veel telers hebben nog geen PAR meter in de kas en zij die er een hebben zien sterk wisselende waarden. (Schaduw effecten).
6. Het programma moet voor de zomer klaar zijn om het in het belichtingsseizoen te kunnen gebruiken.
7. Zorg er voor dat je historische gegevens kunt terughalen.
8. Maak de daglengte instelbaar per week.
9. Wek geen valse verwachtingen. Een Excel programma dat goed in te stellen is heeft een ander verwachtingsniveau- je moet toch nog iets meer zelf doen en je kunt er zelf iets meer mee- dan een tablet APP waar je alleen maar wat mee kunt simuleren en zelf niets kunt instellen. Telers zullen met een spreadsheet meer het gevoel hebben er mee te werken.
10. Zorg er wel voor dat wat automatisch opgehaald kan worden ook gedaan wordt. Een teler moet niet steeds zelf iets moeten invullen.
11. Let er op dat dit wel iets moet toevoegen aan de mogelijkheden van PAR regelingen op de klimaatcomputers.

Als aanvulling op deze opmerkingen van de consultants van Floriconsult kan het volgende worden opgemerkt. Het maken van een goede database met visualisatie achteraf om er van te leren is een aparte en lastige opgave. Opslag, visualisatie, selectie en export. Excel is daar niet het geschikte platform voor.

Een Excel sheet dat jaar gegevens opslaat kan voor onderzoek nog wel werken. Maar hoe werkt het over 5 jaar? Daarvoor is een andere oplossing nodig.

Als je alle wijzigingen bijhoud hoe hou je die beheersbaar. Elke rekenslag opslaan is mogelijk niet zinvol.

Je kunt wel een soort licht en CO₂ respons curve invloed inbouwen op de lichtintensiteit, maar je hebt geen goede CO₂ verwachting voor het niveau in de kas. Daarom is een lichtrespons effect op lichtintensiteit voldoende.

Bij de ISII van Hoogendoorn kan de belichting worden geschakeld op basis van invloeden, waarbij onder andere gekozen kan worden voor verwachte stralingssom en gerealiseerde stralingssom. Door goed kiezen van deze instellingen kan er goed op een gewenste stralingssom per dag worden gestuurd.

Bij de Context van PRIVA kunnen gerealiseerde stralingssom en de stralingsverwachting in de regeling van de belichting worden opgenomen.

Als de teler deze instellingen goed wil benutten is het nodig dat er een goede schatting is van de gewenste stralingssom en een controle op de realisatie. Een basis regeling is dus al mogelijk.

3 Gesprek met tomaten telers

Het gesprek vond plaats op 7 mei 2014 bij de Demokwekerij aansluitend aan de bijeenkomst van de begeleidingscommissie voor het project Futagrow. Binnen Futagrow is op een beperkte wijze gewerkt met lichtintegratie.

De belangrijkste vraag voor de telers is: als ik belicht, hoe efficiënt gaat het gewas dan om met het gegeven licht en kun je daar in een belichtingsapplicatie rekening mee houden?. Efficiëntie van de fotosynthese en groei van een plant is echter geen onderdeel van de applicatie. Het onderzoek daarnaar is de centrale vraag van andere projecten.

Vanuit de telers werd aangegeven dat zij alleen in najaar en voorjaar mogelijk enige besparing op belichting verwachten. In de winter heb je altijd te weinig licht per dag, ook met belichting, dan gaan de lampen in de praktijk altijd maximaal aan. De besparing moet dan zitten in najaar en voorjaar. Een berekening moet heel eenvoudig toe te passen zijn, anders zal er geen gebruik van worden gemaakt. Daarnaast is belichten en inschakelen van een WKK of inkopen van elektriciteit een complexe beslissing. Bijvoorbeeld bij gebruik van een WKK moet het licht uit als er geen warmte meer in de buffer kan. Als er in voor- en najaar het gascontract beperkingen oplegt wordt er niet belicht ook al zou dit voor het gewas wel moeten.

Deze laatste punten worden in een belichtingsapplicatie niet verwerkt.

Uit dit overleg komt het beeld naar voren dat er veel meer vraag is naar efficiëntie van toepassing van belichting, dan naar het op de plantontwikkeling afstemmen van de lichtsom per dag.

De belichtingsintegratie moet ingepast kunnen worden in een complex van operationele beslissingen rond energie inkoop.

De tomaten telers hebben de applicatie beschrijving voor roos zoals die op dat moment was gekregen, maar er verder niet meer op gereageerd.

4 Toepassing bij roos

In het projectplan voor de belichtings applicatie is niet ingegaan op toepassing in lopende onderzoeks projecten. Uitgangspunt waren toepassingen in het nieuwe telen Gerbera en bij Het nieuwe belichten tomaat. Lichtintegratie wordt toegepast in het project Perfecte Roos – Energie zuinig geteeld. In dat project was voorzien, dat uitgaande van de bestaande kennis het spreadsheet zou worden omgebouwd voor de toepassing bij rozen op het Improvement Centre. Dat proces is zeer leerzaam geweest voor het beoordelen van de vraag of een algemene applicatie gemaakt zou kunnen worden.

Onderstaande beschrijving is een weergave van hoe het spreadsheet voor roos is opgebouwd. Het spreadsheet zelf is niet in deze rapportage opgenomen.

4.1 Opbouw belichtingsapplicatie voor het project: Een Perfecte Roos- Energiezuinig geteeld.

In deze beschrijving wordt de applicatie – in dit geval een spreadsheet voor Excel2010- in een aantal stappen doorlopen. De stappen worden eerst kort omschreven en of dit eenmalig of dagelijks moet worden gedaan.

- Beschrijving van de belichtingsinstallatie - eenmalig
- Realistische lichtsom berekenen.
 - Per week het maximum aantal uren belichting per dag invoeren – eenmalig.
 - De kastransmissie invoeren – eenmalig.
 - De gemiddelde globale straling invoeren – eenmalig.
 - Een gewenst lichtplan opgeven – eenmalig, eventueel aan te passen naar aanleiding van teeltrealisatie
- Controleren of gewenst lichtplan en maximale realiseerbare lichtsom matchen. Zonodig aanpassen – eenmalig.
- Schermtype en % lichtverlies van de doeken invoeren- eenmalig.
- Instellingen van de schermen invoeren – dagelijks controleren.
- Instellingen van de belichting invoeren – dagelijks controleren.
- Gegevens ophalen uit de klimaatcomputer. Gegevens zijn nodig van schermstanden vandaag en gisteren per uur, branduren belichtingsinstallatie vandaag en gisteren per uur, verwachte straling voor vandaag en morgen per uur, gerealiseerde globale straling vandaag en gisteren per uur en gemeten PAR som vandaag en gisteren per uur- dit kan meerdere keren per dag.
- Berekeningen uitvoeren. Dit gaat automatisch na start van de berekeningen.
- Resultaten opslaan. Dit gaat automatisch na uitvoering van de berekeningen.

Bij het maken en beschrijven van de applicatie is gewerkt vanuit de gedachte dat de applicatie een meer algemene toepassing mogelijk zou moeten maken. Daarom zijn er elementen aanwezig die niet worden benut voor de specifieke toepassing voor het project: Een Perfecte Roos-Energiezuinig geteeld.

Omdat bij het uitwerken van het spreadsheet bleek dat er een groot aantal bedrijfsspecifieke zaken zijn, is het spreadsheet uiteindelijk toch beperkt gebleven tot de toepassing bij het Improvement Centre. Het spreadsheet kan wel door derden bedrijfsspecifiek worden aangepast.

4.1.1 Opbouw van de belichtingsinstallatie.

Een belichtings installatie bestaat uit een aantal groepen(N) die elk een eigen licht output hebben (I_{inst} $\mu\text{mol}/(\text{m}^2.\text{s})$). Dit kunnen SON-T of LED installaties zijn. Voor de rozenproef zijn het 4 groepen. Deze zijn beschreven in het werkblad <belichtingsinstallatie> . Hierin kunnen type en intensiteit worden aangepast.

4.1.2 Gewenste lichtsom

De gewenste lichtsom moet worden opgegeven in mol PAR/(m².week).

De gewenste lichtsom is een keuze van de teler en is afhankelijk van gewas en stadium van ontwikkeling. Hulpmiddelen bij het bepalen van de gewenste lichtsom zijn modelberekeningen en historische gegevens. Gewasgroei modellen kunnen gebruikt worden om een gewenste lichtsom te bepalen. In deze applicatie wordt dit niet uitgewerkt omdat dit een zeer complexe berekening is waarin gegevens over gewas, plantdatum en ontwikkelingsstadium van een gewas bepalend zijn voor de uitkomst. Een gesprek met een adviseur die vertrouwd is met het bepalen van de assimilaten vraag van een gewas kan helpen om een goede planning van de lichtsom per week te maken en deze eventueel tijdens de teelt aan te passen.

4.1.3 Realistische lichtsom berekenen

Bij het maken van een wekschema van gewenste lichtsom per dag is het nodig te weten of de gewenste lichtsom te realiseren is. Als dit niet het geval is moet de verwachting van de gewenste lichtsom worden bijgesteld of het uitgangspunt van het aantal belichtingsuren worden verhoogd. Dit laatste kan alleen als er nog niet maximaal wordt belicht in de betreffende weken. Om de vergelijking tussen mogelijke en gewenste lichtsom te maken zijn per week een aantal gegevens nodig: Het maximum aantal uren belichting per dag, de lichttransmissie van de kas en de gemiddelde globale straling per dag.

4.1.3.1 Maximaal aantal belichtingsuren

Per week moet worden aangegeven hoeveel uur per dag de belichtingsgroepen maximaal zullen worden gebruikt. Het aantal uren per dag kan bijvoorbeeld beperkt zijn doordat er een minimale nachtlengte nodig is of omdat er een deel van de dag geen stroom wordt ingekocht. In deze opgave van maximum aantal uren hoeft geen rekening te worden gehouden met instellingen van de belichting op basis van instraling e.d. Het gaat om het uitgangspunt waarmee gewerkt wordt. Per installatie wordt het maximum aantal uren per dag opgegeven in het werkblad

<MaxUrenLicht>.

Een normaal jaar heeft 365/7=52.1 weken. Om te voorkomen dat weeknummer 53 tot fout waarden leid, wordt in de applicatie gewerkt met 53 weken per jaar.

4.1.3.2 Kastransmissie en verloop daarvan over het jaar

De lichttransmissie van de kas moet gegeven worden. Deze kan worden bepaald op basis van algemene specificaties of door analyse van historische gegevens over globale straling en in de kas gemeten PAR. Het verloop van de lichttransmissie van de kas over een jaar (Trd) kan worden berekend op basis van de volgende formule (Bron: Edwin van der Knaap, DLV).

$$Tr_d = C * Tr_{max} * (A * \ln(H_{dmax}) + B).$$

Hierin zijn Tr_{max} en A en B empirisch bepaalde constanten.

Edwin van de Knaap gebruikt: $Tr_{max} = 0.72$, $A = 0.165$ en $B = 0.15$.

De constante C is een maat voor reductie van de straling door coating. Omdat in de rozenproef geen coating wordt gebruikt is deze in de applicatie gelijk aan 1.

H_{dmax} is de maximale hellingshoek van de zon op een dag. Deze is afhankelijk van de breedte graad. Voor Nederland is die goed te benaderen door een sinus functie.

De beste fit relatie tussen PAR en globale straling in de rozenproef bij het Improvement Centre levert de functie $Trd = 0.80 * (0.184 * \ln(H_{dmax}) + 0.108)$.

Met $H_{dmax} = 38 - (\sin((\text{weeknummer} * 7 + 63.5) * 360 / 365 * \pi() / 180)) * 23.5$.

Er zijn aantal opmerkingen bij deze formule.

1: De beste fit was niet symmetrisch rond de langste dag maar enigszins verschoven ten opzichte daarvan. Dit wordt uitgedrukt in de verschuiving van het dagnummer in de sinusfunctie van H_{dmax} met het getal 63.5. Deze verschuiving is niet logisch verklaarbaar.

2: In de formule voor lichttransmissie heeft E. van der Knaap een factor voor gebruik van krijt. Daardoor wordt de lichttransmissie verlaagd door een coatingsreductie als er coating (krijt) is gebruikt. Deze is in de applicatie niet toegepast omdat er geen coating wordt gebruikt.

3: Voor internationale toepassing moet de functie voor de stand van de zon afhankelijk worden gemaakt van de breedtegraad en moet de demping van de lichttransmissie over het jaar opnieuw berekend worden.

4: Voor toepassing van coating(krijt) zou deze per week moeten worden gedefinieerd met daarbij een percentage lichtreductie dat wordt bereikt.

Er wordt in de berekening geen rekening gehouden met het verminderen van de hoeveelheid natuurlijk daglicht door gebruik van schermen.

De gegevens voor de formule voor lichttransmissie worden ingevuld in het werkblad <Kastransmissie>.

4.1.3.3 Globale straling

De natuurlijke lichtsom is af te leiden van een gemiddelde waarde van de globale stralingsmeter van de teler over de afgelopen jaren of van een KNMI meetpunt in de omgeving.

Gegevens weerstations zijn te downloaden van <http://www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/selectie.cgi>

De gemiddelde dagelijkse straling per week wordt ingevuld in het werkblad <Globale straling>.

De globale straling (I_{glob}) kan worden omgerekend naar PAR licht in de kas op basis van de volgende gegevens

$$PAR = 0.50 * 4.6 * I_{glob} * Trd$$

Aandeel PAR in de globale straling is 50 % en 1 Joule is 4.6 μ mol (Rapport Optimaal gebruik van natuurlijk licht in de glastuinbouw. Hemming et al. 2004 Tabel 2 blz 9).

4.1.3.4 Berekende lichtsom

De PAR op basis van de globale straling samen met de maximale hoeveelheid PAR van de installatie (uren * output) geven de berekende lichtsom per dag die onder normale omstandigheden te realiseren is.

Bij deze berekeningen wordt niet gerekend met de effecten van schermen.

Vermindering van PAR in de kas door schermen wordt verwerkt bij de dagelijkse berekeningen, omdat dan beter rekening gehouden kan worden met de actuele instellingen.

4.1.3.5 Controle op haalbaarheid.

Door de gewenste lichtsom te vergelijken met de berekende lichtsom kan worden bepaald of met de gebruikte uitgangspunten de gewenste lichtsom in theorie is te realiseren. Dit wordt in een grafiek weergegeven in het werkblad <Berekening 1 Lichtsom>. Onder de grafiek staat een aanduiding of er weken zijn waarin de gewenste lichtsom met de gekozen uitgangspunten niet gerealiseerd zal gaan worden.

De actie die kan volgen is de gewenste lichtsom in die weken verlagen of het aantal uren belichting per dag in die weken verhogen. Verlagen van de gewenste lichtsom betekent dan de teeltstrategie anders zal zijn dan gepland. Verhogen van de belichting kan alleen als er nog niet continu wordt belicht en dit voor de plant mogelijk is.

4.1.4 Minimale lichtsom

Als een aantal lichtrijke dagen gevolgd wordt door een sombere dag kan een integrerend programma theoretisch uitkomen op een lage waarde aan belichting. Het gevolg is dat de lichtsom voor die dag uit kan komen op een ongewenst lage waarde. Om dit te voorkomen wordt een drempel van gewenste lichtsom ingesteld die tenminste moet worden gehaald. Deze wordt uitgedrukt in % van de gewenste lichtsom. Dit gegeven wordt ingevoerd in het werkblad <parameters>.

4.1.5 Scherminstallaties

4.1.5.1 Schermtypen

Er is om twee redenen informatie nodig over scherminstallaties.

- Als er binnen geen PAR meting is moet bij gesloten scherm installaties een factor voor lichtreductie worden meegenomen om de globale straling om te rekenen naar PAR in de kas.
- Voor de berekening van de verwachting in straling is het nodig om te weten wanneer en hoeveel licht er mogelijk wordt weggeschermd. Deze informatie is altijd nodig, ook al is er een PAR sensor in de kas.

In het werkblad <*schertype*> kan voor 4 mogelijke scherminstallaties het type en de lichtreductie worden ingevuld. Eénmalig moet worden ingevuld wat het % lichtreductie van energiescherm, schaduw scherm en vast folie is.

4.1.5.2 Schermtijden

De instelling van de doeken in klimaatcomputers zijn complex. Er zijn meerdere perioden en er zijn verschillende invloeden instelbaar per periode die de mate van sluiting bepalen. Voor de belichtingsapplicatie is de periode tussen zon-op en zon-onder belangrijk, omdat dit effect heeft op het natuurlijke licht dat de plant ontvangt.

In het werkblad <*Parameters*> wordt per scherm aangegeven of een scherm open of dicht is.

Voor een verduisteringsscherm wordt er van uit gegaan dat dit op een ingestelde tijd opent en sluit. De tijd moet worden opgegeven in hele uren. Als een verduisteringsdoek wordt gebruikt als lichthinderdoek in de nacht kan de tijd van openen op 0 uur worden gezet en de tijd van sluiten op 24 uur omdat het doek niet overdag wordt gebruikt en dus geen natuurlijk licht wegneemt.

Een energiedoek gaat open boven een ingestelde waarde van straling in W/m^2 . Als er twee energiedoeken in een kas zijn moet de waarde van het doek dat het langste dicht blijft worden opgegeven.

Een schaduwdoek sluit bij een straling boven een ingestelde waarde van straling in W/m^2 .

Een vast folie is aan- of afwezig.

Er wordt niet gerekend met een dode zone voor openen en sluiten van het energie- en schaduwdoek.

Er wordt niet gerekend met schermkieren. Een doek is open of dicht.

De waarden van de instellingen van de schermdoeken, tijden, stralingsgrens en aanwezigheid, moet dagelijks voorafgaand aan de berekeningen worden gecontroleerd.

NB. Het spreadsheet gaat uit van de situatie in het project Perfecte Roos. Het aanpassen aan de bedrijfsspecifieke situatie van de scherminstallatie is essentieel. Dit is daarom een van de redenen dat een generieke applicatie niet haalbaar lijkt.

4.1.6 Instellingen van de belichtingsinstallatie

In de klimaatcomputers kan het belichten worden ingesteld voor meerdere periodes en met aan en uitschakelen onder invloed van meerdere factoren. De belangrijkste instelling voor aan- of uitschakelen van een belichtingsgroep is de gemeten natuurlijke straling in W/m^2 . Een tweede belangrijke schakeling is de minimale periode dat de belichting volledig is uitgeschakeld; de donkerperiode voor de plant. Deze informatie is nodig om een goede berekening van de verwachte belichting te kunnen maken. Er wordt niet gerekend met instellingen zoals gerealiseerde lichtsom waarboven de belichting, als die uit is, niet meer aangezet mag worden.

In de situatie van het IC worden de belichtingsgroepen voor Son-T per dag in een andere volgorde aangezet.

Hiermee moet in de berekening rekening worden gehouden. Daarom worden in het spreadsheet de aanduidingen van de systemen 1 t/m 4 omgezet naar systeem A t/m D waarbij A altijd de groep is die het eerste start. Dit kan dus systeem 1, 2, 3 of 4 zijn afhankelijk van de volgorde.

Ook deze wisseling in volgorde maakt een algemene applicatie moeilijker.

Uitgangspunt is dat de belichting als deze voor zon-op wordt aangezet pas uitgaat als er voldoende licht is of de donkerperiode begint. Met dit uitgangspunt is de starttijd van de belichting de variabele parameter. Deze starttijd zal in de praktijk door de teler, op basis van het advies voor belichting, moeten worden aangepast.

Voor de berekening van de maximale extra belichting is informatie over duur van de belichting, eind tijd belichting en niveau van uitschakelen van de belichting op straling nodig.

Deze informatie wordt ingevuld in het werkblad <parameters> en moet door de teler dagelijks worden gecontroleerd en bevestigd.

4.1.7 Gegevens uit de klimaatcomputer

Om berekeningen te kunnen maken is informatie over de realisatie van de afgelopen periode nodig.

Dit betreft de gemeten uur gegevens van:

- Globale stralingssom van gisteren en vandaag.
- Parsom van gisteren en vandaag (*nb als deze aanwezig is en goed functioneert*).
- Het aantal branduren per lichtstelsel van gisteren en vandaag.
- De gerealiseerde doekstand per scherm installatie.

In het spreadsheet is de verwijzing naar directories waar gegevens staan ingevuld in het werkblad <Gegevenscomputer1>. Dit is specifiek voor de machine waarop dit Excel spreadsheet wordt gebruikt. Het algemeen maken van dit onderdeel is waarschijnlijk wel te doen, maar vraagt tijd en aandacht om het foutloos te laten werken.

NB(1) als de PARsom aanwezig is, is de informatie over schermstanden niet nodig. Dit is het geval voor de berekeningen in het voorbeeld van het IC roos.

NB(2) in het voorbeeld van het IC zijn ook onnodige gegevens opgenomen in de geïmporteerde data. Die zijn worden in de berekening niet gebruikt.

- Verder is informatie nodig over de verwachting dit betreft:
Globale straling buiten in W/m² voor vandaag en morgen per uur.

NB(3) Deze gegevens kunnen bij de PRIVA computer via automatische acties voor grafieken worden geëxporteerd. De gegevens komen dan als uur waarden beschikbaar.

Het kopiëren en inlezen van gegevens wordt geregeld via macro's in Excel. Deze macro's zijn geschreven op een wijze dat ze helaas nog zeer gevoelig zijn voor verschuivingen e.d. in werkbladen en namen. Dit zou veel beter en algemener moeten om problemen bij toepassing in het algemeen te voorkomen.

Het totale spreadsheet is niet beveiligd tegen wijzigingen. Dit kan wel.

4.1.8 Advies berekenen

Als alle gegevens kloppen kan op het werkblad <start werkblad> de datum worden bepaald waarvoor het advies moet worden berekend. Er is in dit spreadsheet niet gewerkt met een kalender functie. Dit zou wel moeten kunnen, in eerdere versies van Excel werkte dat, maar in Excel2010 heb ik dat nog niet uitgezocht.

Als de juiste datum is ingevuld kan met de macro knop Bereken nieuw advies de verwerking worden gestart. Vanaf daar moet de berekening dan automatisch lopen.

4.1.9 Rekenlagen

Als de gegevens zijn opgehaald volgen de rekenlagen.

1. De eerste stap is op basis van de verwachting van de intensiteit van de globale straling per uur voor de rest van de dag en de volgende dag berekenen wat de lichtintensiteit in de kas in $\mu\text{mol}/(\text{m}^2.\text{s})$ PAR zal zijn. Daarbij wordt rekening gehouden met het sluiten van een schaduwdoek boven een bepaalde waarde, het gesloten houden van een energiedoek onder de gegeven waarde en het sluiten van een verduisteringsdoek tijdens de lichtperiode en de aan- of afwezigheid van vast folie.
2. De tweede stap is berekenen of gegeven de verwachte globale straling en het tijdstip van de dag een belichtingsgroep aan of uit zal staan.
3. De derde stap is bepalen of er vandaag belichting moet worden bijgeschakeld of afgeschakeld. Dit is een bewerkelijke stap omdat bekend moet zijn in welke volgorde de groepen bij- en afschakelen.

Uit de gerealiseerde gegevens wordt de lichtsom van gisteren en voor vandaag tot het moment dat de berekening wordt uitgevoerd bepaald. Een keuze daarbij is of de lichtsom wordt gerekend van zon-op tot zon-op of per 24 uur. Mijn voorkeur heeft de lichtsom over 24 uur dus van middernacht- middernacht. Maar telers werken vaak met zon-op tot zon-op omdat ook voor bijvoorbeeld temperatuur periodes nacht en dag wordt als grens wordt gehanteerd. Het lastige daarvan echter is dat je dan steeds zon-op moet vaststellen. Het blijkt dat tussen de PARsom uit de Integro en de berekening van de PARsom op basis van uurwaarden voor gemeten PAR er een verschil kan ontstaan. Het in Excel vinden van de juiste waarde van de PARsom rond zon-op is een lastige opgave. Het bepalen van de som van de PAR over 24 uur is eenvoudiger en dat is in dit geval gedaan.

Als er geen PAR meting in de kas is moet de lichtsom worden bepaald uit de globale stralingssom, de kastransmissie en de schermuren in combinatie met de lichtdoorlatendheid van de schermen.

Voor een belichtingsinstallatie, die niet bijdraagt aan intensiteit zoals door de PAR meter wordt geregistreerd, wordt uit de belichtingsuren en het vermogen van de installatie berekend, hoeveel licht deze installatie aan de gemeten of de op basis van globale straling berekende lichtsom heeft toegevoegd.

Op basis van lichtverwachting voor het restant van de tijd van vandaag en de lichtverwachting voor morgen en de instellingen voor de belichtings- en scherminstallaties, wordt berekend hoeveel uren de belichting bij de huidige instellingen nog zal branden en hoeveel licht de plant nog zal ontvangen die dag en morgen.

De lichtrealisatie van de afgelopen 3 dagen en de verwachting voor vandaag en morgen wordt gebruikt om te berekenen of het aantal belichtingsuren dat bij de huidige instellingen gerealiseerd gaat worden voldoende is of te weinig of te veel om de gewenste lichtsom per dag te realiseren. Voor de weging van de bijdrage van de afgelopen dagen wordt een gewogen gemiddelde gebruikt. Daarbij geldt de lichtsom van vandaag als 4 delen, één dag terug voor 3 delen, twee dagen terug voor 2 delen en drie dagen terug als 1 deel.

Als het aantal te weinig is volgt een advies om meer uren te gaan belichten. Als het aantal te hoog is volgt een advies om minder uren te gaan belichten.

De rekenstappen voor het bepalen van het advies zijn complex in die zin dat de formules in Excel vol staan van "als dan" statements.

Bij de berekening is het uitgangspunt dat alles gedaan wordt op basis van hele uren. Dus ook als de belichting maar maximaal 11.5 uur brand wordt de berekening gedaan op basis van hele uren. Dus afgerond op 12 uur. Dit geeft een kleine afwijking in het advies.

4.1.10 Advies en opslag vullen

De laatste stap na het proces van berekenen is het opslaan van de berekende waarde op een werkblad waar de gegevens per dag worden bewaard en het tonen van het advies voor de betreffende dag.

Dit is een hele reeks kopieer acties die door een macro worden uitgevoerd.

De gerealiseerde en gewenste lichtsom kan in een grafiek <resultaat> worden getoond. Daarbij moet zonnig de x-as worden aangepast om de juiste periode te tonen.

5 Advies voor No Go en motivatie daarvoor.

Een voorwaarde gesteld in het gesprek met Ferdi van Elswijk was een duidelijk pakket van eisen voor de applicatie te formuleren.

Uit de gesprekken met de voorlichters van Gerbera en de telers van tomaat komen een aantal duidelijke eisen, maar ook verschillen van inzicht naar voren.

Het belangrijkste verschil is de mate waarin de lichtbehoefte van een gewas is afgeleid van de momentane fotosynthese efficiëntie en hoe deze momentane waarde in de applicatie wordt gebruikt. Teler geven aan dat voor tomaat dit laatste een belangrijk vereiste is. Daarmee kom je meer op het gebied van een operationele fotosynthese meter of een groeimodel.

Bij Gerbera is het de vraag of er een drempel in bovenwaarde voor lichtintensiteit moet worden ingebouwd. Door de voorlichters van Gerbera wordt een applicatie gezien als een tussenstap naar toepassing van een gewasgroeimodel.

De voorlichters willen een duidelijk historisch inzicht hebben als de applicatie wordt gebruikt.

Zowel voorlichters als telers verwachten dat een applicatie maar enkele maanden in het jaar zal worden benut en dat de meerwaarde voor toepassing vooral zal moeten komen van inpassing in het geheel van operationele beslissingen van de ondernemer.

De uitgebreide beschrijving die gemaakt is van het Excel spreadsheet voor het project Perfecte Roos Energie zuinig geteeld laat zien dat een algemene applicatie lastig is te maken. Elk bedrijf heeft zijn specifieke situatie met belichtings installatie, scherm installatie en klimaatcomputer. De klimaatcomputer is generiek in software, maar de koppelingen met de hardware zijn bedrijfsspecifiek. Juist de koppelingen met belichting en scherminstallatie en gemeten straling buiten en/of PAR in de kas moet per bedrijf in de applicatie worden verwerkt. Dit maakt het onhaalbaar om een algemene applicatie te maken, die geen extra kosten van installatie en onderhoud met zich mee mag brengen. Juist dit laatste was een belangrijke voorwaarde van uit het ondernemers platform voor een Go voor het vervolg.

De stappen van rekenslagen en opslag van data zijn goed te doen.

Op basis van de gesprekken en de ervaring met het toepassen van de belichtingsapplicatie voor het project Perfecte Roos – Energiezuinig geteeld is het advies om het project niet verder door te laten lopen, maar bij het Go/ No Go punt met een NO GO af te sluiten. Er zijn twee doorslag gevende argumenten.

1. De verwachting van telers is meer gericht op fotosynthese efficiëntie om op basis daarvan belichting aan op uit te schakelen.
2. De specifieke koppelingen met de verschillende hardware systemen bij ondernemers maken het niet realistisch om een algemene applicatie te maken, die geen extra kosten en onderhoud met zich mee zal brengen, of binnen de door het ondernemers platform beschikbare afkoopsom is te realiseren.

Literatuur

Gelder, Arie de; Warmenhoven, M.G. ; Mei, M. van der; Groot, M. de; Grootsholten, M., 2011.

Het Nieuwe Telen: Gerbera - Teeltseizoen: 2010-2011 Wageningen UR Glastuinbouw,
(rapporten GTB 1138) - p. 50

Dueck, T.A. ; Gelder, A. de; Janse, J. ; Baar, P.H. van; Eveleens, B.A. ; Grootsholten, M. , 2013.

Het Nieuwe Belichten bij tomaat met minder CO₂ Wageningen UR Glastuinbouw,
(Rapporten GTB 1232) - p. 44

Bijlage 1. Werkdocument voor bespreking met Floriconsult.

Licht plannings applicatie

Doel: Sturing van belichtinguren op gewenste lichtsom per dag.

Wat is hiervoor nodig.

Stap 1. Gewenste lichtsom

Er moet een gewenste lichtsom in PAR per dag worden bepaald. Dit is afhankelijk van het type gewas en het stadium van gewasontwikkeling.

Bij Gerbera en Roos in volle productie is het gewas in balans en heeft het een gewenste lichtsom per dag die bepaald wordt op basis van de plantdichtheid, gewenst aantal bloemen en gewicht van de bloemen en de etmaaltemperatuur die wordt gehandhaafd.

Voor Gerbera is bij HNT in periode 12, 13, 1 en 2 een lichtsom aangehouden van ca 0.96 en 0.93 mol PAR/(m².week.dag.bloem). Bij een productie van 9-11.5 bloemen per week is dit een lichtsom tussen 8.5 en 11 mol PAR per dag bij een daglengte van 11.5 of 10.5 uur.

Voor roos is de aanname een lichtsom per dag van 18 mol PAR en oplopend tot 21 mol PAR in de zomer. Voor tomaat is de gewenste lichtsom afhankelijk van de plantontwikkeling (plantdatum) en de gewenste productie in kg/week. De lichtsom loopt bij een jong gewas snel op en blijft dan redelijk stabiel. In het voorjaar als de lichtintensiteit toeneemt wordt de stengeldichtheid en daarmee de plantbelasting. Dan neemt ook de gewenste lichtintensiteit toe.

De vraag is op welke wijze moet in een belichtingsapplicatie de gewenste lichtsom worden bepaald?

Heel accuraat

op basis van actuele stand van gewas met een modelberekening die gevoed wordt met actuele plantbelasting?

Globaal

op basis van algemene aannames en met als uitgangspunt wat de installatie redelijker wijs als belichting zou kunnen leveren? Bijvoorbeeld een installatie van 100 $\mu\text{mol}/\text{cm}^2.\text{s}$ kan bij een daglengte van 12 uur maximaal 4.3 mol/m² PAR leveren. Van nature levert de zon een maximale hoeveelheid globale straling van ... er dag dus is en maximaal ... mol/m² PAR per dag beschikbaar.

Mijn ervaring is dat een globale aanduiding zoals bij Gerbera en Roos is gebruikt goed kan werken. Bij tomaat moet de globale aanduiding iets specifiekere op basis van plantdatum en eerste groei.

Voor een goede licht planning is deze fase echter wel cruciaal. Alle stappen daarna is gewoon rekenwerk. Al schrijvende over dit stuk is kom ik tot de conclusie dat een goede PAR meting in de kas een absolute voorwaarde is voor een berekening van de lichtintegratie. Als die er niet is moet met te veel aannames over lichttransmissie en schermgebruik en branduren van de installaties worden gewerkt.

Stap 2. Gegevens over de installatie

Alle bedrijven met klimaatcomputers beschikken over een globale stralingsmeter. Aangenomen wordt dat dit de standaard is.

Is er in de afdeling die met lichtintegratie gestuurd gaat worden een PAR sensor? Zo niet dan moet op basis van aannames over lichttransmissie en gerealiseerde schermstanden een berekening worden gemaakt van de PARsom per dag.

Zo ja. Zijn het er één of meerdere? De voorkeur heeft meerdere puntmetingen omdat dan schaduw van constructie delen dam minder van invloed is. Een lijnsensor of een serie puntmetingen geeft een nog betere waarde.

Hoe is belichtingsinstallatie opgebouwd.

- Aantal groepen van de belichting en het vermogen in $\mu\text{mol}/(\text{cm}^2.\text{s})$ per groep.
- Worden alle groepen gemeten met de PAR sensor in de kas?
- Als een PAR sensor aanwezig is. Wat meet de PAR sensor aan intensiteit per ingeschakelde groep zonder invloed van buitenlicht.

Hoe is belichtingsinstallatie opgebouwd.

- Aantal schermen en de mate van lichttransmissie van een scherm.
-

Lichttransmissie van de kas

- Wat is de coëfficiënt van PAR/Globale straling als er geen scherm dicht is of belichting aan. Als er geen PAR meter aanwezig is moet deze geschat worden op basis van algemene aannames over de kas.

Stap 3. Gegevens klimaat gerealiseerd en verwacht

In de klimaat computer moeten de data worden opgeslagen en geschikt gemaakt worden voor export. Of de data moeten in een externe data base zijn opgenomen.

Dit betreft data van

- Gemeten stralingssom van gisteren.
- Gemeten PAR som van gisteren.
- Gemeten straling per 5 minuten van vandaag.
- Verwachte straling per uur van vandaag en morgen.
- Gemeten PAR per 5 minuten van vandaag.
- Gemeten uren belichting per streng/groep van vandaag en gisteren.
Nodig als er geen binnen gemeten PAR is of als een streng niet meegenomen wordt in de meting van de PAR.
- *De instellingen per streng groep waarop wordt geschakeld*

Omdat klimaat computers hiervoor vaak tot 6 perioden kennen zijn de instellingen complex om over te nemen. Daarbij is de weergave per klimaatcomputer anders. Wat zijn start en stoptijden belichting en bij welk niveau van lichtintensiteit of stralingssom wordt de belichting uitgeschakeld.

- Schermstanden per scherm per 5 minuten.
Nodig als er geen binnen gemeten PAR is.

De instellingen per scherm waarop wordt geschakeld.

Omdat klimaat computers hiervoor vaak tot 6 perioden kennen zijn de instellingen complex om over te nemen. Daarbij is de weergave per klimaatcomputer anders. Bij welke intensiteit van buitenlicht gaat een schaduw scherm dicht. Wat zijn begin en eindtijd van verduisteringsdoeken of lichthinder doeken.

NB de instellingen van het energie scherm wordt hier niet mee genomen omdat dan ook nog met die instellingen en buitentemperatuur gewerkt moet worden. Een overdag gesloten energiescherm kost licht. Dit is voor de berekeningen geen probleem als in de kas een PAR meter aanwezig is. Als die niet aanwezig is kan er geen goede berekening van lichtverwachting worden gemaakt.

Stap 4. Het rekenwerk

Met de gewenste lichtsom en de gegevens over realisatie en verwachting kunnen berekeningen worden gemaakt over de te verwachten belichtingsstrategie en hoe deze aansluit op de gewenste lichtsom. Dit is volgen van rekenregels.

1. Bepaal wat op basis globale straling, belichtingsinstellingen en schaduw doek instellingen te verwachten is aan PAR van de zon + de lampen en het aantal uren dat de lampen zullen branden nog de rest van de dag en morgen.
2. Zet deze uitkomsten in een soort data base waarin het nog gewenste aantal uren wordt berekend.
3. Toon de uitkomsten.

Stap 5. De output

Het programma moet een advies geven over het aantal belichtingsuren.

Maar moet dit nog worden vertaald in een actie. Bijvoorbeeld de start tijd van de belichting aanpassen of het niveau van uitschakelen van belichting aanpassen. Ik heb nu een belichting in uren meer/minder maar je kunt ook tonen wat de verwachte lichtintensiteit is. Je zou ook kunnen denken aan veranderingen van de instellingen voor scherm en belichting voor reactie op globale straling.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen UR Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wageningenUR.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-1331

Wageningen UR Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.