

Spathiphyllum

Gewas vol energie

Fase 1: Vooronderzoek

DLV Plant

Postbus 7001

6700 CA Wageningen

Agro Business Park 65

6708 PV Wageningen

T 0317 49 15 78

F 0317 46 04 00

E info@dlvplant.nl

www.dlvplant.nl

Gefinancierd door

Productschap Tuinbouw (PT)

Postbus 280

2700 AG Zoetermeer

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV)

Directie Landbouw Bedrijfsvoering en Organisatieontwikkeling

Postbus 20401

2500 EK Den Haag

Uitgevoerd door

DLV Plant: Helma Verberkt en Erik de Rooij

WUR Glastuinbouw: Filip van Noort en Frank Kempkes

PT - Projectnummer: 13878



Dit document is auteursrechtelijk beschermd. Niets uit deze uitgave mag derhalve worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch door fotokopieën, opnamen of op enige andere wijze, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLV Plant. De merkrechten op de benaming DLV komen toe aan DLV Plant B.V.. Alle rechten dienaangaande worden voorbehouden. DLV Plant B.V. is niet aansprakelijk voor schade bij toepassing of gebruik van gegevens uit deze uitgave.



Ministerie van Landbouw, Natuur en
Voedselkwaliteit



Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding en doel	5
2 Opzet vooronderzoek	7
3 Teeltprotocol	8
4 Resultaten	9
5 Conclusies	18
Bijlage 1 Aanpassingen teeltprotocol	19
Bijlage 2 Basis setpoints Kaspro	20

Samenvatting

Voor de glastuinbouw is het van groot belang om minder afhankelijk te zijn van fossiele energie. De teelt van Spathiphyllum is relatief lang. Afhankelijk van de gewenste grootte en het ras varieert de teeltduur tussen de 15 en 50 weken. Het gasverbruik op Spathiphyllum bedrijven varieert per bedrijf en teeltconcept. Het energieverbruik ligt gemiddeld op ca. 40 - 45 m³/m².jaar. Telers hebben zich ten doel gesteld om, per m² per jaar, met 25 m³ gas Spathiphyllum te telen zonder kwaliteitsverlies en een teeltduurverkorting van 20% te behalen. Deze rapportage geeft een verkenning weer waarin de mogelijkheden om tot deze vergaande energiebesparing te komen zijn weergegeven. De volgende vier systemen zijn doorberekend:

- referentieteelt praktijklocatie,
- praktijklocatie met energiezuinige teelt,
- proeflocatie met diafragmascherm en de
- ZonWindKas.

De verwachting is dat ten opzichte van de referentieteelt energiebesparing mogelijk is door schermen in plaats van krijten en slimmer te stoken met grotere temperatuurgrenzen. Het diafragmascherm geeft de mogelijkheid om sneller, constanter en meer zonlicht toe te laten en niet of minder te krijten en daardoor de gratis energie beter te benutten. Hierdoor kan energie bespaard en beter van het natuurlijke licht geprofiteerd worden. Ook zal er meer met temperatuurintegratie geteeld kunnen worden om efficiënter om te gaan met de beschikbare energie. Verdere energie-efficiëntie is te bereiken door een gerichtere teeltsturing. De verwachtingen van de ZonWindKas zijn hoog. In deze kas is het lichtniveau goed te regelen en is hoogwaardige warmte te genereren en te hergebruiken. Er zijn lagere kastemperaturen haalbaar bij zonnige omstandigheden dan bij conventioneel. Belangrijk hierbij is de mogelijkheid tot energieoogst en het telen onder 'energie verzamelende' lamellen nader te onderzoeken in gewassen die onder lage lichtintensiteiten geteeld worden. In teelten met een beperkte lichtbehoefte en dus veel geschermd, geeft juist de zonwind kas goede mogelijkheden om energie te oogsten en later te hergebruiken. Op basis van een opgesteld teeltprotocol per systeem zijn berekeningen uitgevoerd met het kas simulatiemodel KASPRO.

In de tabel zijn de belangrijkste resultaten weergegeven. Hierbij is uitgegaan dat tweederde van de teelt vegetatief en één derde van de teelt generatief is. Bij verdere aanpassing van het teeltschema / teeltsturingsmodel is de verwachting dat de teeltduur aanmerkelijk verkort kan worden en is verdere energiebesparing per eenheid product / plant in de praktijk haalbaar.

Tabel. Overzicht enkele gebruiksgetallen op bedrijfsniveau (jaarbasis)

	Gasgebruik [m ³ /m ²]	warmtevraag [kWh/m ²]	Elektriciteit belichting [kWh/m ²]
Referentie	44.1	388	0.0
Praktijk Energie Zuinig	28.9	254	26.5
Onderzoekkas met diafragma	26.5	233	26.5
ZonWindKas	17.7	156	26.5

Uit het nog te publiceren onderzoeksrapport over de Demo-kassen is informatie te halen over opslag van warmte en warmteverliezen van de ZonWindKas. Uit dat document blijkt dat in de zomer van 2009 met Anthurium ongeveer 22 m³ aardgasequivalenten per m² warmte is opgeslagen met een temperatuur van 65°C. De warmteverliezen in de buffer worden (bij opschaling) op 9% van de buffercapaciteit geschat (2 m³). Uitgaande van deze cijfers zou het mogelijk moeten zijn om Spathiphyllum, die nog iets meer geschermd wordt dan Anthurium, warmtezijdig energieneutraal te telen.

Dit project is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw (PT) en Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) binnen het kader van het Energieonderzoeksprogramma 'Kas als Energiebron'. Uitvoerders in dit project zijn DLV Plant en Wageningen UR Glastuinbouw. Het project is in nauwe samenwerking uitgevoerd met de leden van de BCO van de landelijke Spathiphyllum commissie van LTO Groeiservice.

1 Inleiding en doel

Voor de glastuinbouw is het van groot belang om minder afhankelijk te zijn van fossiele energie. De teelt van *Spathiphyllum* is relatief lang. Afhankelijk van de gewenste grootte en het ras varieert de teeltduur tussen de 15 en 50 weken.

Spathiphyllum is een teelt met hoge kostenposten, met name voor energie. Naar verwachting kunnen er forse stappen gemaakt worden om een grote rendementsverbetering te bewerkstelligen. *Spathiphyllum* geeft in het voorjaar voorbloeï en dan is een hoge temperatuur in de vegetatieve fase gewenst om de voorbloeï te voorkomen. In de nazomer en met name in het najaar ontstaat veelal bloeïuitstel door te hoge temperaturen en dat is ook niet gewenst. Uit voorgaand onderzoek is gebleken dat temperatuur en licht belangrijke sturingsfactoren zijn bij *Spathiphyllum*. Belangrijk hierbij is sturing van PAR-licht, invloeden van vocht, CO₂ en temperatuur.

In de teelt van *Spathiphyllum* worden 3 teeltfasen onderscheiden met elk hun doel en gewenste teeltcondities, te weten opkweekfase, bloeiinductiefase en afkweekfase. Er is een generiek fotosynthesemodel voor *Spathiphyllum*. Belangrijk is dit te verfijnen naar de invloed van het vocht en de huidmondjesreactie. Daarnaast zou dit verder ontwikkeld moeten worden naar een teeltsturingsmodel om, naast de groei (droge stof) de ontwikkeling (lengte, dikte, scheutvorming, aantal bloemen en bloeisnelheid) te kunnen voorspellen en te sturen. Met een dergelijk teeltsturingsmodel zouden telers de teelt van *Spathiphyllum* optimaal moeten kunnen sturen.

Het gasverbruik op *Spathiphyllum* bedrijven varieert per bedrijf en teeltconcept. Het energieverbruik ligt gemiddeld op ca. 40 - 45 m³/m².jaar. Telers wensen graag een teeltconcept waarbij, per m² per jaar, met 25 m³ gas *Spathiphyllum* geteeld wordt zonder kwaliteitsverlies en een teeltduurverkorting van 20%. Het is wenselijk om hierin ook het gebruik van een diafragmascherm mee te nemen, omdat sneller schermen veel lichtverlies en schade door teveel licht kan voorkomen. 20% teeltduurverkorting levert daarmee 20% opbrengstverhoging. Door de beoogde teeltversnelling is de energie-efficiëntie mogelijk tot ca. 50% te reduceren.

Doelstelling is onderzoek naar de mogelijkheden om, per m² per jaar, met 25 m³ gas *Spathiphyllum* te telen zonder kwaliteitsverlies en een teeltduurverkorting van 20% te behalen.

Te bereiken resultaten:

- Vergaande energiebesparing in de teelt van *Spathiphyllum* door het ontwikkelen en toetsen van een klimaat neutraal teeltconcept in ZonWindKas
- Teeltduurverkorting en energiebesparing in de traditionele teelt van *Spathiphyllum*.
- Ontwikkelen van een teeltsturingsmodel *Spathiphyllum*.

Deze rapportage geeft een verkenning weer waarin de mogelijkheden om tot deze vergaande energiebesparing te komen zijn weergegeven.

Dit project is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw (PT) en Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Uitvoerders in dit project zijn DLV Plant en

Wageningen UR Glastuinbouw. Het project is in nauwe samenwerking uitgevoerd met de leden van de BCO van de landelijke Spathiphyllum commissie van LTO Groeiservice.

In dit verslag zijn de resultaten van het vooronderzoek (fase 1) weergegeven.

2 Opzet vooronderzoek

Er is een vooronderzoek uitgevoerd met de vier systemen:

- referentieteelt praktijklocatie,
- praktijklocatie met energiezuinige teelt,
- proeflocatie met diafragmascherm en de
- ZonWindKas.

De verwachting is dat ten opzichte van de referentieteelt energiebesparing mogelijk is door slimmer te stoken met grotere temperatuurgrenzen (zie onderzoek DLV Plant en WUR Glastuinbouw) en hier is binnen grenzen ook al enige praktijkervaring mee. Het diafragmascherm geeft de mogelijkheid om sneller, constanter en meer zonlicht toe te laten en niet of minder te krijten en daardoor de gratis energie beter te benutten. Hierdoor kan energie bespaard en beter van het natuurlijke licht geprofiteerd worden. Ook zal er meer met temperatuurintegratie geteeld kunnen worden om efficiënter om te gaan met de beschikbare energie. Verdere energie-efficiëntie is te bereiken door een gerichtere teeltsturing.

De verwachtingen van de ZonWindKas zijn hoog. In deze kas is het lichtniveau goed te regelen en is hoogwaardige warmte te genereren en te hergebruiken. Er zijn lagere kastemperaturen haalbaar bij zonnige omstandigheden dan bij conventioneel. Belangrijk hierbij is de mogelijkheid tot energieoogst en het telen onder 'energie verzamelende' lamellen nader te onderzoeken in gewassen die onder lage lichtintensiteiten geteeld worden. In teelten met een beperkte lichtbehoefte en dus veel geschermd, geeft juist de zonwind kas goede mogelijkheden om energie te oogsten en later te hergebruiken. De verwachting is dat met slimme teeltconcepten het mogelijk moet zijn om jaarrond energieneutraal (op warmte gebied want elektriciteit blijf je inkopen) te telen. De vegetatieve teeltperiode wordt relatief kort met hoge temperaturen en relatief veel licht en de afkweek blijft kort met relatief lage temperaturen.

In de vooronderzoekfase zijn een aantal beoogde aanpassingen (gebruik zonne-energie, temperatuurintegratie en teeltsturing) doorgerekend op verwacht energiegebruik, verwachte groeiversnelling en verwachte aantal weekm² teeltruimte op basis van eerder onderzoek. Dit is gekoppeld aan de teelt- en energie informatie van de bestaande kassen en de prestaties van de ZonWindKas.

In deze voorfase is er uitgebreid overlegd met telers, vermeerderders, energiedeskundigen en eigenaren van de zon/wind kas.

3 Teeltprotocol

In eerste instantie is per systeem een teeltprotocol opgezet. Het teeltprotocol is vooraf besproken met onderzoekers, adviseurs en de BCO van de landelijke Spathiphyllum commissie van LTO Groeiservice.

Tabel 1. Teeltprotocol

	Referentie	Praktijk energiezuinig	Onderzoekkas diafragma	ZonWindKas
licht	120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$	180 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$	180 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$	180 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$
Assimilatielicht	Nee	4000 lux = ca 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 16 uur	4000 lux = ca 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 16 uur	4000 lux = ca 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 16 uur
Krijten	Ja	nee	nee	Nee
schermen	Zonnescherm- doek (Is 16)	Zonnescherm- doeken (Is 10, Is 17 en Is 18)	Diafragma (Is10 / verduistering) en Is10	Lamellen, Is 10
Temperatuur vegetatief	21°C	24°C	24°C	24°C
Verwachte teeltduur vegetatief (17 cm)	16 weken	13 weken	10 weken	10 weken
Temperatuur generatief	20°C	20°C	18°C	18°C
Verwachte teeltduur generatief (17 cm)	10 weken	10 weken	10 weken	10 weken
Temperatuurintegratie vegetatief	-	4°C	8°C	8°C
Temperatuurintegratie generatief	-	2°C	4°C	4°C
Lichtverhoging				4°C
Luchten	+1°C	+2 tot +4°C	+4°C	+0-4°C – afhankelijk van de fase korter erboven
Verneveling	RV 85%	RV 85%	Ja, 85%	Ja, 85%
CO ₂	-	800 ppm	800 ppm	800 ppm

Diffuus glas is een reële optie voor Spathiphyllum om met iets hogere lichtniveaus te kunnen werken (niet onderzocht), maar dat laat onverlet dat er nog veel scherming nodig is om een goede kwaliteit te kunnen telen. Spathiphyllum is een echte schaduwplant.

4 Resultaten

Aan de hand van het teeltprotocol en eerder onderzoek is een jaarrond plantschema geschat voor de potmaat 17 cm. Op basis van het teeltprotocol en onderstaand jaarrond plantschema zijn berekeningen uitgevoerd met kas simulatiemodel KASPRO voor het SEL jaar. In dit hoofdstuk staan de resultaten van die modelberekeningen.

Tabel 2. Jaarrond plantschema (potmaat 17 cm)

fase	Teeltweken			Aantal planten/m ²		
	1 (veg)	2 (veg)	3 (gen)	1	2	3
Referentie	10 weken	6 weken	10 weken	36	18	10
Praktijk – energiezuinig	7 weken	6 weken	10 weken	36	18	10
Onderzoekskas - diafragma	7 weken	3 weken	10 weken	36	18	10
ZonWindKas	7 weken	3 weken	10 weken	36	18	10

Berekeningen

Zoals in hoofdstuk 2 aangekondigd zijn er vier cases doorgerekend, waarbij er apart is gekeken naar een jaarrond vegetatieve fase en een jaarrond generatieve fase. De afkortingen die in dit verslag gebruikt worden voor de behandelingen staan in onderstaande tabel.

Tabel 3. Overzicht behandelingen

Case	Omschrijving
ref_v	Referentie vegetatieve fase
ref_g	Referentie generatieve fase
pez_v	Praktijk energiezuinig vegetatieve fase
pez_g	Praktijk energiezuinig generatieve fase
odi_v	Onderzoekskas diafragma vegetatieve fase
odi_g	Onderzoekskas diafragma generatieve fase
zww_v	ZonWindKas vegetatief
zww_g	ZonWindKas generatief

In de volgende tabel staat het gasverbruik per m³/m² per behandeling. Het gasverbruik is ook omgerekend naar de warmtevraag in kWh/m². Verder staan het elektriciteitsverbruik en de gebruiksduur van de lampen, benodigd in de opkweekfase, in de tabel. In twee behandelingen wordt er verneveld waarbij het geschatte volume is weergegeven evenals het aantal gedoseerde kg/m² aan CO₂ en de verwachte biomassa. In de tabel staan jaarcijfers gebaseerd op een groot aantal basis setpoints, zoals bedrijfsgrootte etc. Zie bijlage 2 voor de complete lijst.

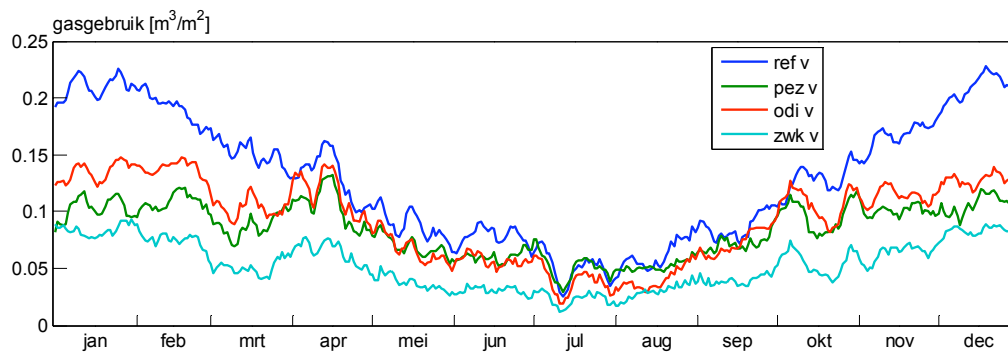
Tabel 4. Overzicht enkele gebruiksgetallen per fase (jaarbasis)

	Gasgebruik warmte vraag [m ³ /m ²]	Warmte- vraag [kWh/m ²]	Elektrici- teit belichting [kWh/m ²]	Gebruiks- duur lampen [uur]	Verneveld volume [kg/m ²]	Bio-massa ^{*)} [kg/m ²]	Gedoseer- de CO ₂ [kg/m ²]
ref_v	47.0	414	0.0	0	0	0.8	19.3
ref_g	42.6	375	0.0	0	0	0.9	19.1
pez_v	32.9	289	79.5	2159	0	2.0	16.9
pez_g	26.9	237	0.0	0	0	1.2	15.4
odi_v	33.8	298	79.5	2159	88	3.2	13.9
odi_g	22.9	201	0.0	0	81	2.4	14.5
zwk_v	19.3	170	79.5	2159	154	2.1	13.7
zwk_g	16.9	149	0.0	0	154	1.3	15.3

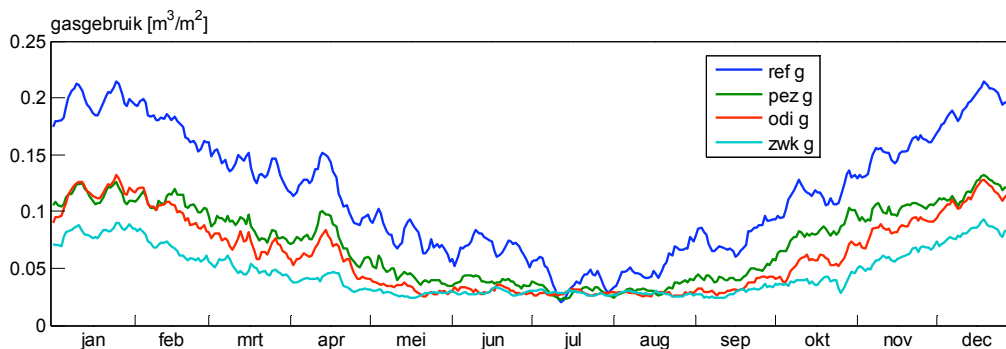
^{*)} Dit getal is een indicatie van de te verwachten trend. Het getoonde getal is afkomstig van een algemeen model welke niet specifiek op de Spathiphyllum is gericht en is de resultante van licht, temperatuur en CO₂.

Van de in de tabel getoonde gebruiksgetallen zijn een aantal belangrijke zichtbaar gemaakt door middel van figuren en zullen in dit verslag ter onderbouwing gepresenteerd worden.

In figuur 1 is het gasgebruik van de vegetatieve fase door het jaar gepresenteerd. De grootste verschillen worden in de winter bereikt. In de zomer verschillen de verbruiken weinig, wat ook te verwachten is omdat in de zomer het energiegebruik minder door de warmtevraag, maar meer op ontvochtigingsvraag, bepaald wordt.

**Figuur 1. Dagelijks gemiddelde gasgebruik in de vegetatieve fase, weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde van 7 dagen**

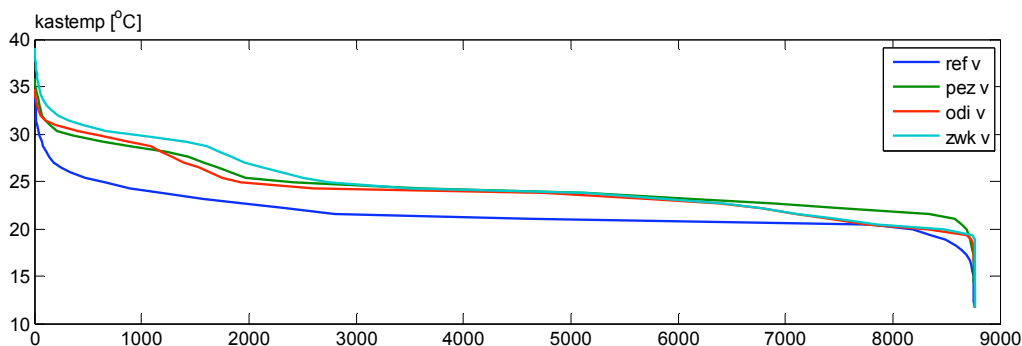
In figuur 2 is het gasgebruik van de generatieve fase door het jaar gegeven. De verschillen tussen de praktijk energiezuinige en onderzoekskas diafragma teelt zijn kleiner dan in de vegetatieve fase door de keuze in setpoints (zie tabel 1 Teeltprotocol). Algemeen ligt het hele niveau in de generatieve fase iets lager dan in de vegetatieve fase, wat een gevolg is van de lagere teelttemperatuur. De verschillen in energiegebruik in de zomer kunnen, afhankelijk van de opwekkingsvorm van de warmte, voor verschillen in CO₂ beschikbaarheid zorgen tussen de verschillende cases.



Figuur 2. Dagelijks gemiddelde gasgebruik in de generatieve fase, weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde van 7 dagen

Het is duidelijk dat de besparing vooral van oktober tot maart verwacht mag worden. Daarnaast wordt het afname patroon door het jaar vlakker.

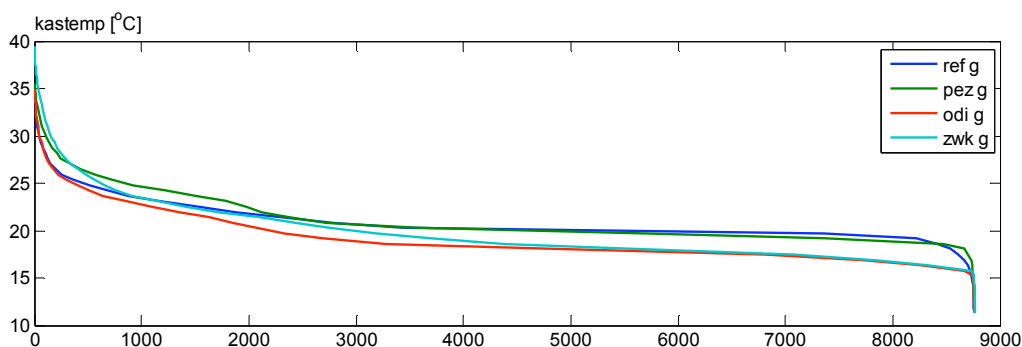
In figuur 3 is de jaarbelastingduurkromme van de kasluchttemperatuur in de vegetatieve fase gegeven. In een jaarbelastingduurkromme is, in dit geval de gerealiseerde kasluchttemperatuur, gesorteerd van hoogste naar laagste. Op de x-as staat het aantal uren, maximaal 8760 uur in 1 jaar. Met deze figuur kan dan ook eenvoudig de prestaties van de verschillende systemen vergeleken worden.



Figuur 3. Jaarbelastingduurkromme van de kasluchttemperatuur in de vegetatieve fase

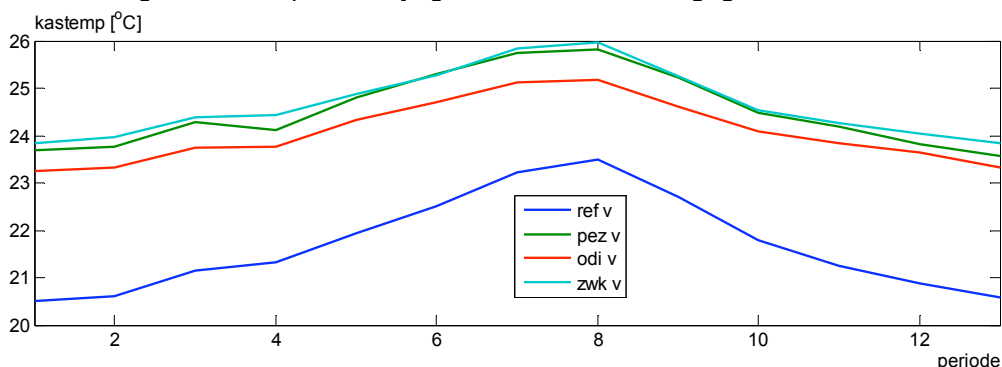
Zo is er 20 (referentie) tot 220 (ZonWindKas) uur overschrijding van de 32 graden grens (50 tot 900 uur boven de 30). Dit is op te lossen met krijten of eerder luchten. Het nadeel van krijten is dat het altijd op de kas zit, ook wanneer er weinig licht is. Het nadeel van veel luchten is het CO₂-verlies. De referentie komt altijd lager uit doordat er in de referentie met een lagere teelttemperatuur (21°C) gewerkt wordt ten opzichte van 24°C in de andere cases.

In figuur 4 is de jaarbelastingduurkromme van de kasluchttemperatuur in de generatieve fase weergegeven.

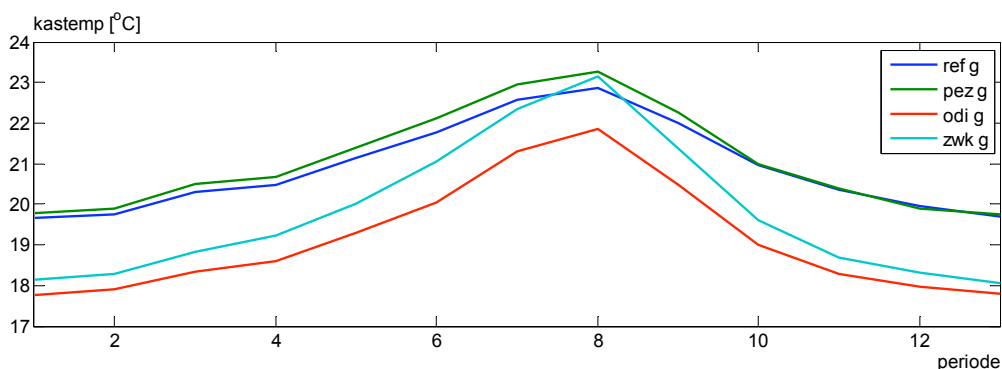


Figuur 4. Jaarbelastingduurkromme van de kasluchttemperatuur in de generatieve fase

Figuur 4 laat zien dat er ca. 40 (onderzoekskas diafragma) tot 150 (ZonWindKas) uur overschrijding van de 30 graden grens is. De belichting in de vegetatieve fase zorgt voor een verhoging (en de hogere setpoints). Dit wordt veroorzaakt door betere isolatie van die kassen waardoor er eerder een warmteoverschot ontstaat. In figuur 4 is te zien dat de zelfde kasuitrusting maar een veel lager setpoint ook tot veel minder uren overschrijding leidt. Daarnaast geldt uiteraard dat een beperking van de lichtbelasting → of te wel energiebelasting (warmte) van de kas altijd helpt de kasluchttemperatuur te drukken. In figuur 5 en 6 zijn de gemiddelde etmaaltemperatuur van de kaslucht per periode van 4 weken in de vegetatieve respectievelijk generatieve fase weergegeven.



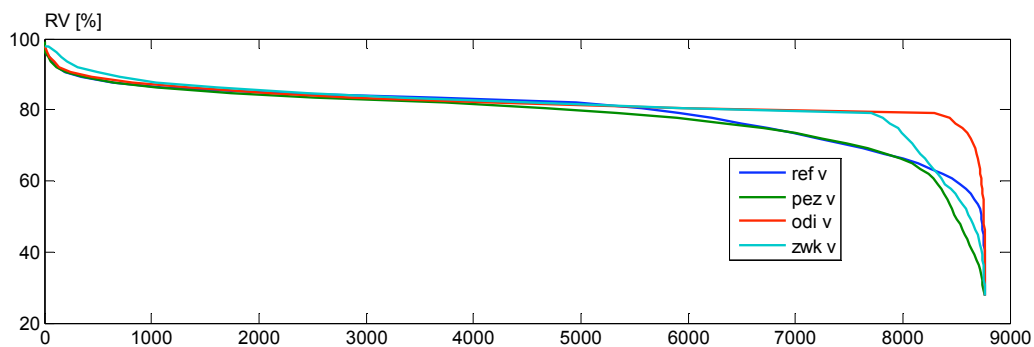
Figuur 5. Gemiddelde etmaaltemperatuur van de kaslucht per periode van 4 weken in de vegetatieve fase



Figuur 6. Gemiddelde etmaaltemperatuur van de kaslucht per periode van 4 weken in de generatieve fase

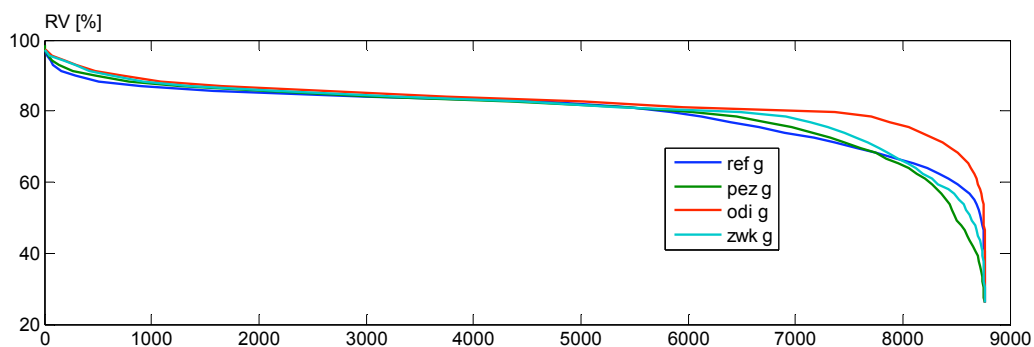
De in figuur 5 en 6 geschatte kasttemperaturen op basis van de, in het teeltprotocol beschreven instellingen, in combinatie met figuur 3 en 4, waar de jaarbelastingduurkrommen zijn weergegeven, geven een goed beeld over de te verwachten etmaaltemperaturen. In figuur 5 is duidelijk te zien dat er veel minder temperatuur toegelaten wordt bij de referentie dan in de andere behandelingen. In figuur 6 is te zien dat in de afkweek veel lagere temperaturen verwacht worden in beide proefafdelingen en dat daar een groot deel van de energiebesparing te halen is.

In figuur 7 is de jaarbelastingduurkromme van de kaslucht RV in de vegetatieve fase gegeven.



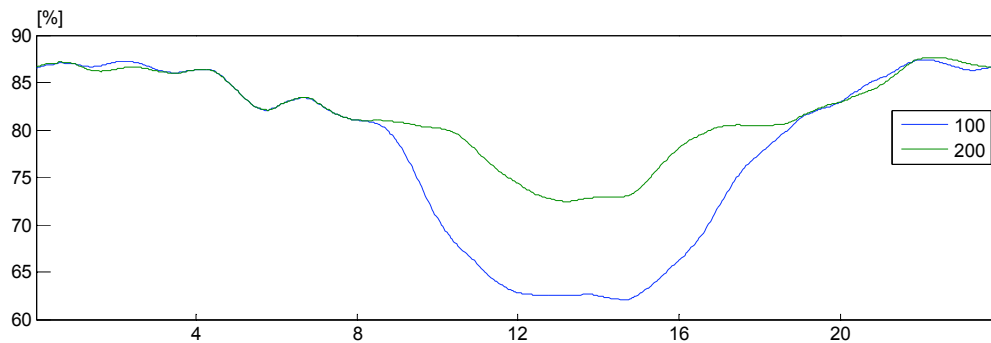
Figuur 7. Jaarbelastingduurkromme kaslucht RV vegetatieve fase

Uit figuur 7 is te lezen dat de RV in de praktijkkassen zonder vernevelen nog een behoorlijk aantal uur (tot 1000 uur) onder de 60% zal uitkomen. Met vernevelen wordt dit duidelijk verhoogd, maar de gekozen capaciteit van de verneveling in de ZonWindKas is nog te klein. Dit geldt overigens ook voor de generatieve fase (figuur 8).

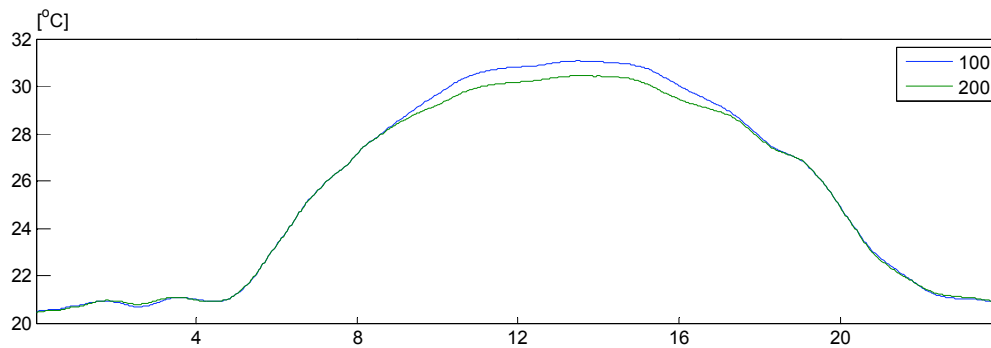


Figuur 8. Jaarbelastingduurkromme kaslucht RV generatieve fase

Verdubbeling van de capaciteit van 100 naar 200 gram/m²/uur geeft een grote verbetering en een positief effect op de kasttemperatuur (figuur 9 en 10).

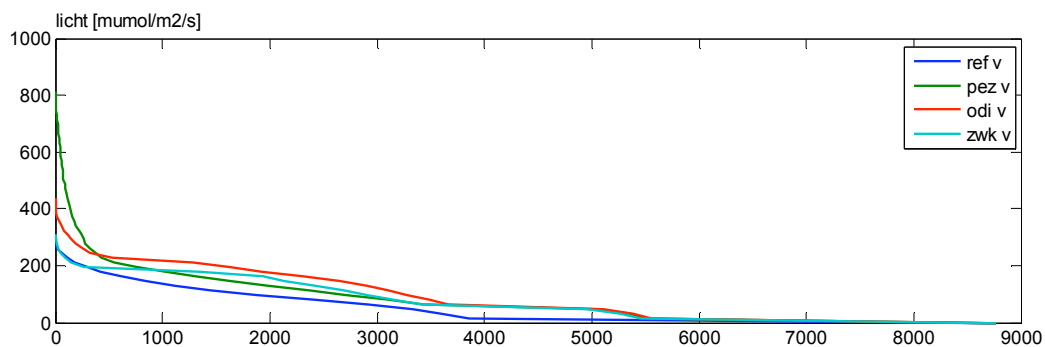


Figuur 9. Cyclisch gemiddelde kaslucht RV tussen 1 en 10 juli bij een vernevelcapaciteit van 100 en 200 gram/m²/uur



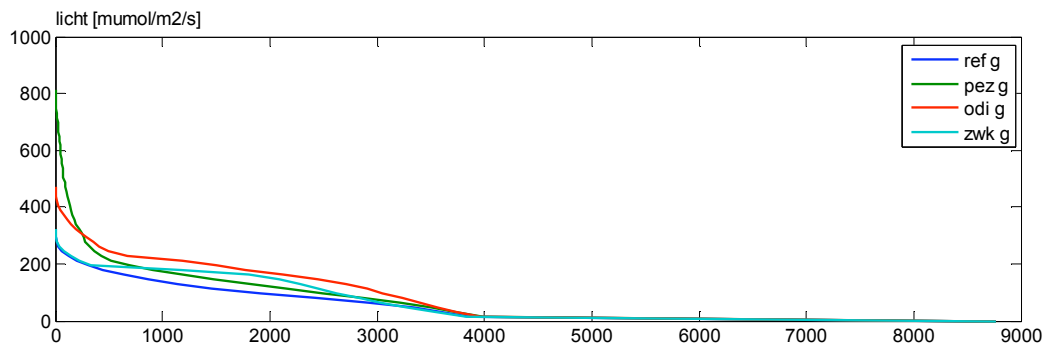
Figuur 10. Cyclisch gemiddelde kasluchttemperatuur tussen 1 en 10 juli bij een vernevelcapaciteit van 100 en 200 gram/m²/uur

In de verschillende cases wordt de zonnewering anders ingevuld. Van krijt (referentie) tot diafragma-scherm. Schermregelingen zijn niet alleen in de praktijk maar ook in modellen lastig omdat deze een grote interactie met het kasklimaat (temperatuur en RV) hebben. De in het model gebruikte schermregelingen zijn dan ook niet perfect. Om een indruk te krijgen over het lichtniveau in de kas zijn in figuur 11 en 12 de jaarbelastingduurkrommen van het lichtniveau op de planten in de vegetatieve respectievelijk generatieve fase weergegeven.



Figuur 11. Jaarbelastingduurkromme lichtniveau op de planten in de vegetatieve fase

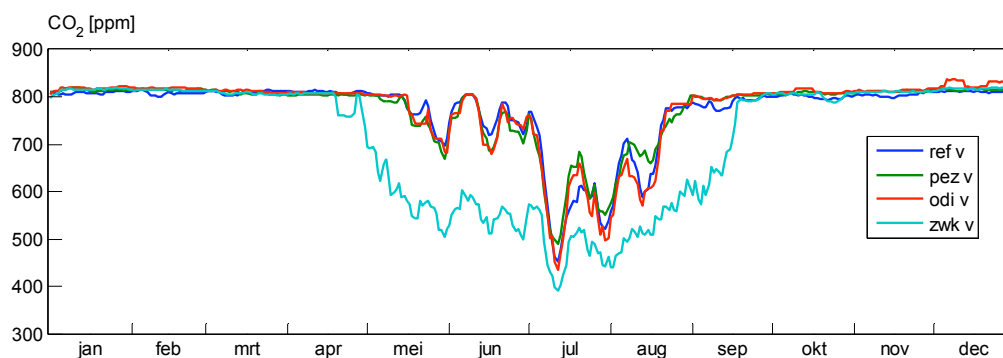
Er is zo'n 180 (ZonWindKas) tot 1450 (onderzoekskas diafragma) uur overschrijding van de $200 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ grens, dus er moet bij enkele behandelingen flink (meer) geschermd worden. In de ZonWindKas en referentie is dat relatief weinig en in de andere twee duidelijk meer.



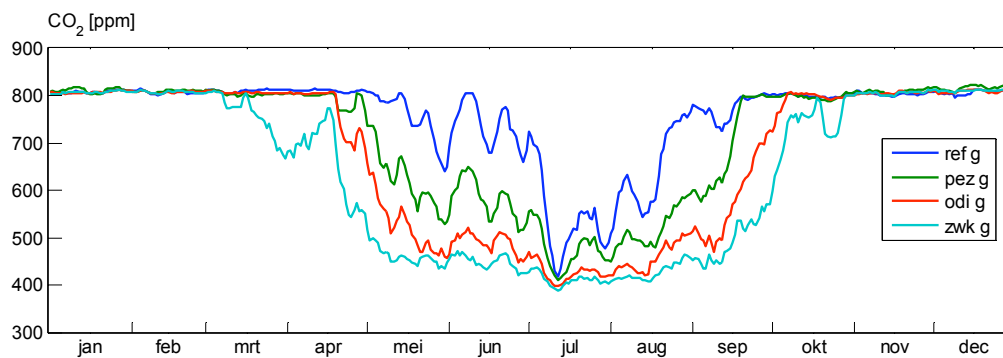
Figuur 12. Jaarbelastingduurkromme lichtniveau op de planten in de generatieve fase

In de generatieve fase is er zo'n 250 (referentie) tot 1400 (onderzoekskas diafragma) uur overschrijding van de $200 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ grens. Hiervoor geldt hetzelfde als in de vegetatieve fase.

Zoals al eerder genoemd bij het gasgebruik, kan een reductie in het gasgebruik gevolgen hebben voor de CO_2 voorziening in de kas. In figuur 13 en 14 is het dagelijks gemiddelde CO_2 niveau van de kaslucht in de vegetatieve respectievelijk generatieve fase weergegeven, voor de periode dat er licht is.

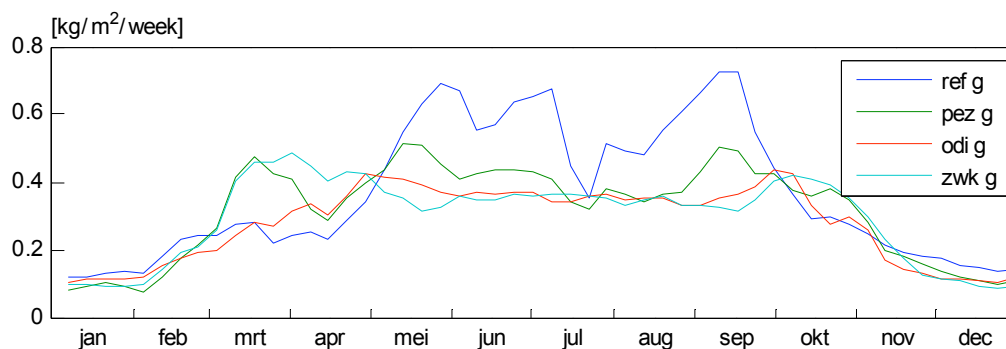


Figuur 13. Dagelijks gemiddelde CO_2 niveau kaslucht in de vegetatieve fase als er licht is, weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde van 7 dagen



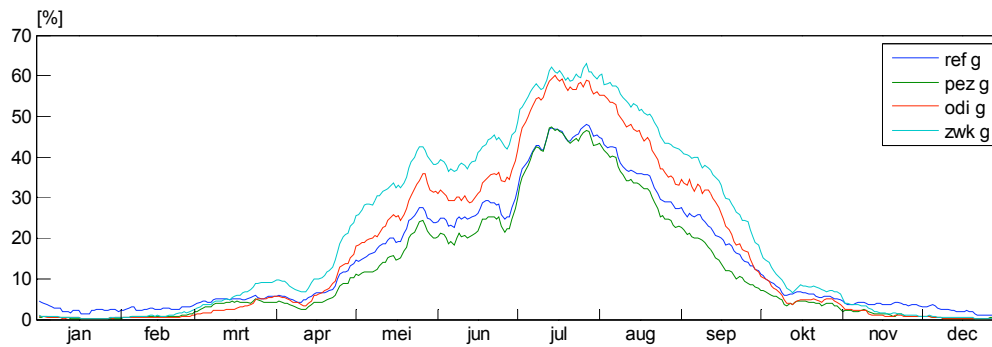
Figuur 14. Dagelijks gemiddelde CO₂ niveau kaslucht in de generatieve fase als er licht is, weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde van 7 dagen

Opvallend is het verschil in gerealiseerd CO₂ niveau in de generatieve fase. Dit wordt veroorzaakt door een combinatie van CO₂ beschikbaarheid en de ventilatie. Daarvoor is in figuur 15 de voor CO₂ dosering gebruikte hoeveelheid als weksom gepresenteerd.



Figuur 15. Weksom gemiddelde hoeveelheid CO₂ in de generatieve fase die voor CO₂-dosering beschikbaar is

De beschikbare CO₂ is uiteraard direct afgeleid van de in figuur 2 gepresenteerde gasgebruiken. Een belangrijke factor hierbij is de keuze voor warmteopwekking. Waar de in figuur 2 gepresenteerde gasgebruiken zijn teruggerekend vanuit warmtebehoefte in de kas naar m³ gas, is in figuur 15 de beschikbare hoeveelheid CO₂ afkomstig van een ketel die gekoppeld is aan een warmtebuffer van 150 m³ per ha waarbij geen warmte vernietigd wordt. Zou de warmtevoorziening via een WKK lopen, dan zou de CO₂ beschikbaarheid grofweg verdubbelen, waardoor de gerealiseerde CO₂-niveaus beduidend hoger kunnen komen te liggen. Het tweede punt welke de gerealiseerde CO₂-niveau kan beïnvloeden is de ventilatiebehoefte, welke voor de generatieve fase in figuur 16 is getoond.



Figuur 16. Gemiddelde raamstand aan de luwe zijde, weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde van 14 dagen

De combinatie van meer beschikbare CO₂ (figuur 15) in de referentie met minder ventilatie (figuur 16) geeft een hoger gerealiseerd CO₂-niveau (figuur 14).

5 Conclusies

In tabel 5 is uitgegaan dat tweederde van de teelt vegetatief en één derde van de teelt generatief is. Bij verdere aanpassing van het teeltschema / teeltsturingsmodel is de verwachting dat de teeltduur aanmerkelijk verkort kan worden en is verdere energiebesparing per eenheid product / plant in de praktijk haalbaar.

Tabel 5. Overzicht enkele gebruiksgetallen op bedrijfsniveau (jaarbasis)

	Gasgebruik [m ³ /m ²]	warmtevraag [kWh/m ²]	Elektriciteit belichting [kWh/m ²]
Referentie	44.1	388	0.0
Praktijk Energie Zuinig	28.9	254	26.5
Onderzoekkas met diafragma	26.5	233	26.5
ZonWindKas	17.7	156	26.5

Uit het nog te publiceren onderzoeksrapport over de Demo-kassen is informatie te halen over opslag van warmte en warmteverliezen van de ZonWindKas. Uit dat document blijkt dat in de zomer van 2009 met Anthurium ongeveer 22 m³ aardgasequivalenten per m² warmte is opgeslagen met een temperatuur van 65°C. De warmteverliezen in de buffer worden (bij opschaling) op 9% van de buffercapaciteit geschat (2 m³). Uitgaande van deze cijfers zou het mogelijk moeten zijn om Spathiphyllum, die nog iets meer geschermd wordt dan Anthurium, warmtezijdig energieneutraal te telen.

Bijlage 1 Aanpassingen teeltprotocol

Onderstaande tabel zijn de aanpassingen vanuit het teeltprotocol op de standaard instellingen van bijlage 2.

case	Dektype	Lampvermogen	StookTemp	DodeZone	Lichtv	Bandbreedte	IglobOpenBoven	W/m ²	IglobOpen	MaxT _{excess}	MaxT _{excess} Boven	DiafragmaschermBoven	scherm	Schermtipe	SchermtipeBoven	TbuitMaxBoven	krijten	fogging	frSunAir	gewasmeeberegenen
		[lux]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	W/m ²	W/m ²		[°C]	[°C]									
ref_v	enkel	0	21	1	0	0	20#180					0	nee		XLS16	13	ja	nee	0.1	ja
ref_g	enkel	0	20	1	0	0	20#180					0	nee		XLS16	13	ja	nee	0.1	ja
pez_v	enkel	4000	24	1	1	2	20#250					0	ja	BandjesScherm	XLS16	8	ja	nee	0.1	ja
pez_g	enkel	0	20	1	1	1	20#250					0	nee		XLS16	13	ja	nee	0.1	ja
odi_v	enkel	4000	24	1	0	4	20#150					L	ja	BandjesScherm	XLS17	8	nee	ja	0.1	nee
odi_g	enkel	0	18	1	0	2	20#150					L	ja	SLS10UltraPlus	XLS17	13	nee	ja	0.1	nee
zwk_v	dubbel	4000	24	1	0	4	20#200					D	ja	BandjesScherm	XLS17	8	nee	ja	0.38	nee
zwk_g	dubbel	0	18	1	0	2	20#200					D	ja	SLS10UltraPlus	XLS17	13	nee	ja	0.38	nee
pez_v2	enkel	4000	24	1	1	2	10#600	20#200	20#200	20	3	0	ja	XLS17F(schaduw)	XLS18	13	nee	nee	0.1	ja
pez_g2	enkel	0	20	1	1	1	10#600	20#200	20#200	20	3	0	ja	XLS17F(schaduw)	XLS18	13	nee	nee	0.1	ja

F type schermen zijn schaduwschermen; daar zijn de transparante delen niet van bandjes voorzien.

Bijlage 2 Basis setpoints Kaspro

KASCONSTRUCTIE	
D i m e n s i e s	
Akas:	40000
Padbreedte:	3
hGutter:	5
Roofslope:	22.5
Kapbreedte:	4
Vakmaat:	4.5
E i g e n s c h a p p e n	
GHorient:	0
frSunAir:	0.1
Dekmateriaal:	enk_Venlo_400x450
InclusiefGevel:	Ja
Leakage:	1e-4
L u c h t r a m e n l	
Windowlength:	2.25
Windowheight:	1.32
fr_Window:	0.0556
G e o i n f o r m a t i e	
Latitude:	52
VERWARMINGSNETTEN	
KiPipe:	0.96
KpPipe:	6
PrimNet:	Low
O n d e r n e t	
Ondernettype:	51-er
nLowPerKap:	3
B o v e n n e t	
Bovennettype:	28-er
nUppPerKap:	0.01
V l o e r v e r w a r m i n g	
Vloerverwarming:	ja
nSlangPerKap:	5
Slangdiameter:	32
EbVloed:	ja
VERWARMINGSUNITS	
K e t e l	
Pketel:	110
Ketelverlies:	1
TrookgasKetel:	125
Vultemp:	95
Ketelcondensor:	ja

Spathiphyllum, gewas vol energie - fase 1

WARMTEOPSLAG			
B u f f e r			
Buffervolume:			150
AlsBufVol:			stoppen
GEWAS			
Gewas:			spatiphyllum
Plantdatum:			01-01
Ruimdatum:			01-01
LAIfile:			none
SETPOINTS			
T e m p e r a t u u r			
StookTemp:			21
StookTempTijdstip:			0
DodeZone:			1
DodeZoneTijdstip:			0
LichtVbeg:			100
LichtVend:			200
LichtV:			0
BuitentempAfhVerl:			0
V o c h t			
SpVocht:			85
SpVochtTijdstip:			0
KpRV:			4
KpDX:			0
KpDTcan:			0
Vochtmetbuis:			(1,0) # (2,5) # (10,25)
C O 2			
SpCO2:			800
SpCO2Tijdstip:			0
CO2bron:			ketel
kgCO2:			180
T e m p e r a t u u r i n t e g r a t i e			
Bandbreedte:			0
IntegratiePeriode:			72
maxGraaduren:			60
L u c h t r a m e n 2			
Vorstgrens:			4
StartWhet:			25
WinLeeMin:			0
WinWhetMin:			0
WinLeeMax:			100
WinWhetMax:			100
MaxWin:			45
PI_regeling:			Nee
KpVent:	01/10	01/12	10
"	01/12	01/03	5
"	01/03	01/05	10

Spathiphyllum, gewas vol energie - fase 1

"	01/05	01/10	20
B u i z e n			
MinBuisLow:			30
MinBuisLowTijdstip:			0
MinBuisUpp:			0
MinBuisUppTijdstip:			0
MinBuisBeg:			100
MinBuisEnd:			150
MaxBuisLow:			85
MaxBuisLowTijdstip:			0
MaxBuisUpp:			0
MaxBuisUppTijdstip:			0
T2ndAcc:			85
F o g g i n g			
Fogging:			Nee
FoggingDose:			100
MaxTemp:			20
MinVocht:			80
MinVochtTijdstip:			0
Stoptijd:			4

BELICHTING			
Belichting:	10/10	25/03	Ja
"	25/03	10/10	Nee
Lampvermogen:			0
S e t p o i n t s 1			
MaxIGlob:			125
MaxLichtsom:			1200
UitPerEtmaal:			8
BlokUitBegin:			16
L a m p e i g e n s c h a p p e n			
FracPAR:			0.3
FracNIR:			0.3
FracSens:			0.4

SCHERM	
Gevelscherm:	beweegbaar
O n d e r s t e S c h e r m	
Scherm:	Ja
Schermtyp:	BandjesScherm
IGlobOpen:	10
TbuitMax:	16
Scrfile:	none
VerduisterSchermOpenDicht:	0####0
MaxTexcess:	3
VoorloopSchermkier:	2
MaxVochtKier:	4
B o v e n s t e S c h e r m	
SchermBoven:	ja

Spathiphyllum, gewas vol energie - fase 1

SchermtypBoven:	XLS17F (schaduw)		
IglobOpenBoven:	20#200		
TbuitMaxBoven:	8		
ScrfileBoven:	none		
VerduisterSchermOpenDichtBoven:	0####0		
MaxTexcessBoven:	1.5		
VoorloopSchermkierBoven:	2		
MaxVochtKierBoven:	5		
K r i j t e n			
Krijten:	ja		
Krijtfactor:	15/02	15/03	0.25
"	15/03	10/09	0.5
"	10/09	10/10	0.25
"	10/10	15/02	0