



WAGENINGEN **UR**
For quality of life

Teeltbegeleiding semi-gesloten Phalaenopsis

Marcel Raaphorst, Nieves Garcia, Arca Kromwijk en Frank Kempkes



© 2011 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

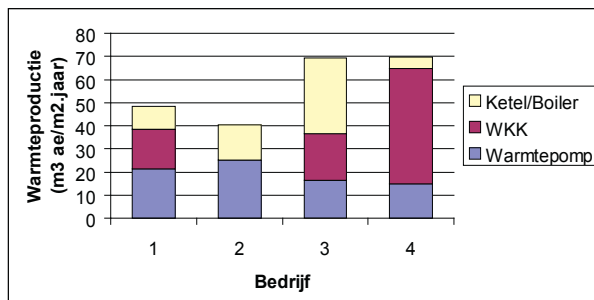
Samenvatting		5
1	Inleiding	7
	1.1 Probleemstelling	7
	1.2 Doelstellingen	7
	1.3 Aanpak	8
	1.3.1 Bedrijven	8
	1.3.2 Analyses	8
	1.3.3 Individuele bedrijfsbegeleiding	8
	1.3.4 Groepsbijeenkomsten	9
2	Doelen teelt, klimaat en energie	11
	2.1 Teeltdoelen	11
	2.1.1 Meertakkers	11
	2.1.2 Beperken van de uitval	12
	2.1.3 Teeltsnelheid en planning	13
	2.2 Doelen kasklimaat en energievoorziening	13
	2.3 Discussie bedrijfsdoelen	14
3	Resultaten	15
	3.1 Teeltoptimalisatie	15
	3.1.1 Temperatuur	15
	3.1.2 Luchtvochtigheid	17
	3.1.3 Luchtbeweging (ventilatoren, luchtramen)	19
	3.1.4 Watergift en verdamping	19
	3.1.5 Ontvochtiging	21
	3.1.6 Schermgebruik	22
	3.1.7 PAR	23
	3.1.8 CO ₂	24
	3.2 Teeltresultaat	25
	3.2.1 Meertakkers	25
	3.2.2 Aantal bloemen per tak, bloemgrootte, kamlengte	25
	3.2.3 Plantgrootte, plantlengte, bladgrootte	26
	3.2.4 Teeltsnelheid	26
	3.2.5 Uitval	26
	3.3 Gerealiseerd energieverbruik	26
	3.3.1 Gebruik van belichting	27
	3.3.2 Gebruik van warmte	27
	3.3.3 Gebruik van koude	28
	3.3.4 Inzet warmtepomp, ketel en WKK	28
	3.3.5 Overig elektriciteitsverbruik	29

4	Discussie	31
4.1	Realisatie teeltdoelen en energiegebruik	31
4.2	Projectevaluatie	31
4.3	Ontwerp nieuw teeltsysteem voor Phalaenopsis	32
5	Conclusies	35
6	Aanbevelingen	37
7	Literatuur	39
Bijlage I.	Schermbanden	41

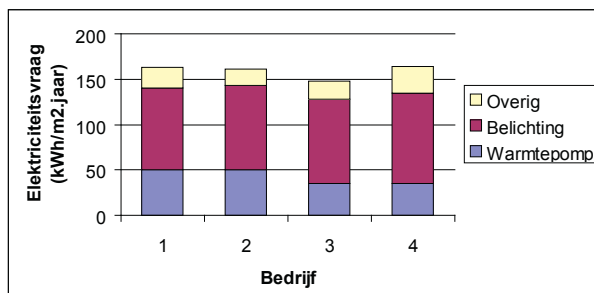
Samenvatting

Vier Phalaenopsisbedrijven met een semi-gesloten kas met warmtepomp zijn gedurende twee jaar gemonitord en begeleid op het gebied van teelt, klimaat en energiegebruik. Een warmtepomp in een semi-gesloten kas is energiezuiniger dan een koelmachine, omdat de vrijkomende warmte in een Phalaenopsisteelt benut wordt voor het realiseren van een hoge temperatuur in de opkweekfase en voor het realiseren van een snelle droging van het gewas na iedere gietbeurt.

Tijdens het project zijn diverse aspecten naar voren gekomen. Onder andere dat het warmtegebruik van Phalaenopsisbedrijven zeer hoog kan oplopen, en dat de warmtepomp lang niet altijd de grootste warmtebron is (zie Figuur a). Bovendien is de warmtepomp niet de grootste vrager van elektriciteit. Voor belichting is namelijk veel meer elektriciteit nodig (zie Figuur b). Verder is gebleken dat het koelen van onderen minder koelwater vergt dan het koelen van bovenaf. Alleen blijkt het van onderen af moeilijker om te ontvochtigen met LBK's die niet kunnen herverwarmen.



Figuur a: Warmteproductie ($m^3 \text{ ae}/m^2 \cdot \text{jaar}$) bij de 4 bedrijven in 2009



Figuur b: Elektriciteitsvraag ($kWh/m^2 \cdot \text{jaar}$) bij de 4 bedrijven in 2009

Gedurende het project is bij alle bedrijven de productie verhoogd, de uitval verlaagd en de kwaliteit verbeterd. Dit is wel gegaan ten koste van het warmtegebruik. Vanwege de lage warmtekosten en de hoge kosten van uitval is extra energie voor een betere klimaatbeheersing snel rendabel. Mogelijkheden tot verdere verbetering van de productie en verlaging van het energiegebruik worden gezocht in:

- het verlagen van de horizontale temperatuurverschillen,
- het gerichter drogen van het gewas na een gietbeurt, terwijl op dagen zonder watergift een hogere RV wordt geaccepteerd,
- het doseren van CO_2 (eventueel zuiver), hoewel nog niet precies duidelijk is wanneer CO_2 het best tot zijn recht komt
- het opzoeken van de tolerantiegrenzen, hoeveel zonlicht een gewas kan verdragen, opdat in de nacht minder hoeft te worden bijbelicht.

1 Inleiding

Koeling en verwarming met behulp van warmtepompen en opslag van warmte en koude in de aquifer wordt ook wel (semi)-gesloten of geconditioneerd telen genoemd. Aangezien in geconditioneerde kassen het gebruik van fossiele energie kan worden beperkt, heeft Wageningen UR Glastuinbouw met financiering van het programma Kas als Energiebron teeltbegeleiding en monitoring uitgevoerd bij verschillende conditionerende bedrijven. In dit kader zijn vier rapporten verschenen:

1. CO₂-opname in een gesloten kas,
2. Conditionering bij biologische vruchtgroenten,
3. Teeltbegeleiding semi-gesloten Phalaenopsis,
4. Teeltbegeleiding geconditioneerde tomaat.

Dit rapport is de derde uit de serie, waarin een verslag wordt gedaan over de monitoring en begeleiding van vier Phalaenopsis telers met een warmtepomp.

Phalaenopsis is een van de belangrijkste glastuinbouwgewassen waarbij koeling een grote rol speelt. Door de hierbij benodigde koude te betrekken uit een warmtepomp in plaats van een koelmachine met behulp van opslag van warmte en koude (WKO) in een aquifer, kan de kas efficiënt worden voorzien van warmte. De warmte die tijdens het koelen wordt geoogst kan dan namelijk worden hergebruikt in perioden dat de kas moet worden verwarmd. Het stimuleren van de toepassing van de warmtepomp is een van de doelstellingen van het Versnellingsprogramma semi-gesloten kassen. Veel Phalaenopsisbedrijven hebben geïnvesteerd in een warmtepomp met WKO.

1.1 Probleemstelling

Voor het bereiken van een hoge productie met een laag energieverbruik in een semi-gesloten kas zijn veel complexe beslissingen nodig. Met behulp van handvatten kunnen deze beslissingen worden ondersteund. Een belangrijk handvat is het uitvoeren, analyseren en communiceren van metingen in de kas in relatie tot de gewasproductie. Door de klimaat, kwaliteit en productie te vergelijken, kan voor telers een analyse worden gemaakt in welke mate de klimaatinstellingen moeten worden aangepast om tot een hogere productie bij een lager energieverbruik te komen.

Met de hiermee verworven kennis kunnen telers die van plan zijn om conditionering in hun kas te installeren, een betere inschatting maken van de kansen en de risico's van deze investering. Telers die al overgegaan zijn op conditionering krijgen met de verworven kennis een handvat over de manier waarop zij met conditionering en een laag energieverbruik een hoge productie kunnen verkrijgen.

1.2 Doelstellingen

- Beter inzicht in de plantreacties onder semi-gesloten kascondities.
- Vuistregels ontwikkelen op het gebied van teelt en energiemanagement om het rendement (productie en energieverbruik) van een semi-gesloten teelt te verbeteren.
- Het aanreiken van kennis aan telers die over willen gaan op een energiezuinige semi-gesloten teelt opdat zij de juiste keuzes kunnen maken.

1.3 Aanpak

Vier Phalaenopsisbedrijven zijn benaderd om deel te nemen aan het project. Voorwaarde voor de selectie van deze bedrijven was de mogelijkheid om te koelen met behulp van warmte- en koudeopslag (in aquifers) en een warmtepomp. De gekozen aanpak bestond uit een combinatie van drie hoofdactiviteiten:

- Monitoring: De bedrijven zijn intensief gemonitord, waarbij uitgebreide klimaatdata zijn verzameld en door de onderzoekers geanalyseerd om trends, afwijkende acties en knelpunten te helpen ontdekken en waar mogelijk, verbeteren.
- Individuele bedrijfsbegeleiding: Met regelmaat zijn de bedrijven bezocht door een gewasonderzoeker. Het gerealiseerde klimaat werd besproken, met aandacht voor trends, specifieke acties en afwijkingen.
- Groepsbijeenkomsten: Iedere 4-6 weken werd een groepsbijeenkomst georganiseerd. Het doel van deze bijeenkomsten was het bevorderen van de discussie binnen de bedrijven op basis van klimaatvergelijking: welke acties zijn gedaan en waarom en welke consequenties hebben de acties op het energieverbruik en het gewas.

1.3.1 Bedrijven

De vier bedrijven zijn alle gevestigd in het westen van Nederland. Over het algemeen bestaat ongeveer de helft van het bedrijf uit een opkweekgedeelte ($\pm 28^{\circ}\text{C}$), een kwart uit een koelafdeling ($\pm 18\text{-}19^{\circ}\text{C}$) en een kwart uit een afkweekgedeelte ($\pm 20^{\circ}\text{C}$). En bedrijf koopt opgekweekte planten in en heeft alleen afdelingen voor koeling en afkweek.

Tabel 1. Oppervlakten en verhouding tussen opkweek, koeling en afkweek bij de vier bedrijven

Bedrijf	Oppervlakte (ha)	Opkweek	Koeling	Afkweek
1	5,5	0%	44%	56%
2	1,5	50%	50%	
3	4,1	47%	23%	30%
4	3,8	47%	26%	27%

1.3.2 Analyses

Gegevens uit de klimaatcomputer van de vier bedrijven zijn via LetsGrow.com verzameld, evenals de klimaatgegevens van extra meetboxen en planttemperatuurcamera's die bij de telers zijn geplaatst. Verder hebben de telers zelf aangegeven wat de gevolgen zijn voor de groei en de kwaliteit van het gewas.

1.3.3 Individuele bedrijfsbegeleiding

Bij de start van het project zijn, aan de hand van een intakegesprek de individuele teeltdoelen van de telers geïnventariseerd. De bedrijven zijn regelmatig individueel bezocht. Tijdens deze bezoeken werd het klimaat van de weken voor het bezoek uitgebreid besproken. De ondernemers werden, naar eigen oordeel, soms verrast door onverwachte afwijkingen in het normale patroon. Deze afwijkingen werden onder andere veroorzaakt door oude, niet verwijderde instellingen, nieuwe klimaatregelingsprogramma's, mechanische fouten, onjuiste afstemmingen tussen instrumenten (b.v. tussen schermen en luchten), of onjuiste plaatsing / vervuiling van meetapparatuur. Daarnaast werden diverse andere teeltvragen van de telers besproken en is soms aanvullende informatie over teeltvragen verzameld. Doel van de individuele begeleiding was de ondernemer dicht bij zijn teeltdoelen te brengen. De bezoeken zijn afgesloten met een evaluatiegesprek, waarbij de mate waarin de teeltdoelen zijn gerealiseerd, is besproken.

1.3.4 Groepsbijeenkomsten

Gedurende de looptijd van het project (twee jaar) zijn 14 groepsbijeenkomsten georganiseerd. De groep bestond uit de vier ondernemers, een gewasonderzoeker, een onderzoeker kasklimaat en een procesbegeleider. In overleg met de ondernemers is een vaste formule ontwikkeld en gehanteerd, waarbij per bijeenkomst een bezoek aan 2 van de 4 deelnemende bedrijven werd gebracht. Tijdens het bedrijfsbezoek werden de belangrijkste klimaat- en teeltaspecten van de voorliggende periode besproken; er werden teeltzorgen uitgesproken en vragen geformuleerd, resultaten van kleine proeven die de ondernemers uitvoeren werden getoond en toegelicht, en aanpassingen in bedrijfsvoering werden gemeld en besproken. Vervolgens werd er bij het tweede bedrijf vergaderd. De agenda voor deze vergadering werd in overleg met de deelnemers samengesteld. De vergadering bestond uit een vast onderdeel “vergelijking klimaatgrafieken”. De klimaatgrafieken waren zodanig gekozen, dat ze tot discussie zouden leiden. Hiervan leerden de telers veel van hun eigen teeltgedrag en van elkaar. Een wisselend onderdeel van de vergadering bestond uit het beantwoorden van vragen die ontstaan waren tijdens de rondgang, soms met behulp van literatuur, met voorlopige resultaten van lopend onderzoek en soms door middel van berekeningen.

Enkele voorbeelden van behandelde onderwerpen:

een vergelijking van het energieverbruik van de vier bedrijven op een gietdag om het gewas te drogen (zie paragraaf 3.3).
verloop CO₂ opname gedurende het etmaal door Phalaenopsis (zie paragraaf 3.1.8).

een methode om uit te rekenen op welke momenten het in de winter goedkoper is te belichten onder gesloten schermen dan te stoken met open schermen zonder belichting (zie paragraaf 3.1.6).

een methode om uit te rekenen op welke dagen van het jaar ontvochtigd kan worden met behulp van buitenlucht in de verschillende afdelingen (opkweek / afkweek) (zie paragraaf 3.1.5).

toelichting resultaten flankerend onderzoek met gerelateerde gewassen (Bromelia, potanthurium), en met Phalaenopsis (Effect van RV en diverse bestrijdingsmethoden op de verspreiding en aantasting door Pseudomonas, Effect van RV temperatuur en licht in het onderzoek naar Teeltversnelling tijdens de opkweek, Invloed van CO₂-dosering tijdens de opkweek en koeling/afkweek en Invloed van lagere nachttemperatuur tijdens de opkweek).

Energiezuinige methodes voor kasluchtontvochtiging (zie paragraaf 3.1.5)

Tussentijds is de formule in de groep met de deelnemers geëvalueerd en dit heeft geleid tot de volgende aanpassing: drie groepsbezoeken zijn georganiseerd naar bedrijven buiten de groep: een semi-gesloten tomatenbedrijf, een potanthurium-bedrijf met een zelf-ontwikkeld systeem om d.m.v. dompeling van onder af water te geven bij een teelt op open bodems en aan de onderzoekskassen van Wageningen UR Glastuinbouw.

2 Doelen teelt, klimaat en energie

2.1 Teeltdoelen

Bij de start van het project heeft iedere Phalaenopsis-telers in een eerste gesprek met de onderzoekers zijn eigen teeltdoelen geformuleerd. Tussen de bedrijven blijken verrassend veel overeenkomstige doelen te zijn. Alle bedrijven noemen “teeltoptimalisatie” onder de teeltdoelen. Dit is een zeer breed doel, want het omvat alle aspecten van de teelt en bedrijfsvoering en wordt gedefinieerd als “telen van een topkwaliteit plant met zo min mogelijk kosten”. Een andere gemeenschappelijk doel is het produceren van zo veel mogelijk meertakkers.

De definitie van “Topkwaliteit” is voor elk bedrijf anders, maar kent ook overeenkomsten:

- zware planten
- met voldoende bladeren¹
- met meer bloemen op een tak

Specifieke bedrijfsdoelen ten aanzien van de te produceren kwaliteit omvatten eisen aan de minimale planthoogte, aan de lengte van de bloemtak, een minimum aantal bloemen per tak en/of een minimum aantal bladeren per plant.

Voor het onderdeel “kostenoptimalisatie”, blijken eveneens overeenkomstige doelen te zijn:

- hoge teeltsnelheid, afgestemd op de kasvulling en het afzetpatroon,
- het voorkomen van uitval,
- een betere afstemming tussen bedrijfsmiddelen (schermen-vocht; doeken+krijt en belichting).

Voor sommige van de geformuleerde doelen volgt hieronder een uitgebreidere toelichting.

2.1.1 Meertakkers

Meertakkers, dat zijn planten met meer dan één bloemtak, hebben een hogere marktwaarde. De mate waarin een plant zich tot meertakker kan ontwikkelen heeft een belangrijke genetisch component. Sortimentskeuze is daarom een basisinstrument om meertakkers te produceren en alle bedrijven besteden hier steeds meer aandacht aan. Door schaarste aan plantmateriaal was er in het verleden minder ruimte om cultivars te kunnen selecteren.

In onderzoek naar het effect van CO₂-dosering bij Phalaenopsis is gebleken dat met CO₂-dosering tot 1000 ppm tijdens de koeling het percentage meertakkers met 12 tot 15% verhoogd kan worden ten opzichte van een CO₂-niveau van 400 ppm ([Dueck en Meinen, 2008; Kromwijk, 2008]). Recent onderzoek van Van Noort en Dueck (rapport bijna afgerond) laat zien dat een hoger lichtniveau tijdens de opkweek een positief effect heeft op de bloei en dat het aantal takken afhankelijk is van het aantal nieuwe bladeren gevormd in de opkweekfase.

Tijdens de opkweek wordt d.m.v. een hoge teelttemperatuur van 28°C voorkomen dat de plant generatief wordt en een bloemtak (voortak) gaat produceren. Als de planten voldoende groot zijn worden de planten verplaatst naar een koelafdeling met een temperatuur van ± 18-19°C en wordt meer licht (±6 mol/m².dag) toegelaten. De plant houdt dan zo veel assimilaten over dat er voldoende groei is voor het maken van (meerdere) bloemscheuten. Afkoeling van planten tijdens de opkweek door bijvoorbeeld uitstraling, kan bij gevoelige cultivars vroegtijdige aanmaak van bloemtakken veroorzaken. Deze voortakken moeten handmatig worden verwijderd. In de praktijk gaat men er van uit dat een weggeknipte voortak ten koste gaat van het aantal bloemtakken in de koeling.

¹ In de praktijk spreekt men vaak over bladparen, maar morfologisch gezien zijn het geen bladparen, maar wordt telkens 1 blad afgesplitst afwisselend links en rechts van de stengel.

Doorgaans is in elke bladoksel namelijk maar één generatieve en één vegetatieve okselknop aanwezig en als de uitgelopen generatieve okselknop is weggeknippt kan er in dit bladoksel waarschijnlijk geen nieuwe bloemtak meer ontstaan. In het onderzoek naar de invloed van lagere nachttemperatuur tijdens de opkweek (Kromwijk, 2010) nam het aantal bloemtakken per plant maar weinig af bij planten die een voortak gegeven hadden tijdens de opkweek, doordat lager gelegen okselknoppen uitliepen die normaal gesproken geen bloemtak geven. Nadeel kan echter wel zijn dat er daardoor wat minder kans is op het maken van twee gelijkwaardige bloemtakken, waardoor de planten mogelijk kwalitatief minder gewaardeerd worden. Daarnaast kan niet elke meertakker als meertakker verkocht worden, omdat tijdens bind- en inpakhandelingen takken kunnen breken en dit leidt tot verlies.

Dit doel wordt op alle bedrijven gemeten, ofwel bij afleveren, ofwel tijdens het sorteren voor het afleveren.

2.1.2 Beperken van de uitval

Beperken van de uitval is een gemeenschappelijk teeltdoel van nagenoeg alle bedrijven. Immers, planten die uitvallen zijn een directe kostenpost voor het bedrijf: er zijn al kosten voor gemaakt, maar de planten leveren niets op. Bij de start van het project varieerde de uitval onder de deelnemers tussen bijna geen uitval tot 20 %. Eén van de bedrijven begrootte de economische schade van 1% uitval op 1,80 €/m².

De wijze waarop de bedrijven omgaan met uitval is ook verschillend: op het ene bedrijf worden zieke/verdachte planten direct verwijderd, op andere bedrijven worden ze voor zover mogelijk als B-kwaliteit verkocht, om een deel van de kosten terug te verdienen.

Uitval kan bij *Phalaenopsis* het gevolg zijn van verschillende aantastingen.:

In de opkweekfase is vooral *Pseudomonas cattleyae* (*Acidovorax avenae* subsp. *Cattleyae*) een beruchte ziekte (zie Figuur 1.). Het kan onder vochtige omstandigheden in de praktijk leiden tot wel 20% uitval. Door hygiënemaatregelen, droogstoken na een watergift en voorkomen van hoge RV kan de uitval worden beperkt. In de koelfase is de temperatuur zo laag dat *Pseudomonas* zich meestal weinig verder meer ontwikkelt.

Bij de lage temperatuur in de koel- of afweekafdeling kan *Fusarium* optreden. *Fusarium* wordt aangetroffen na een te grote overgang van opkweek naar koeling/afweek (waarbij mogelijk condensvorming in het gewas ontstaat, waardoor in combinatie met de stressvorming in de plant *Fusarium* gemakkelijk de plant in kan komen), te koud gietwater, het te lang nat staan van de plant na het gieten of het ontbreken van een minimumbuis, waardoor wortelmilieu te maken krijgt met ongewenste temperatuursverlaging [van der Knaap *et al.*, 2005]. Ook hiertegen helpt droogstoken na het gieten.

Andere afwijkingen die kunnen leiden tot uitval of kwaliteitsverlies zijn overgangsschade en lichtschade.

Onder overgangsschade wordt verstaan: een verkleuring van het blad na de overgang van opkweek naar koeling. Het is niet geheel duidelijk of dit komt door de daling van de temperatuur en/of door de toename in licht. Recent onderzoek [Dueck *et al.*, 2010] lijkt er op te wijzen dat het komt door de verlaging van de temperatuur en dat veel licht de symptomen verergeren. Een meer geleidelijke overgang naar een lage temperatuur met meer licht door het afdekken van gevoelige planten met acryldoek kan overgangsschade voorkomen.

Teveel licht kan ook schade of vertraging geven. Dit kan zowel gelden op etmaalbasis (max 4-5 mol/m².dag in opkweek en max. 6-7 mol/m².dag in de koeling/afweek) als op momentane basis (max. 100 µmol/m².s in opkweek en max. 200 µmol/m².s in koeling/afweek). Uit onderzoek [Dueck *et al.*, 2010] is gebleken dat dit in de opkweek vooral geldt vlak na het uitplanten en dat later in de opkweek de lichtsom wat hoger mag zijn.

De gevoeligheid voor ziekten, overgangsschade en lichtschade is vaak cultivar afhankelijk, maar omdat een breed sortiment door elkaar wordt geteeld, moet in de hele afdeling rekening worden gehouden met de meeste gevoelige cultivars.



Figuur 1. Aantasting door Pseudomonas

2.1.3 Teeltsnelheid en planning

De teeltsnelheid wordt zoals bij de meeste gewassen bepaald door de combinatie van temperatuur, luchtvochtigheid, CO₂ en licht. Meestal wordt gestreefd naar een zo snel mogelijke teelt met een goede plantkwaliteit.

De manier waarop bedrijven dit doel meten is verschillend: de uitgroeiduur tussen twee opeenvolgende bladeren kan worden gemeten, maar ook het aantal bladeren wat aan het einde van de opkweek is gevormd; als daar een minimum aantal bladeren aan gekoppeld wordt, bepaalt dit minimum vaak de teeltduur. De aantallen die afgeleverd worden ten opzichte van de planning geeft de teeltsnelheid ook weer.

2.2 Doelen kasklimaat en energievoorziening

Zoals in iedere teelt wordt gestreefd naar een instelling van het kasklimaat, zodanig dat de teeltdoelen worden gehaald met zo min mogelijk energiekosten. Naast het realiseren van een hoge kastemperatuur in de opkweekafdeling kost ook het drogen van het gewas na een gietbeurt, veel energie. Met het oog op het teelt doel om de uitval te beperken (paragraaf 2.1.2) wordt vaak gestreefd naar een meer droge kaslucht van 70-80% RV.

De benodigde warmte kan worden geleverd door een warmtepomp, een WKK of een verwarmingsketel. De warmtepomp wordt voornamelijk ingezet voor de productie van koude, waarbij het bijproduct warmte is. De resterende warmte wordt geleverd door een WKK, ketel en/of boiler.

Op energiegebied formuleerden de bedrijven meer specifieke doelen omdat deze per bedrijf verschillend zijn, vanwege verschillen in de bedrijfsinrichting:

- het produceren van een zo goed mogelijke plant met zo min mogelijke energie
- het herstellen van het evenwicht tussen de koude en de warme bronnen (aquifers)
- het produceren met 100% duurzame energie (groene stroom)

2.3 Discussie bedrijfsdoelen

Een hoge luchtvochtigheid toelaten is energie-efficiënter en leidt tot een snellere groei, maar een te hoge luchtvochtigheid verhoogt de risico's op ziekten. De kunst is om het grensgebied op te zoeken tussen een snelle groei met zo min mogelijk risico op ziekten (zie paragraaf 3.1.2). De grenzen voor vocht worden op watergeefdagen soms overschreden. Hoe hiermee om te gaan was een belangrijk terugkerend onderwerp van discussie, ook omdat de meest doelmatige manier door het jaar heen varieert.

Meer licht leidt tot meer aanmaak van drogestof. Niet iedere cultivar geeft echter ook meer productie, omdat sommige cultivars te veel licht schade vertonen. De grens tussen licht toelaten en licht wegschermen was een frequent discussie onderwerp.

Veel cultivars met verschillende optimale waarden voor onder andere licht, worden in dezelfde kas geteeld. Wat voor de ene cultivar een optimaal niveau is, is voor de andere schadelijk, dit bemoeilijkt teeltoptimalisatie.

Als het bezuinigen op de warmtevraag leidt tot meer uitval dan werkt dit zeer negatief uit voor het bedrijfsresultaat. Als met 9 m³/m² meer aardgas 1% uitval kan worden voorkomen dan is dat bedrijfseconomisch al verantwoord. Het gaat wel ten koste van de CO₂-emissie.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het gerealiseerde kasklimaat, de teelt en het energieverbruik besproken, met aandacht voor de verschillen tussen en binnen de bedrijven die gedurende de looptijd zijn opgetreden, evenals de mate waarin de verschillende teeltdoelen zijn gerealiseerd.

In het algemeen is er veel gebeurd aan teeltoptimalisatie.

- Licht: er is geleidelijk meer licht toegelaten in alle fases van de teelt.
- CO₂ werd bij sommige bedrijven al voor het project gebruikt, maar door het project is het gebruik van CO₂ verbeterd: er wordt nu bewuster gebruik van gemaakt. Het resultaat lijkt vooralsnog niet zo spectaculair als in de proeven in Bleiswijk en Wageningen, maar er is wel degelijk resultaat.
- Vocht: er is veel verbeterd door nieuwe inzichten over het telen onder hoge RV: dat is mogelijk mits er voldoende licht en voldoende luchtbeweging is. Er wordt gebruik gemaakt van nevel maar dat gaat voor zonsondergang uit.
- Watergift: men is gericht water gaan geven, eerder op de dag zodat het drogend effect van de lampen (in de winter) beter benut wordt en in kortere tijd zodat droogtijd na de watergift langer is.

3.1 Teeltoptimalisatie

Gedurende het project zijn de teeltregimes van de telers geleidelijk aangepast, en meer op elkaar gaan lijken. Over het algemeen werd steeds vochtiger geteeld en meer licht toegelaten, maar er werd ook meer aandacht besteed aan het droogstoken na iedere gietbeurt.

3.1.1 Temperatuur

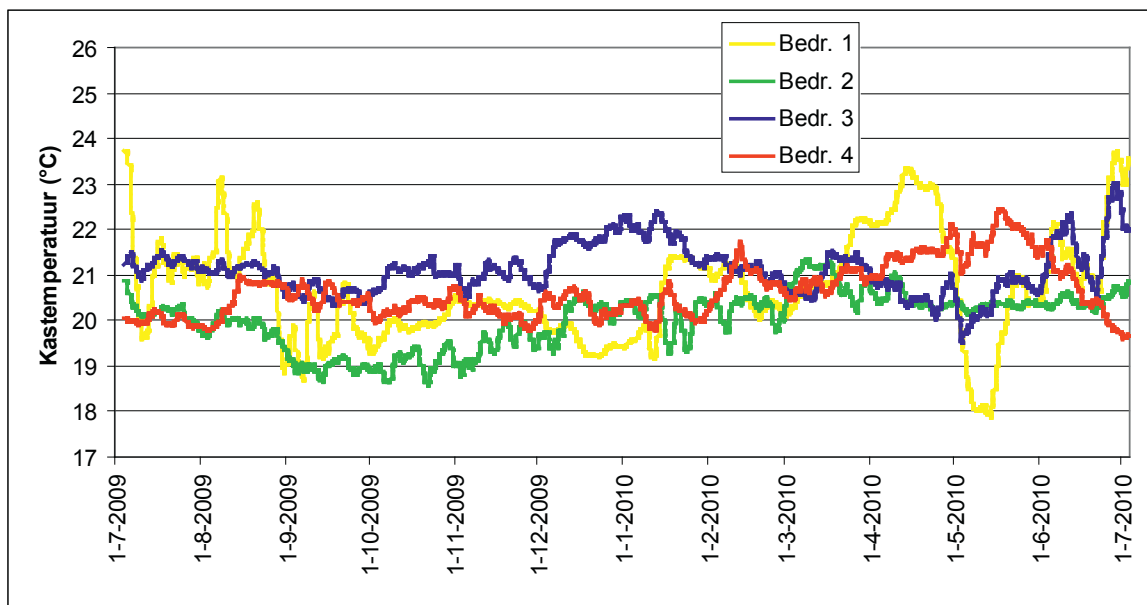
In Figuur 2. is het verloop van de etmaaltemperatuur weergegeven van 1 juli 2009 tot en met 1 juli 2010 in de afweekafdelingen van de vier bedrijven.

Bij bedrijf 1 valt op dat de etmaaltemperatuur soms sterk oploopt. Dit komt omdat bij dit bedrijf alleen in de koelafdeling en niet in de afweekafdeling waar gemeten is, mechanisch kan worden gekoeld. Wel wordt er verneveling toegepast.

Bij bedrijf 2 wordt gemiddeld de laagste temperatuur gerealiseerd. Dit komt mede doordat de afweekafdeling in de zelfde kasruimte staat als de koelafdeling.

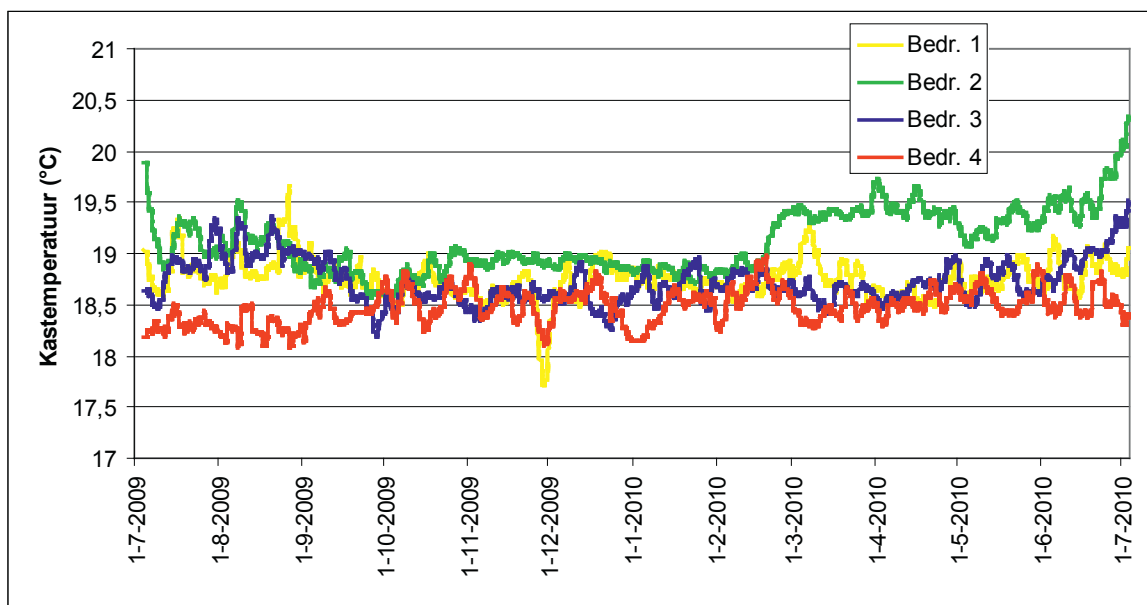
Bij bedrijf 3 is het opvallend te zien dat de temperatuur in de winterperiode hoger is dan in de zomerperiode.

Bij bedrijf 4 is vooral in het voorjaar van 2010 een hogere temperatuur aangehouden.



Figuur 2. Etmaaltemperatuur in de afweek van vier bedrijven gedurende een jaar

In Figuur 3. wordt hetzelfde beeld gegeven van de koelafdelingen. Hier wordt veel strakker omgegaan met de temperatuur. Opvallend is dat bedrijf 2 sinds half februari bijna een graad warmer is gaan telen in de koelafdeling. Verder is te zien dat alleen bedrijf 4 de afdeling ook in de zomer koel (lager dan 18,5 °C) kan houden, zelfs koeler dan in de overige perioden. De kortstondige afwijkingen bij bedrijf 1 (half juli, eind augustus en eind november 2009) betreft storingen in de klimaatregeling.



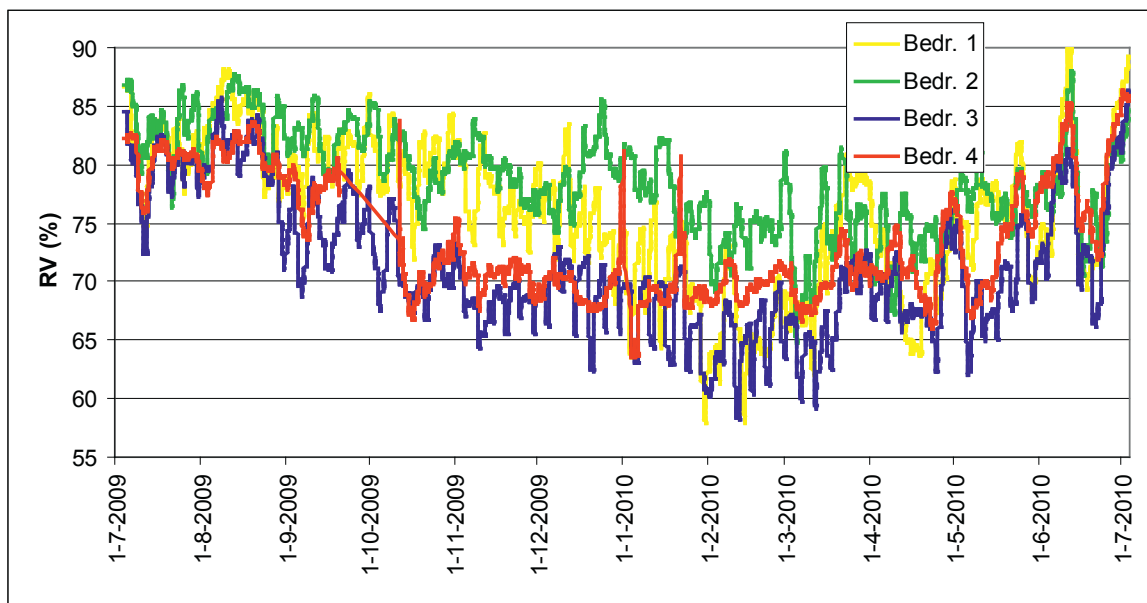
Figuur 3. Etmaaltemperatuur in de koelafdeling van vier bedrijven gedurende een jaar

Horizontale temperatuurverschillen

In het kader van het project “Monitoring van technische systemen in semi gesloten kassen” [Gieling *et al.*, 2010] zijn uitgebreide horizontale temperatuurmetingen verricht door een grid van sensoren te plaatsen. Bij drie van de vier bedrijven is naar de temperatuurverdeling op afdelingsniveau en bij één bedrijf naar tafelniveau gekeken. Deze metingen hebben grote horizontale temperatuurverschillen getoond als gevolg van de verschillende koeling en verwarmingssystemen. Gebleken is dat bij koelen, de systemen met LBK's redelijk voldoen, maar bij verwarming, zijn ze bij het ontbreken van een gevelverwarming onvoldoende om de koude vanuit de gevel op te heffen. Op bedrijf 1 is naar aanleiding van deze metingen in overleg met de installateur het gevelnet aangepast.

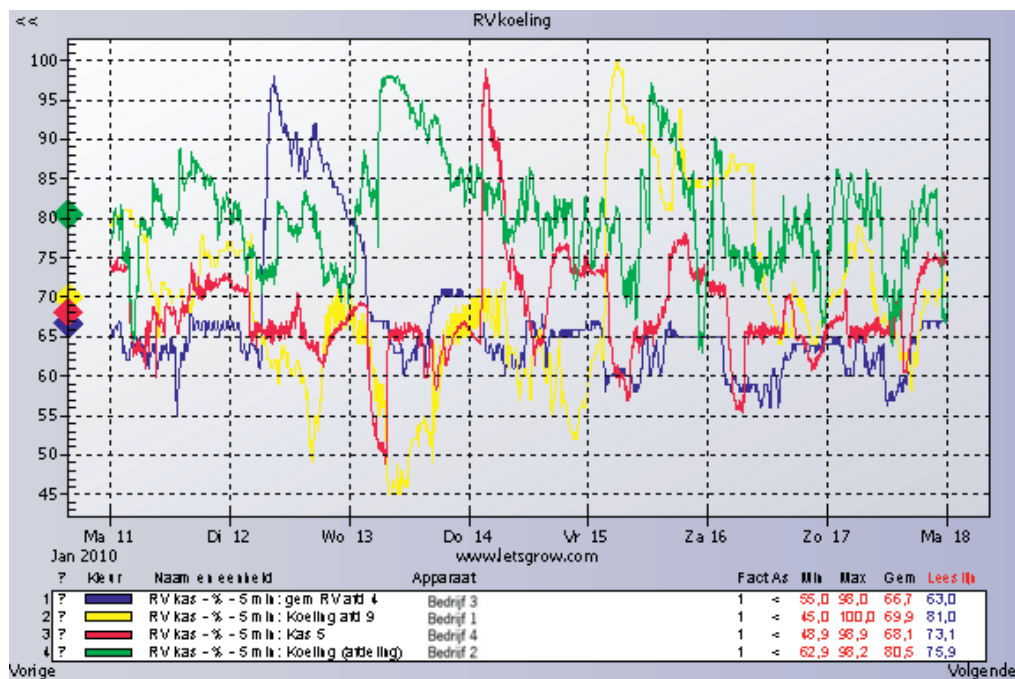
3.1.2 Luchtvochtigheid

De luchtvochtigheid (RV) wordt over het algemeen laag gehouden om problemen met *Pseudomonas* of *Fusarium* (zie paragraaf 2.1.2) te voorkomen. In Figuur 4. is de voortschrijdend gemiddelde RV over 4 dagen weergegeven gedurende een jaar. Duidelijk is te zien dat de RV in de winterperiode lager is dan in de zomerperiode. De verschillen tussen de bedrijven zijn in de zomer kleiner dan in de winter. Zo zakt bedrijf 2 in de winter het minst diep weg. Dit is te verklaren door het isolerende kasdek (stegdoppelplaten) en het intensieve schermgebruik, wat de vochtafvoer beperkt (zie Bijlage I).



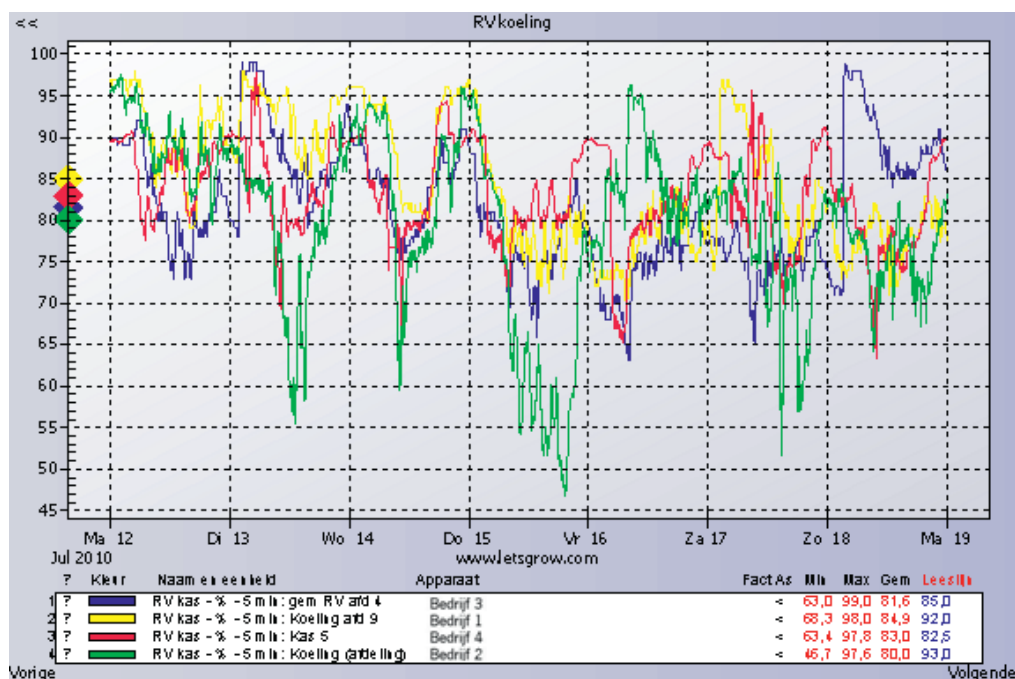
Figuur 4. RV (%) in de koelafdeling van vier bedrijven gedurende een jaar

In Figuur 5. is voor een week in de winterperiode (week 2 -2010) aangegeven hoe de RV verloopt in de koelafdelingen. Bedrijf 3 (blauwe lijn) streeft naar een RV van 65%. Op de momenten dat de belichting aangaat (ca. 03:00 uur), zakt de RV $\pm 5\%$ terug. Dit kan duiden op het sluiten van de huidmondjes, maar zal vooral zijn veroorzaakt door het stijgen van de kastemperatuur. Bij een gewasberegening kan de RV wel een etmaal lang hoog blijven. Bij bedrijf 1 (gele lijn) is een vergelijkbaar patroon te zien, al duurt het hier na de gietbeurt iets langer voordat de RV gedaald is naar de streefwaarde van 65%. Overdag kan de RV wegzakken tot 45%. Bij bedrijf 3 (groene lijn) wordt een hogere RV aangehouden en daalt de RV na de gietbeurt maar langzaam. Bedrijf 4 (rode lijn) heeft slechts gedurende een zeer korte tijd na de gietbeurt een hoge RV. De snelheid waarmee de bedrijven de kaslucht na het gieten drogen verschilt dan ook enorm. Dat geldt ook voor de bijbehorende energie input.



Figuur 5. RV in de koelafdeling in week 2

In de zomerperiode is het in de koelafdeling veel moeilijker om een lage RV aan te houden. Er condenseert immers nauwelijks meer vocht tegen het kasdek en de buitenlucht bevat vaak meer vocht dan de kaslucht, zodat dan alle ontvochtiging via de luchtbehandelingskasten moet geschieden, voor zover dat mogelijk is. Zeker 's nachts is het moeilijk om te ontvochtigen omdat de bedrijven 1 en 2 niet tegelijkertijd (kunnen) koelen en verwarmen. Overdag vindt de ontvochtiging plaats door koeling in de LBK's, waarbij de zon zorgt voor herverwarming, maar 's nachts vindt er te weinig verwarming plaats om voldoende koelvermogen in te zetten. Daarnaast zal bij inzet van de LBK's voor ontvochtiging de temperatuur van het blok ver naar beneden moeten om condensatie te bereiken. Voor systemen die niet via de LBK na kunnen verwarmen betekent dit dat de uitblaastemperatuur lager kan komen te liggen dan wenselijk is voor de planten, tenzij in de LBK veel kaslucht kan worden bijgemengd.



Figuur 6. RV in de koelafdeling in week 28

3.1.3 Luchtbeweging (ventilatoren, luchtramen)

De vier bedrijven verschillen voor wat betreft de plaatsing van de ventilatoren en het gebruik van luchtslangen (zie Tabel 2.). Het maximale debiet dat kan worden ingeblazen in de koelafdeling, en het maximale vermogen dat daarvoor nodig is, zijn bij drie bedrijven gemeten. Hieruit bleek dat bedrijf 1 veel meer lucht kan inblazen dan bedrijf 2 en 3. Bedrijf 3 heeft met luchtslangen een veel groter elektrisch vermogen nodig dan bedrijf 2 om een vergelijkbaar debiet te realiseren.

Tabel 2. Kenmerken van de verschillende luchtbehandelingskasten (LBK's) in de koelafdeling

	Positie LBK	Luchtslangen	Max debiet	Vermogen
			m ³ /m ² .uur	We/m ²
Bedrijf 1	Onder	Nee	81	1.8
Bedrijf 2	Onder	Nee	52	2.1
Bedrijf 3	Onder	Ja	51	13
Bedrijf 4	Boven ¹⁾	Nee	-	-

¹⁾ In de afkweek afdeling van bedrijf 4 zijn de LBK's tussen de teelttafels geplaatst (uitblaas onder de tafel)

De luchtbeweging onder invloed van ventilatoren, raamstanden en schermstanden is met behulp van rookproeven visueel gemaakt tijdens de groepsbedrijfsbezoeken. In het algemeen gesproken wordt de verdeling beter indien er met minder kracht geblazen wordt. Uit de rookproeven bleek ook dat de luchtstroom opgewekt met ventilatoren vaak marginaal is ten opzichte van luchtstromingen door luchtramen of temperatuurverschillen. Zo bleek dat horizontale temperatuurverschillen op bedrijf 1, ondanks het in twee groepen kunnen regelen van de LBK's, niet weggeblazen kon worden. De ondernemers hebben aanpassingen gedaan om de luchtstromen te verbeteren. Bijvoorbeeld aan de kracht van de ventilatoren (minder hard blazen), aan de blaasrichting, of door schotten te plaatsen tussen tafels op plekken waar de meeste lucht eruit kwam omdat dat de weg van de minste weerstand bleek te zijn. Indien ventilatoren ter ondersteuning van luchtbeweging gebruikt worden, kunnen deze het beste uitgeschakeld worden indien de luchtramen meer dan 1 á 2 % geopend zijn. Op bedrijf 3 bleken de ventilatoren van de LBK's zoveel lucht te verplaatsen dat de lucht tegen de draairichting van horizontaal geplaatste ventilatoren onder het scherm werd heen geblazen. Deze horizontale ventilatoren zijn dan ook uitgeschakeld.

3.1.4 Watergift en verdamping

De gewasverdamping van Phalaenopsis is laag ten opzichte van andere gewassen. Dit wordt deels veroorzaakt door de lage lichttoetreding in de kas, maar ook doordat een CAM-plant zoals Phalaenopsis sowieso zuinig omgaat met water. Volgens metingen [Baas, 2009] komt de verdamping vanuit het gewas inclusief substraat, in de opkweekfase neer op gemiddeld 1 l/m².etmaal. De gewasverdamping is het hoogst vlak na een gietbeurt en neemt iedere dag af tot een volgende gietbeurt. Naast verdamping uit pot en substraat zorgt ook de verdamping vanaf de bodem na een gietbeurt voor extra vocht in de kas. Deze hoeveelheid is niet gemeten.

Om de vier tot zes dagen wordt een gietbeurt gegeven. De gietbeurt (12-16 l/m²) is veel groter dan de cumulatieve verdamping om te bevorderen dat iedere pot voldoende water krijgt.

Het effect van een watergiftbeurt op de RV op alle bedrijven is goed te zien in Figuur 5. als hoge plotselinge "pieken" in de RV. Ook is te zien dat de tijd totdat de RV terug is op het niveau van voor de watergift per bedrijf verschilt.

Bij drie Phalaenopsisbedrijven wordt van bovenaf gegoten met een vaste regenleiding. Alleen bij bedrijf 2 wordt water gegeven met een rijdende gietboom. Bij een gietboom wordt iedere plant niet langer dan 2 minuten nat gemaakt (per gietbeurt 12 tot 16 l/m²). Een opgedroogd substraat neemt veel moeilijker water op dan een vochtig substraat en kan op den duur steeds meer opdrogen als de watergift kleiner wordt. In sommige gevallen is een korte gietbeurt te kort gebleken om de uitgedroogde potten voldoende te verzadigen. Zelfs na een gietbeurt blijven dus potten droog die vervolgens nog verder uitdrogen.

Gedurende de looptijd van het project hebben 3 van de 4 bedrijven daarom proeven gedaan met andere substraatmengsels; inmiddels zijn 2 ervan overgegaan op nattere mengsels, waardoor er minder verschillen in vochtgehalte tussen planten ontstaan. Zo kan energie bespaard worden omdat minder vaak een gietbeurt nodig is. Opvallend was dat het derde bedrijf die proeven nam met het nattere mengsel eerder uitval zag. Een mogelijk andere remedie om het wortelmEDIUM van droge potten beter te verzadigen is de gietbeurt te verdelen in twee beurten met een korte tussenpauze.

Ook heeft een van de bedrijven de logistiek van de watergiftten aangepast, om de duur van een waterbeurt te verkorten, en zo meer tijd beschikbaar te houden tot de nacht voor het drogen van het gewas. Indien de logistiek het toelaat proberen de bedrijven met name in de winter de gietbeurt zo vroeg mogelijk in de ochtend af te ronden. Het drogen van het gewas kost veel tijd en energie, ook omdat er op het blad plasvorming plaats vindt (zie Figuur 7.). De assimilatiebelichting is hierbij een effectief hulpmiddel om het blad te drogen.



Figuur 7. Nat gewas na een watergift

Het water dat op de planten blijft liggen na een waterbeurt heeft veel tijd nodig om te drogen. Door de waslaag op de bladeren blijven dikke druppels liggen. Daarom zijn door een groep studenten van de Hogeschool Delft diverse ideeën onderzocht om deze waterdruppels mechanisch te verwijderen en zo het gewas sneller te laten drogen [Visser *et al.*, 2010]. De geteste methodes zijn: trillen, blazen met een bladblazer, en inblazen met droge lucht.

- Het trillen is getest bij verschillende vermogens en frequenties, maar door onder andere de variatie tussen de plantendelen blijkt het niet mogelijk om alle bladeren zodanig te laten resoneren, dat de druppels er vanaf trillen.
- Het geforceerd blazen met de bladblazer werkt in principe goed, maar bij te hard blazen wordt ook de bark uit de pot weggeblazen.
- Het blazen van (licht verwarmde) droge lucht over het gewas geeft geen mechanische droging, maar stimuleert de verdamping. In principe lijkt deze methode sterk op de wijze waarop het gewas nu al in de praktijk wordt ontvochtigd met verwarming en geopende luchtramen.

3.1.5 Ontvochtiging

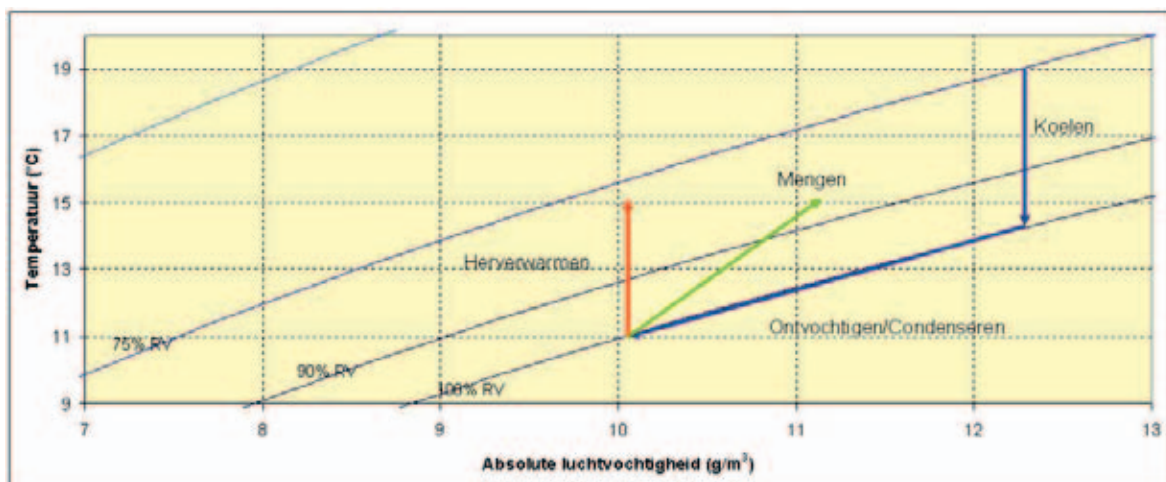
Geen van de koelsystemen in de groep is ook uitgelegd om te ontvochtigen. Ontvochtigen na de watergift is voor alle bedrijven een belangrijk knelpunt. Daarom is er gedurende het project veel aandacht besteed aan goedkope methodes om te ontvochtigen, of aan het aanhouden van de juiste volgorde om het zo efficiënt mogelijk te doen:

Condensatie tegen het kasdek is een betrekkelijk voordelige manier om te ontvochtigen. Bij een temperatuurverschil tussen binnen en buiten van 10°C condenseert ongeveer 13 g/m².uur. Als hierbij gebruik wordt gemaakt van een energiescherm dat vocht doorlaat (of een schermkier heeft), kan het kasdek nog verder afkoelen en meer condensatie geven. Condensatie is echter beperkt tegen een stegdoppelkasdek, omdat door de hogere isolatiewaarde, een groter temperatuurverschil nodig is voor voldoende condensatie.

Ontvochtigen met buitenlucht (ventileren) is een alternatief waarbij meestal minder warmte verloren gaat dan bij condensatie tegen het kasdek. Vooral als de buitenlucht droog is, is slechts weinig luchtuitwisseling nodig om voldoende vocht af te voeren. Het opwarmen van deze kleine hoeveelheid droge buitenlucht kost dan nog maar weinig warmte. De absolute luchtvochtigheid buiten moet wel lager zijn dan de gewenste absolute luchtvochtigheid in de kas. Dit kan in een gekoelde kas in de zomerperiodes een probleem zijn (zie ook Figuur 9.).

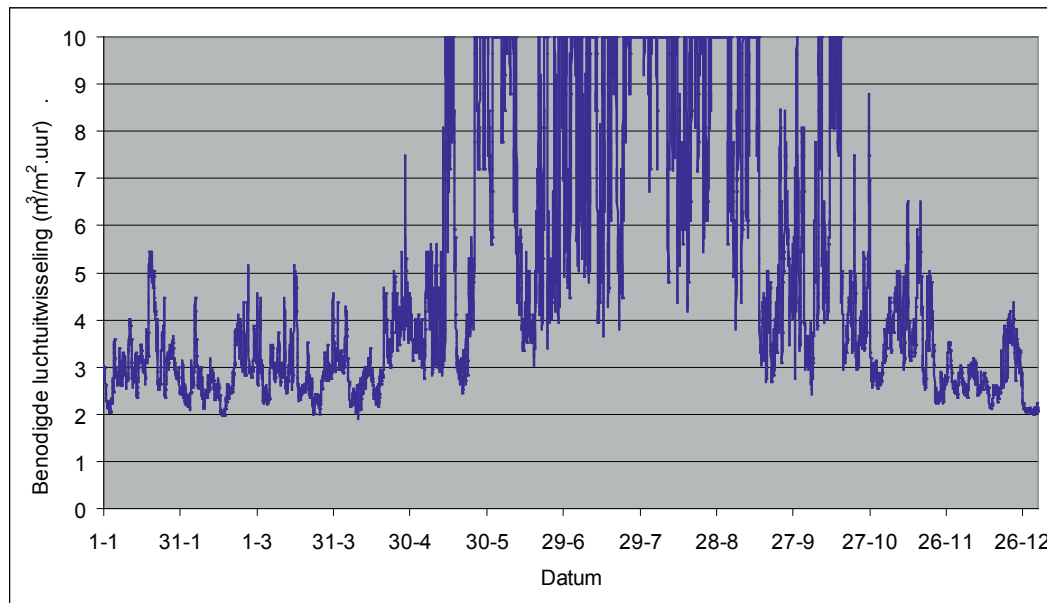
Condensatie tegen een koelblok maakt de ontvochtiging onafhankelijk van de buitenomstandigheden. De temperatuur van het koelblok moet dan onder het dauwpunt komen. In de koelafdeling wordt veelal gestreefd naar een kastemperatuur van 19°C en een RV van 75%. Het dauwpunt ligt dan rond 14°C (zie Figuur 8.). Er wordt echter gestreefd naar een uitblaastemperatuur die niet lager is dan 15°C, omdat te koude potten schade kunnen geven. De gekoelde en gedroogde lucht moet daarom weer worden opgewarmd, maar geen van de LBK's is ingericht om tegelijkertijd te koelen en te verwarmen. Een van de ondernemers is met zijn installateur bezig geweest om zijn systeem aan te passen voor dit doel, maar dit bleek niet meer mogelijk. Wel kan door positionering van verwarmingsbuizen dit naverwarm effect enigszins bereikt worden. Alleen bedrijf 3 bezit hiervoor de mogelijkheden. Een alternatieve mogelijkheid voor LBK's zonder warmteblok is door harder te blazen en meer kaslucht bij te mengen.

In Figuur 8. worden de twee alternatieven grafisch weergegeven in een Mollierdiagram. In een koelblok koelt kaslucht met 12,3 g/m³ vocht (RV=75%) af van 19°C tot 14°C. De RV stijgt dan tot 100% (verzadigde lucht), maar er condenseert nog niets. Door verder te koelen naar 11°C wordt 2,3 g/m³ vocht onttrokken aan de lucht. De RV is dan nog steeds 100%. Voor het uitblazen van lucht van 15°C kan dan worden gekozen om meer lucht bij te mengen (zie Mengen) of door deze op te warmen (Herverwarmen). Bij mengen is meer ventilatievermogen nodig om de kaslucht bij te mengen en voor herverwarmen is een extra warmte blok nodig in de LBK en extra warmte.



Figuur 8. Verloop van koelen, ontvochtigen en mengen/herverwarmen in een mollierdiagram

Op de vraag van de telers wanneer je kunt drogen met behulp van ventilatie is een rekensheet gemaakt om te berekenen op welke dagen het zin heeft om te ventileren. De resultaten hiervan worden weergegeven in Figuur 9. Hieruit blijkt dat in de gekoelde kas (19°C , 80% RV à $13,1 \text{ g/m}^3 \text{ AV}$) gedurende de winterperiode slechts weinig ($\pm 3 \text{ m}^3/\text{m}^2$) luchtuitwisseling nodig is om $20 \text{ g/m}^2\cdot\text{uur}$ vocht af te voeren. Van half mei tot half oktober is de absolute luchtvochtigheid buiten vaak zo hoog dat veel meer lucht moet worden uitgewisseld om dezelfde hoeveelheid vocht af te voeren. Gedurende ruim 400 uren per jaar is de absolute luchtvochtigheid buiten zelfs hoger dan $13,1 \text{ g/m}^3$. Tijdens deze uren moeten de luchtramen worden gesloten om te voorkomen dat vocht naar binnen komt. De ontvochtiging kan dan alleen plaatsvinden via condensatie tegen het koelblok.



Figuur 9. Benodigde luchtuitwisseling om $20 \text{ g/m}^2\cdot\text{uur}$ vocht af te voeren bij een kastemperatuur van 19°C en een RV van 80%

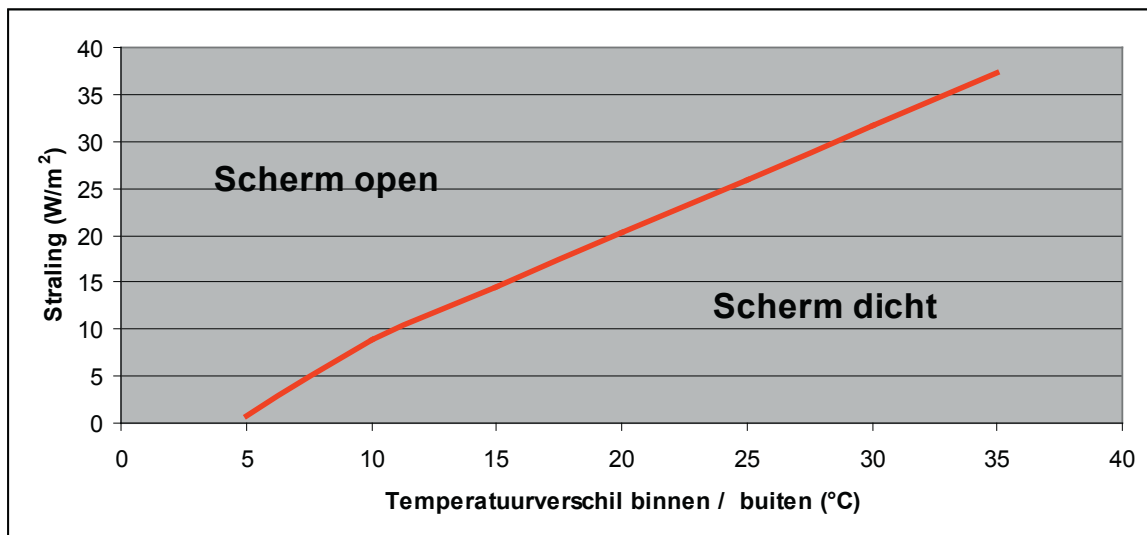
3.1.6 Schermgebruik

In de zomer worden de schermen frequent gebruikt om licht weg te schermen. In Bijlage I is weergegeven hoe vaak de schermen op de verschillende bedrijven worden gebruikt. Samengevat blijken de schermen vaker te worden gebruikt om licht weg te schermen dan om de warmte binnen te houden. In de opkweekfase wordt uiteraard vaker geschermd voor energiebesparing dan in de afdeling met koeling of afkweek.

Op verzoek van de deelnemers is een rekenmodule gemaakt om te bepalen wanneer het in de winter goedkoper is om onder belichting te isoleren dan met schermen open te stoken om de temperatuur te behouden, als een functie van de buitentemperatuur en de buitenstraling. De rode lijn in Figuur 10. toont de “break-even” lijn tussen extra stoken of extra belichten. De Figuur geeft een afweging weer tussen de stookkosten die gepaard gaan met het warmteverlies bij een geopend scherm ten opzichte van elektriciteitskosten van lamplicht (€/kmol PAR) ter compensatie van het lichtverlies bij een gesloten scherm.

Uitgangspunten: Kas met enkel kasdek waarbij wordt gestookt met ketel. De gasprijs is $0,25 \text{ €/m}^3$ en de elektriciteitsprijs $0,07 \text{ €/kWh}$. Bij het belichten kost iedere kmol (=1000 mol) ongeveer 15 €.

Bij een kas met een dubbel kasdek of een lichtdoorlatend energiescherm wordt met een extra donker scherm minder warmte bespaard, dus zal voor die situatie de lijn naar rechts verschuiven.

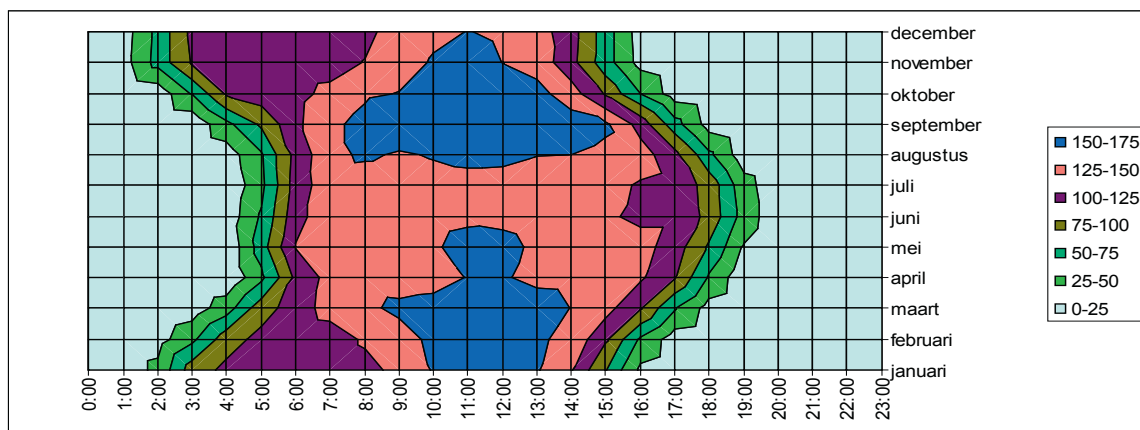


Figuur 10. Een handvat voor het kostenefficiënt omgaan met schermen, belichting en verwarming

Tijdens de bijeenkomsten is ook gediscussieerd over de eigenschappen van verschillende schermen. Onderzocht is dat de meest gebruikte transparante schermdoeken bestaan uit poly ethyleen (PE bijv. Phormalux) of polyester (PET bijv. SLS 10 of XLS10). PE blijkt iets meer daglicht door te laten, minder warmte uit te stralen, maar veel meer warmtestraling door te laten PET [Bloem *et al.*, 2000]. In droge toestand in een januarimaand zou PET voor 13% meer energiebesparing kunnen zorgen dan PE. In natte toestand laten beide schermen geen warmtestraling meer door en is het verschil in energiebesparing heel klein. Verder maakt PE het daglicht diffuser dan PET, wat in de zomer weer een voordeel is voor het gewas.

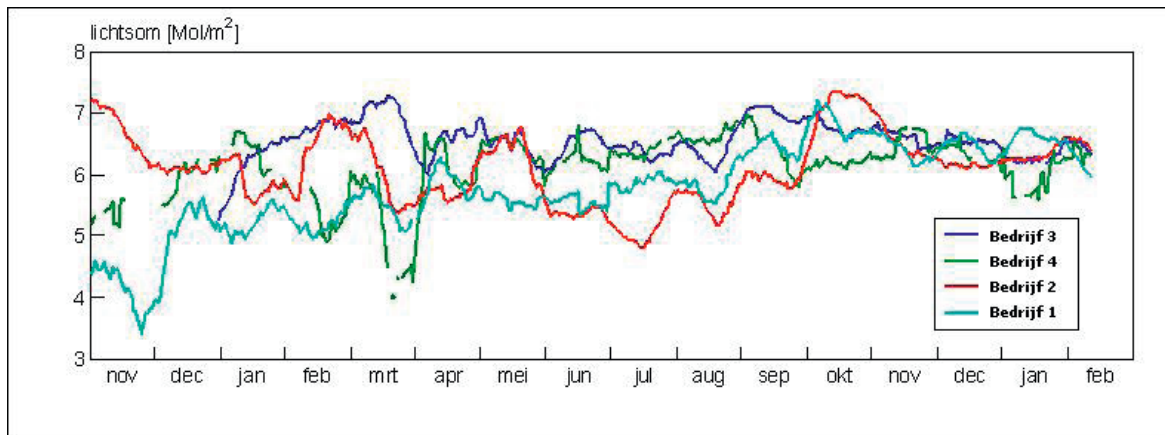
3.1.7 PAR

De hoeveelheid PAR-licht die wordt toegelaten op het gewas is schematisch weergegeven in Figuur 11. Deze Figuur is het gemiddelde van het gemeten lichtniveau door de PAR-meters in de koelafdelingen van de vier bedrijven gedurende een jaar. Uit de vergelijking met het tijdstip van natuurlijke zonsopgang en zonsondergang door het jaar (=gele lijn in Figuur 11.), blijkt dat vooral in de wintermaanden is belicht om voldoende licht in de kas te hebben. Gestreefd wordt naar een daglengte van 14 uur. 's Winters vindt de dagverlenging alleen plaats in de ochtenduren. 's Avonds wordt nooit belicht. In juni en juli is het opvallend dat overdag en vooral 's middags het PAR-niveau lager wordt gehouden dan in de maanden ervoor en erna. Dan is bij sommige bedrijven een extra krijtlaag aangebracht en wordt bij een lager lichtniveau het schermdoek al dichtgetrokken om om te voorkomen dat de maximale PAR-som wordt bereikt.



Figuur 11. Cyclisch gemiddeld PAR-niveau per maand in de koelafdelingen gemiddeld van de vier bedrijven (μmol/m².s) in vergelijking met de daglengte per maand (gemarkeerd met gele lijn)

Gedurende de looptijd van het project is door drie van de vier bedrijven geleidelijk een hogere lichtsom toegelaten (zomersituatie) of nagestreefd (wintersituatie). Dit is te zien in Figuur 12.

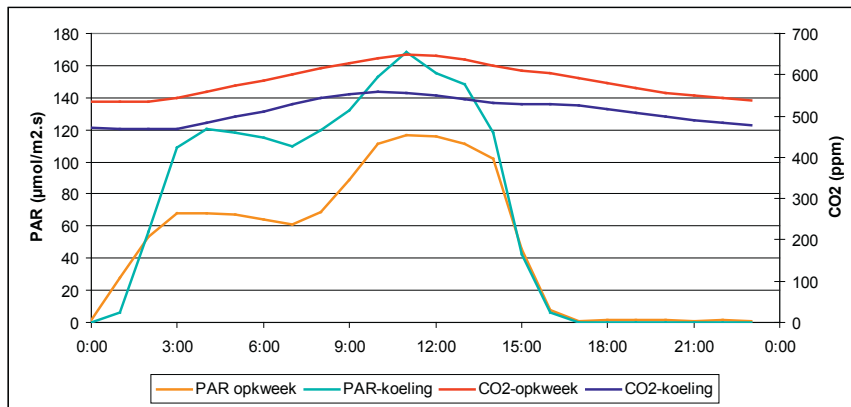


Figuur 12. Gerealiseerde lichtsom ($\text{mol/m}^2 \cdot \text{etmaal}$) van de vier bedrijven tussen november 2008 tot februari 2010

3.1.8 CO₂

Aangezien Phalaenopsis een CAM-plant is, is er lang vanuit gegaan dat CO₂ doseren bij de teelt van Phalaenopsis geen effect zou geven. Uit onderzoek [Dueck *et al.*, 2008] is inmiddels gebleken dat met CO₂-dosering tot 1000 ppm tijdens de koeling het percentage meertakkers (één van de teeltdoelen van alle vier bedrijven), met 12 tot 15% verhoogd kan worden ten opzichte van een CO₂-niveau van 400 ppm. CO₂-dosering tijdens de opkweek resulteerde in grotere planten op het einde van de opkweekfase, zowel in termen van bladoppervlak als drooggewicht. Het CO₂-doseren tijdens de opkweek had geen na-effect op het percentage meertakkers in de koeling, maar leidt wel tot grotere bloemtakken [Dueck en Meinen, 2008].

De CO₂-opname bij Phalaenopsis vindt niet alleen 's nachts plaats, maar ook al in de middag. In Figuur 13. is de CO₂-concentratie en hoeveelheid PAR van zowel de opkweek als de afkweek van bedrijf 2 weergegeven als cyclisch gemiddelde van 2 weken in januari. In deze periode is niet geventileerd noch CO₂ gedoseerd. De hoge concentratie in de lucht wordt veroorzaakt door de afbraak van het wortelmedium (bark). De CO₂-concentratie neemt toe vanaf het moment dat gestart wordt met belichten. Blijkbaar sluiten de huidmondjes dan en komt er meer CO₂ uit de bark dan wat de planten kunnen opnemen en door lek uit de kas verdwijnt. Ruim voordat het donker wordt, neemt de CO₂-concentratie weer af.



Figuur 13. Cyclisch gemiddelde van de CO₂-concentratie en de hoeveelheid PAR in de kas, gemiddelde van 2 weken in januari 2010 bij gesloten ramen in de opweekkas en in de gekoelde kas

Bij de vier bedrijven wordt verschillend met CO₂ omgegaan. Bedrijf 1 doseert vooralsnog geen CO₂. Bedrijf 2 is in de loop van het project gestart met CO₂ doseren. De bedrijven 3 en 4 doseerden al CO₂, maar zijn het tijdens de looptijd bewuster gaan gebruiken; een van de bedrijven beschikt nu over 3 CO₂ bronnen: ketel, OCAP en zuiver.

3.2 Teeltresultaat

In het algemeen vinden alle telers dat de teelt doelen die zij zichzelf gesteld hadden ruimschoots zijn behaald. De vier bedrijven vinden dat ze een grote verbetering gemaakt hebben op de kwekerij. Iedereen is erover eens dat de kwaliteit in zijn algemeenheid is verbeterd.

3.2.1 Meertakkers

Bij alle bedrijven is het percentage 2-takkers toegenomen. De mate waarin varieert per bedrijf. Alle bedrijven schrijven een deel van de toename in aantal meertakkers toe aan de veranderingen in het assortiment. De toename is het kleinst in bedrijf 2, maar daar lag het percentage tweetakkers in 2008 al op bijna 80%. De toename in 2-takkers op de andere drie bedrijven varieert tussen de 10% en de 30% ten opzichte van 2008.

3.2.2 Aantal bloemen per tak, bloemgrootte, kamlengte

Voor de bedrijven waar het verbeteren van het aantal bloemen per tak, bloemgrootte en kamlengte als een van de teelt doelen is geformuleerd is het gelukt om hierin verbeteringen te realiseren. Men schat de toename op minimaal 4 bloemen extra per tak, maar de sorteringnormen maken het onderscheid moeilijk, omdat bloemen met 14 en 18 bloemen in dezelfde categorie vallen.

Volgens de telers is de bloemgrootte en kamlengte ook grotendeels sortimentafhankelijk, maar men vindt dat de groeisnelheid, de CO₂-dosering, het toelaten van meer licht en een hogere luchtvochtigheid een positief effect hebben gegeven.

3.2.3 Plantgrootte, plantlengte, bladgrootte

De planten zijn in alle bedrijven zwaarder geworden: meer blad, meer bloemtakken en meer bloemen. Ook hier kan een deel van de verbetering te danken zijn aan de aanpassingen in het assortiment. Het bedrijf dat een minimum lengte nastreefde heeft een grote slag gemaakt in lengte, zeker 10 cm in deze 2 jaar.

Eén bedrijf meet lengte van het blad als één van de kwaliteitparameters, en kan melden dat deze is toegenomen; in eerste instantie leek dat positief; het bleek echter ook dat een te grote lengtegroei van het blad tot weker en gevoeliger blad kan leiden.

3.2.4 Teeltsnelheid

De groeisnelheid is in alle bedrijven omhoog gegaan met uitzondering van het bedrijf zonder opweekafdeling. Dit lijkt logisch aangezien de grootste versnelling vooral in de opweek gerealiseerd lijkt te worden. De wijze waarop het gemeten / beoordeeld wordt, is per bedrijf verschillend:

- er worden grotere planten geteeld in dezelfde tijd
- de tijd van hartblad tot hartblad is gedaald
- het % planten met 3 bladparen aan het einde van de opweek is groter dan voorheen; deze planten maken een grotere kans om 2 bloemtakken te geven
- gewenst minimum van 3-bladparen in de opweek is gelukt voor de meeste cultivars; huidige doel is 3,5 bladparen.
- Opweektijd verlaagd naar 20 weken i.p.v. de eerdere 26-30 weken

Door de teeltversnelling is in alle bedrijven het aantal afgeleverde planten enkele percentages hoger dan voorheen.

3.2.5 Uitval

Bij het bedrijf zonder opweek speelde uitval nauwelijks een rol. Bij een ander bedrijf heeft zich in de winter van 2009 een calamiteit voorgedaan, waardoor de uitval niet tot het niveau is gedaald dat de teler dacht te kunnen realiseren. Bij de andere twee bedrijven is het uitvalpercentage aanzienlijk gedaald, en zit nu tussen 4 en 5%. Om uitval tegen te gaan wordt meestal meer warmte in gezet.

3.3 Gerealiseerd energieverbruik

Een groot gedeelte van de benodigde energie wordt ingezet voor ontvochtiging op de dagen met watergift. Een vergelijking op een watergeefdag in oktober, met een verschil tussen binnen en buitentemperatuur van 10°C (Tabel 3.), toont dat de benodigde energie voor het ontvochtigen, en ook de mate waarin ontvochtigd wordt, sterk tussen de bedrijven verschilt. Hierbij is bepaald dat het gewas droog is op het moment dat de RV weer tot het gewenste niveau is gedaald.

Tabel 3. Warmtegebruik (MJ/m².dag) en droogresultaat op een watergeefdag in oktober bij de vier bedrijven

Kasdek / Warmtebron	Lampwarmte	Net 1	Net 2	Totaal	Resultaat
Bedrijf 4	2,4	6,2	2,6	11,3	Binnen 6 uur droog
Bedrijf 3	2,9	1,7	3,2	7,8	Binnen 9 uur droog
Bedrijf 1	2,1	1,9		4,1	Binnen 12 uur bijna droog
Bedrijf 2	2,6	0,9		3,5	Binnen 12 uur niet droog

3.3.1 Gebruik van belichting

Het elektriciteitsverbruik voor belichten ligt bij de vier bedrijven dicht bij elkaar (75 tot 93 kWh/m².jaar). Opvallend is dat op vele dagen zonlicht wordt weggeschermd, terwijl op andere momenten van dezelfde dag wordt belicht. Gestreefd wordt naar een lichtsom van 4 tot 7 mol/m².dag, terwijl momentaan de hoeveelheid licht niet hoger mag zijn dan $\pm 100 \mu\text{mol/m}^2.\text{s}$ in de opkweek en $\pm 200 \mu\text{mol/m}^2.\text{s}$ in de koeling en afweek. Dit streven geeft weinig speelruimte om te besparen op het elektriciteitsverbruik voor belichting. De streefwaarden voor de lichtsommen zijn in de loop van het project geleidelijk verhoogd.

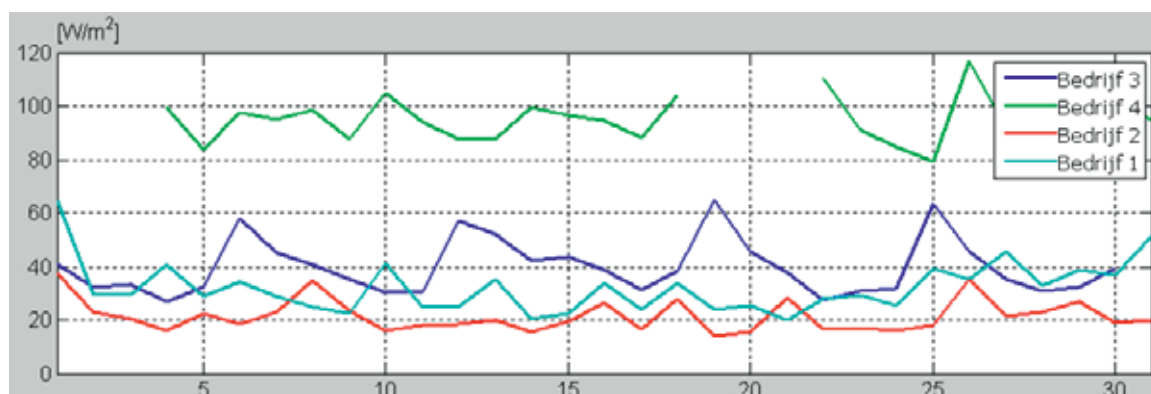
3.3.2 Gebruik van warmte

Het warmtegebruik bij de vier deelnemende bedrijven varieert van 1250 tot 2150 MJ/m² (Figuur 16.). Deze verschillen zijn deels te verklaren door de bedrijfsopzet. Zo heeft bedrijf 1 geen opkweekafdeling en heeft bedrijf 2 een goed geïsoleerde kas met stegdoppelpaten. Ook kan een verklaring worden gezocht in de teeltstrategie.

Als in een lege kas met een scherm een temperatuur van 19 respectievelijk 28°C moet worden gerealiseerd dan zou hiervoor slechts 1000 respectievelijk 1600 MJ nodig zijn. Dit komt neer op een gemiddeld warmtegebruik van 1300 MJ/m² bij een bedrijf met 50% opkweek bij 28°C en 50% koeling en afweek bij 19°C. Een deel van deze warmte (80 kWh/m², ofwel 288 MJ/m²) wordt al geleverd in de vorm van elektriciteit voor belichting. Dit betekent dat ongeveer 1300-288=1012 MJ/m² nodig is om de kas op temperatuur te houden en dat bij het bedrijf met het hoogste warmtegebruik (2150 MJ/m²), de helft van het warmtegebruik wordt ingezet voor de ontvochtiging van de kas.

Figuur 14. toont het warmtegebruik in de koelafdelingen van de vier bedrijven in de maand januari bij een buitentemperatuur die schommelde tussen -6 en + 4,5°C. De “pieken” in verbruik komen overeen met de watergeefdagen. Met name bij bedrijf 3 is een duidelijk patroon van pieken te zien om de vijf à zes dagen, waarbij op de watergeefdagen bijna twee keer zo veel warmte gebruikt wordt als op de andere dagen.

Aangezien de bedrijven alle verschillen in verwarmingsconfiguratie zijn de warmtemetingen op een verschillende manier uitgevoerd. Voor de gehele maand varieert het berekende warmteverbruik tussen de 1,8 en de 3,4 m³/m² aardgasequivalenten voor de drie bedrijven met het laagste verbruik, en 8,0 m³/m² aardgasequivalenten voor het bedrijf met het hoogste verbruik. Dit verschil is groter dan zou mogen worden verwacht op basis van het jaarverbruik van warmte over het hele bedrijf (zie Figuur 16.).



Figuur 14. Verloop van het warmteverbruik per dag (W/m²) in de afdelingen voor koeling en afweek van de vier bedrijven in januari 2010

3.3.3 Gebruik van koude

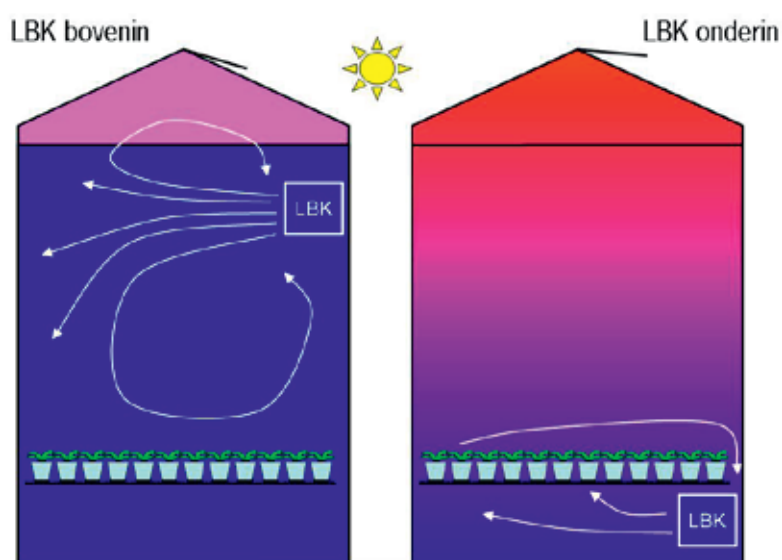
Het koudegebruik in een afdeling voor koeling en afweek varieert van 700 tot 1000 MJ/m². Uitgaande van een bedrijf met 50% afdelingen voor koeling en afweek komt de koelvraag van het hele bedrijf neer op gemiddeld 425 MJ/m². Een glazen kasdek met een warmtegeleiding van 8 W/m².°C dat maximaal 200 µmol/m².s aan PAR-licht toelaat (≈ 94 W/m²), zal in theorie onder Nederlandse omstandigheden ongeveer 600 MJ/m² nodig hebben om een lege kas op 19°C te houden. Deze waarde wijkt in de praktijk (gemiddeld 850 W/m²) af om de volgende redenen:

Het kasdek (inclusief scherm) reflecteert niet al het afgeschermd licht, maar absorbeert ook een gedeelte. Dit gedeelte moet ook worden gekoeld. Bij zonnig weer kan de temperatuur boven in de kas door de geabsorbeerde warmte wel 10-15°C hoger zijn dan onderin. Bij gebruik van ventilatoren boven in de kas (bijvoorbeeld met aircobreeze of bij luchtbehandelingskasten boven het gewas) kan deze warmte richting het gewas worden geblazen, waardoor de koellast hoger wordt (zie Figuur 15.).

De luchtramen staan vaak open tijdens koeling. Hierdoor kan warme buitenlucht naar binnen komen.

Verdamping van het gewas, vanuit de pot en van de vloer of verneveling zorgen voor aanvullende (adiabatische) koeling. Deze damp moet echter wel worden afgevoerd via de luchtramen, hetgeen niet mogelijk is als de absolute luchtvochtigheid buiten hoger is dan binnen. Als overtollig vocht moet condenseren in de luchtbehandelingskasten wordt ook hier koelwater mee opgewarmd.

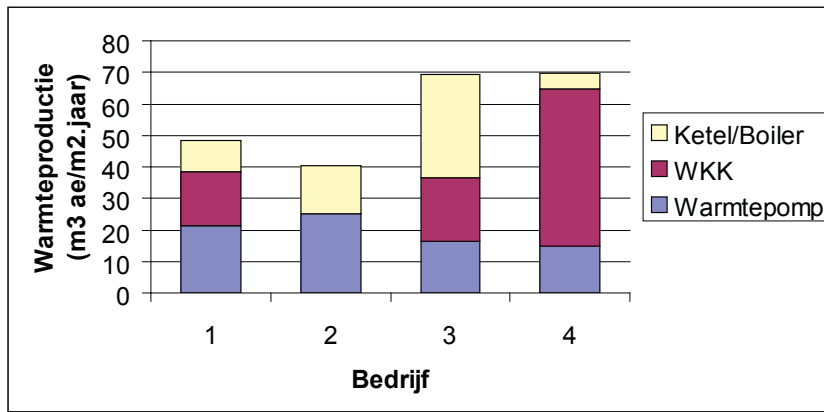
In de koelafdeling wordt slechts bij hoge uitzondering een hogere etmaaltemperatuur gerealiseerd (2,5% van de tijd hoger dan 20°C). Onder extreme omstandigheden wordt in de afweekafdeling soms een hogere kastemperatuur getolereerd. Dit zou juist moeten leiden tot een lager koudegebruik in de praktijk.



Figuur 15. Effect van de plaats van de LBK op de menging van kaslucht als er gekoeld wordt

3.3.4 Inzet warmtepomp, ketel en WKK

De warmtevraag kan worden ingevuld door een verwarmingsketel een WKK en/of een warmtepomp. In Figuur 16. is voor de vier bedrijven weergegeven hoe hoog de warmtevraag per m² is geweest in 2009 en op welke manier deze warmtevraag is ingevuld. Opvallend zijn de grote verschillen in inzet van de warmtebronnen. Zo heeft bedrijf 2 helemaal geen WKK en voedt bedrijf 4 het grootste deel van de warmtevraag met een WKK. Bij bedrijf 3 wordt een groot deel van de warmtevraag ingevuld door een verwarmingsketel. Voor 2010 wordt verwacht dat het aandeel WKK groter zal zijn omdat de vastgelegde contracten voor gas en elektriciteit hier gunstiger voor zijn geworden.



Figuur 16. Warmteproductie ($\text{m}^3 \text{ ae}/\text{m}^2 \cdot \text{jaar}$) bij de 4 bedrijven in 2009

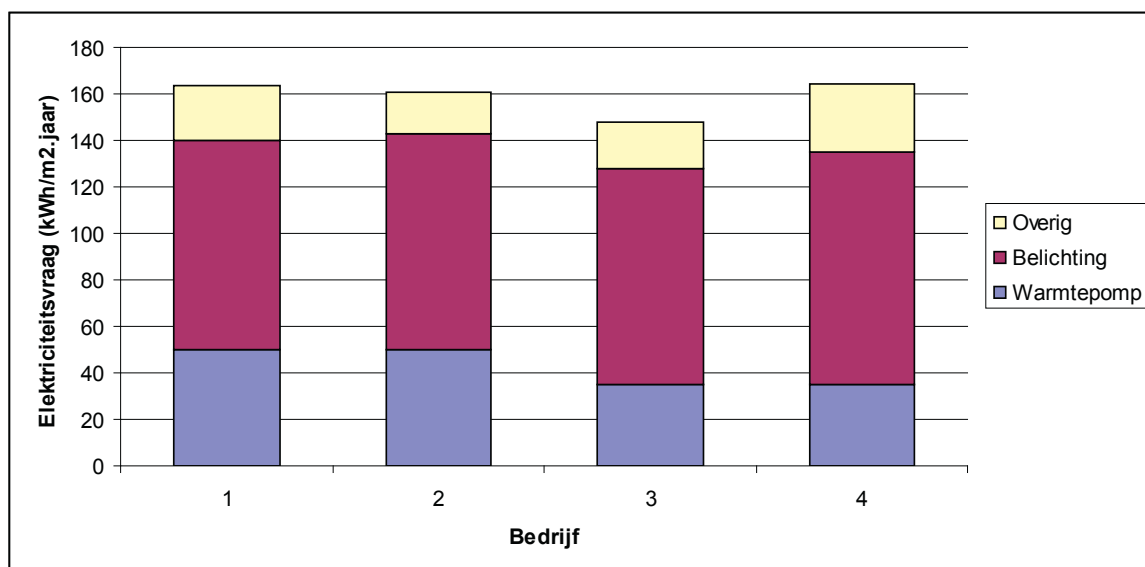
De COP van de warmtepompen bij de vier bedrijven varieert van 3,7 tot 5,0. Dit is lager dan bij geconditioneerde tomaten-bedrijven ($\text{COP}=4-6$), wat vooral te wijten is aan het grotere temperatuurverschil tussen het koelwater en het verwarmingswater dan bij tomaat. Bij Phalaenopsis moet immers een kas worden verwarmd tot meer dan 28°C en een kas gekoeld tot 18°C , terwijl een tomatenkas minder sterk hoeft te worden opgewarmd en minder diep hoeft te worden gekoeld.

Tussen de bedrijven is een groot verschil in bezettingsgraad van de warmtepompen. Zo heeft bedrijf 2 een grote warmtepomp van $27 \text{ We}/\text{m}^2$, die ongeveer 1900 uur per jaar op vollast draait, terwijl bedrijf 3 een kleinere warmtepomp van $5,2 \text{ We}/\text{m}^2$ heeft, die 6680 uur per jaar op vollast draait. Dit verschil komt doordat bij bedrijf 2 de warmtepomp is gedimensioneerd op de pieklast, terwijl bij bedrijf 3 de warmtepomp op basislast van de warmtevraag kan draaien.

3.3.5 Overig elektriciteitsverbruik

Naast de belichting en de warmtepomp zijn de luchtbehandelingskasten grote elektriciteitsvragers. Het debiet dat op de verschillende bedrijven kan worden gehanteerd varieert van minimaal 20 tot $35 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{uur}$ en maximaal 52 tot $81 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{uur}$. Het elektriciteitsverbruik hierbij is maximaal $2 \text{ W}/\text{m}^2$ voor de luchtbehandelingskasten zonder luchtslangen. De LBK's met luchtslangen hebben veel meer elektriciteit nodig (max. $8 \text{ W}/\text{m}^2$).

In Figuur 17. is het gebruik van de ventilatoren onder de noemer overig elektriciteitsverbruik opgenomen. Andere overige elektriciteitsvragers zijn de circulatiepompen en het interne transport. Het overig elektriciteitsverbruik heeft een klein aandeel in het totale elektriciteitsverbruik. De warmtepomp en de belichting hebben hierin bij alle bedrijven een veel groter aandeel.



Figuur 17. Elektriciteitsvraag (kWh/m².jaar) bij de 4 bedrijven

4 Discussie

4.1 Realisatie teeltdoelen en energiegebruik

De teeltbegeleiding in combinatie met de groepsbijeenkomsten en de teeltmonitoring hebben bij de vier deelnemende bedrijven veel inzicht en kennis opgeleverd. Dit heeft bij alle vier bedrijven geleid tot realisatie van de gestelde teeltdoelen, zoals in paragraaf 3.2 toegelicht.

Teeltoptimalisatie omvat echter meer dan wat in paragraaf 3.1 is weergegeven. Zo zijn alle bedrijven gedurende de looptijd van het project bewuster dan anders met hun teelt bezig geweest, en vele andere kleine verbeteringen hebben plaatsgevonden die ongetwijfeld hebben bijgedragen aan de doelenrealisatie:

- gerichte sortimentsaanpassingen zijn ingevoerd
- bedrijven zijn een strengere ingangscontrole (van stek of van opgekweekte materiaal) gaan toepassen
- ze zijn ook strenger gaan sorteren
- er zijn, waar nuttig, aanpassingen aan het substraat gedaan
- er zijn maatregelen ingevoerd om takken beter te richten en minder te beschadigen
- rookproeven en temperatuurverdelingsproeven hebben meer inzicht in de systemen verschaft waardoor kleine verbeteringen konden worden aangebracht en de systemen soms ook anders zijn ingezet.

Ander onderzoek dat tijdens de looptijd is afgerond of uitgevoerd heeft ook in zekere mate bijgedragen aan het realiseren van de teeltdoelen. Voorbeelden zijn het onderzoek naar de effecten van CO₂ bij Phalaenopsis [Kromwijk, 2008] “Het nieuwe telen potplanten” [van Noort, in uitvoering] en “Teeltversnelling Phalaenopsis” [Dueck *et al.*, 2010]. In de genoemde onderzoeken is aangetoond dat CO₂ doseren nuttig is, vooral in de koeling voor het bereiken van meer tweetakkers, en dat meer licht toegelaten kan worden in alle fases van de teelt, mits alle andere groeifactoren niet limiterend zijn. De effecten die de ondernemers tot dusver bereiken met CO₂ doseren zijn niet zo spectaculair als ze uit de proef hadden verwacht. Een ander voorbeeld is het “Onderzoek naar de beheersing van *Pseudomonas cattleyae* in de teelt van Phalaenopsis” [Kromwijk *et al.*, 2010], waarin is aangetoond dat deze bacterie bij een RV van 90% zich heel snel verspreidt door spatwater bij het water geven van bovenaf en, ook bij niet-gewonde planten, tot veel uitval leidt.

Door deze resultaten en hun eigen ervaringen zijn de bedrijven niet minder, maar eerder meer energie gaan gebruiken dan voor de start van het project in 2008. De energiekosten per plant zijn, mede door de hogere teeltsnelheid en de lagere uitvalpercentages, voor alle bedrijven naar eigen zeggen gedaald. De in absolute zin extra gebruikte “paar m³ gas” zijn volgens de telers hard nodig en elke cent waard. Daarbij komt dat iedere m³ aardgas die in de WKK wordt verbrand ook ongeveer 3,5 kWh elektriciteit oplevert. Dit maakt het bij hoge elektriciteitsprijzen erg voordelig en soms zelfs winstgevend om vaker de WKK te laten draaien.

De balans tussen bronnen is niet voor alle bedrijven verbeterd. Eén bedrijf kampt met een koude-overschot: er is veel meer warmte nodig dan koude, waardoor de warmtepomp op den duur onvoldoende warmte beschikbaar heeft. Om deze situatie te verbeteren wordt nu met hoogwaardiger warmte uit een boiler via de bovenbuis verwarmd en gedroogd. De blokken in de LBK blijven dan verwarmd met laagwaardige warmte uit de warmtepomp.

4.2 Projectevaluatie

Uit de evaluatiegesprekken die na afloop met de telers zijn gehouden blijkt een hoge waardering voor het project. De verschillende ondernemers hebben het als zeer positief en leerzaam ervaren. Gevraagd naar de punten waar ze het meeste aan gehad hebben, noemen ze ieder een aantal aspecten; deze zijn hieronder opgesomd, een aantal punten zijn door meerdere ondernemers genoemd.

- Het vergelijken van klimaatgrafieken was erg diep en goed voorbereid, en werkte enorm confronterend. Eén van de telers heeft dit als het meest waardevolle van de bijeenkomsten ervaren: daarmee werden telers bewust van acties.
- Er is heel grondig in de effecten van CO₂ gedoken, dit heeft geleid tot wijzigingen in doseerstrategie.
- Veel geleerd over de verschillende teeltsystemen, onder meer door de rookproeven en de metingen van de horizontale temperatuurverdeling. Dit heeft geleid tot gesprekken met de installateurs om horizontale temperatuurverschillen te verminderen. .
- Er is veel geleerd over de tekortkomingen van de systemen. Theoretisch klopte het, maar in de praktijk niet, dit heeft ook geleid tot overleg met de installateurs.
- De bedrijfsbezoeken, ook de bezoeken buiten de groep zijn heel leerzaam geweest.
- De hoge opkomst op de groepsbijeenkomst is door iedereen goed gewaardeerd.
- Men is handiger geworden in het interpreteren van klimaatgrafieken en men heeft geleerd de resultaten van klimaat effecten over een langere termijn te beoordelen.
- Bij iedere bijeenkomst heeft men iets mee naar huis genomen waarmee ze direct aan de slag gingen.
- Bedrijven hebben elkaar veel beïnvloed, ze groeiden met de tijd meer naar elkaar toe.
- Men heeft geleerd verschillen in de groep te zien en weten te interpreteren.
- Men heeft geleerd dat belichten het drogen van het gewas versnelt en daarom efficiënter is dan verwarmen; dit heeft geleid tot wijzigingen in de start- en eindtijden van de watergift om de ingezette lampwarmte ook zoveel mogelijk voor het drogen te benutten.
- Er wordt nu ook meer aandacht aan bemesting besteed, kleine veranderingen worden doorgevoerd.

4.3 **Ontwerp nieuw teeltsysteem voor Phalaenopsis**

Tijdens het evaluatiegesprek is aan iedere ondernemer de vraag gesteld, hoe het bedrijf en het teeltsysteem eruit zou komen te zien als ze het bedrijf nu nieuw zouden bouwen met de kennis van nu.

Twee van de vier telers geven aan hier af en toe aan te hebben gedacht. Het is voor hen allemaal nog te vroeg om grote veranderingen aan te brengen. In grote lijnen zou hun nieuwe bedrijf er bijna hetzelfde uitzien als nu.

Als kasdek zou iedereen hetzelfde kasdek nemen als waar ze nu voor gekozen hebben. De stegdoppel liefhebbers gaan opnieuw voor de isolatie voordelen en het voordeel van diffuus,. De glas liefhebbers zouden opnieuw voor glas kiezen in verband met de grotere condensatiecapaciteit. Het bedrijf dat zowel glas als stegdoppel heeft, zou voor glas kiezen. Een ander punt waar de telers verschillend over denken is verneveling. Van de twee bedrijven die niet vernevelen, zou een ervan het graag willen installeren, maar de andere vindt het niet nodig omdat er weinig dagen in het jaar zijn dat het vernevelen nodig is.

Over ontvochtigen met buitenlucht zijn de meeste telers het met elkaar eens dat het niet nuttig zou zijn voor de koelafdeling van Phalaenopsis. Een dergelijke voorziening vergt een behoorlijke investering en het zou niet anders werken dan via het raam luchten. Bovendien kan het in de meest kritische perioden (zomer en vroege najaar) niet worden ingezet omdat de buitenlucht dan vaak vochtiger is dan de kaslucht bij 18°C. Eén teler zou het wel willen proberen.

Voorbeelden van gewenste veranderingen:

- gebruik van buitenschermen
- bladtemperatuur op meerdere punten meten
- meer gebruik maken van plantmonitoren
- meer instrumenten inzetten die het klimaat kunnen aansturen
- zorgen voor een betere warmte verdeling bij de gevels

Ten aanzien van koelen, zouden de telers overwegend onderdoor koelen: daarmee is er meer vocht en kan meer licht toegelaten worden. Eén teler zou het liefst zowel onder als boven met LBK's willen werken om meer met laagwaardige warmte te verwarmen. Hij is verbaasd over hoeveel warmte nog zit in water van 30 °C. Verder vinden twee telers dat de verwarmingsbuizen dichterbij de planten zouden mogen.

Ondanks het feit dat het drogen na de watergiften het grootste knelpunt vormt in deze teelt, zou slechts een van de vier telers naar een andere methode van water geven overgaan, zoals het dompelsysteem van kwekerij Evanty waar de groep op de laatste bijeenkomst naartoe ging. Knelpunt van dit potanthuriumsysteem is het aantal planten per m², de dichtheid moet omhoog kunnen. Een van de telers is ervan overtuigd dat eb en vloed niet zou werken voor dit gewas omdat Phalaenopsis een epifyt is, en vanwege de ingewikkeldheid van een dergelijke logistieke aanpassing. Twee telers zouden wel iets aan de logistiek van het water geven aanpassen om in nog kortere tijd (maximaal 10 minuten) water te kunnen geven.

5 Conclusies

Teeltdoelen voor de vier bedrijven net aan tot ruimschoots gehaald

De voor de start van het project geformuleerde teeltdoelstellingen van de deelnemers aan dit project zijn voor alle bedrijven gehaald. Deze doelstellingen betroffen een snellere teelt, grotere planten met meer bladeren, meer meertakkers, meer bloemen per tak, grotere bloemen en minder uitval. Het behalen of overtreffen van de teeltdoelen wordt verklaard door veranderingen in het sortiment, het toelaten van meer licht en CO₂ en het gericht sturen op luchtvochtigheid.

Energiedoelen zijn niet behaald

De bedrijven zijn meer, in plaats van minder energie gaan gebruiken dan in 2008, het jaar van de start van het project. Doordat de kosten van 1% uitval de kosten van extra gas met de huidige gasprijzen ruimschoots dekken, zien de bedrijven de toename in energiegebruik als een noodzakelijke kwaliteitsmaatregel.

Energiezuinig bedrijf heeft meer uitval door vochtproblemen

Hoewel het telen met een hoge luchtvochtigheid leidt tot minder verwarmingskosten en een snellere en weelderiger groei, blijkt de meest energiezuinige van de vier bedrijven ook het meest last te hebben van uitval. Dit ondersteunt de gedachte dat meer verwarming nodig is om uitval te voorkomen. In 2010 is het uitvalpercentage voor dit bedrijf gedaald, maar daar moest wel meer energie voor worden ingezet.

Er wordt meer verwarming dan koeling gebruikt

Het warmtegebruik is bij Phalaenopsis, ten opzichte van de overige benodigde teeltmiddelen, een relatief kleine kostenpost. Per m² kasoppervlak is het warmtegebruik met 1300-2100 MJ/m².jaar echter zeer hoog in vergelijking met andere kasteelten. De meeste warmte wordt ingezet voor het drogen van het gewas middels het realiseren van een lage luchtvochtigheid na de watergift. Hoewel de noodzaak hiertoe nog niet is aangetoond, wordt ook een lage luchtvochtigheid nagestreefd op de dagen dat geen water is gegeven.

De koudevraag is op een Phalaenopsisbedrijf veel lager dan de warmtevraag. De koudevraag ligt over het gehele bedrijf rond 400 MJ/m².jaar terwijl de helft van het bedrijf gekoeld wordt tot een temperatuur van 18-21°C. De oorzaak van de lage koudevraag ligt grotendeels bij het wegschermen van zonlicht. Doordat maximaal slechts 200 µmol/m².s aan PAR-straling wordt toegelaten moet soms 90% van de globale straling buiten (max 2100 µmol/m².s) met krijt of schaduw-schermen worden weggenomen.

Doordat de warmtevraag hoger is dan de koudevraag is in een semi-gesloten kas met Phalaenopsis naast een warmtepomp een aanvullende warmtebron nodig.

Meer elektriciteit in belichting dan in verwarming

Het onderzoek in de semi-gesloten kas heeft zich voornamelijk gericht op het beperken van de warmtevraag. Toch blijkt uit Figuur 17. dat het verreweg grootste deel van de elektriciteitsvraag wordt besteed aan belichting en niet aan het gebruik van de warmtepomp. De belichtingsvraag lijkt in eerste instantie te kunnen worden beperkt op de dagen dat zowel wordt geschermd als belicht. Hierbij is het van belang om meer inzicht te krijgen in de lichtintegratie-capaciteit van een Phalaenopsis gewas.

Grote verschillen in energieverbruik voor drogen gewas

Het drogen van het gewas kost veel energie. Ook de manier waarop de middelen worden ingezet om het gewas te drogen, verschillen van een standaard verhoging van de minimumbuis in combinatie met een minimum raamstand tot de regelaar het vochniveau in de kas laten verlagen middels stook en lucht acties. Op dagbasis kan het verschil in energiegebruik om het gewas te drogen tot een factor twee oplopen. Dit verschil in inzet van energie is vaak wel terug te vinden in de tijdsduur om het vochniveau na de watergift terug te laten zakken naar het gewenste niveau.

Koelen onderdoor energiezuiniger, ontvochtigen is knelpunt

Door van bovenaf te koelen kan makkelijker worden ontvochtigd door een betere luchtvermenging; er kan met een lagere uitblaastemperatuur gekoeld worden. Koelen van onder is efficiënter door het creëren van een koude laag rondom de plant. Hierbij kan tijdens het koelen de lucht boven in de kas via de luchtramen warmte afgeven aan de buitenlucht. Een gesloten horizontaal scherm versterkt deze gelaagdheid nog meer. Het ontvochtigen in de koude laag is wel een knelpunt. Als de absolute luchtvochtigheid buiten hoger is dan binnen de gekoelde kas, zou meer luchtuitwisseling de luchtvochtigheid in de kas alleen maar verhogen. Dit vereist de mogelijkheid om te koelen en te verwarmen tegelijk, waar geen van de luchtbehandelingskasten voor is ingericht.

6 Aanbevelingen

Manier van water geven en drogen gewas na watergift

Om ziekten als *Pseudomonas* en *Fusarium* te voorkomen lijkt het van groot belang om na een gietbeurt het gewas weer snel droog te krijgen. Hierbij dient het gieten binnen een korte tijd te worden afgerond en worden vervolgd met een actie van ontvochtiging. Ontvochtiging gebeurt meestal energiezuiniger door te stoken en te luchten dan door actief te ontvochtigen met koel- en verwarmingsblokken in luchtbehandelingskasten.

Ontvochtigen in zomer (als absoluut vocht buiten hoger is dan in kas)

Als de absolute luchtvochtigheid buiten hoger is dan in de gekoelde kas, kan niet worden ontvochtigd met buitenlucht. Voor die situaties is het nodig om te ontvochtigen met koelblokken. Hierbij dient de temperatuur van de koelblokken ruim 6 °C onder de kastemperatuur te liggen. Om te voorkomen dat de koude lucht de planten te ver afkoelt dient deze te worden uitgeblazen ruim boven het gewas, vermengd worden met warmere kaslucht of opgewarmd langs verwarmingsbuizen of een verwarmingsblok.

Minder horizontale temperatuurverschillen

Horizontale temperatuurverschillen leiden op de koudste plekken tot condensatie, vertraagde droging en kunnen soms ook tot voortakken tijdens de opkweek. Vermindering van de horizontale temperatuurverschillen zullen leiden tot èn een lager energieverbruik èn een lager uitvalpercentage.

Beschikbaarheid CO₂

Bedrijven die een groot deel van de warmtevraag voorzien met een warmtepomp, hebben vaak te weinig CO₂ beschikbaar. Dit CO₂-tekort kan worden aangevuld in de vorm van zuivere CO₂, of via OCAP. Hoewel bekend is dat Phalaenopsis vooral van 's middags tot het einde van de donkerperiode CO₂ opneemt (Figuur 13.), is nog niet bekend of het zinvol is om ook op andere dagdelen te doseren en welke concentratie optimaal is.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

- Het is niet precies bekend hoe snel een gewas droog moet zijn na een watergift om aantasting door *Pseudomonas* of *Fusarium* te voorkomen en wat de kritische bladnatperiode is? Als de grenzen hiervoor meer duidelijk worden kan er meer gericht drooggestookt worden en wellicht energie bespaard worden.
- Het is niet bekend of het noodzakelijk is om op dagen dat er geen water wordt gegeven een lage luchtvochtigheid aan te houden om aantasting door *Pseudomonas* en *Fusarium* te voorkomen. Aangezien de ontvochtiging een groot deel van de warmtevraag vergt zou meer kennis van de noodzakelijke RV warmte kunnen besparen.
- Het is niet precies bekend onder welke omstandigheden meer zonlicht kan worden toegelaten zonder schadelijke effecten. Als in de winterperiode minder zonlicht hoeft te worden weggeschermd, dan hoeft ook minder te worden belicht om de benodigde dagsom te behalen.

Het is niet bekend gedurende welke dagdelen CO₂ het meest effectief kan worden gedoseerd. Omdat bedrijven met een warmtepomp vaak te weinig CO₂ beschikbaar hebben en CO₂ moeten aankopen is het zinvol om te weten wat het effect is van doseren tijdens de verschillende dagdelen en wat de effecten zijn bij verschillende CO₂ –concentraties om te bepalen welke aankoop en dosering rendabel is. Tot dusver is in proeven 24 uur per dag CO₂ gedoseerd tot 1000 ppm en vergeleken met 24 uur per dag 400 ppm. Het effect van andere niveau's is nog niet onderzocht. Verder is niet bekend of de CO₂-opname 's middags op een min of meer vast tijdstip start of afhankelijk is van het opraken van de voorraad malaat waarin de 's nachts opgenomen CO₂ in wordt opgeslagen. Daarnaast vertonen jonge Phalaenopsisbladeren C3-fotosynthese [Dueck en Meinen, 2008] en voor deze bladeren zou extra CO₂ tijdens de daglichtperiode een positief effect kunnen geven.

7 Literatuur

Baas, R. (2009)

Invloed luchtbeweging op de verdamping en groei van Phalaenopsis in semi-gesloten kas. *FytoFocus*. [S.I.].

Bloem, L.J., Bokhorst, D., De Graaf, R., Esmeijer, M.H., Knies, P., Rijdsdijk, A.A., Vahl, H., van den Berg, G.A., van Oostende, M., en van Rijssel, E. (2000)

Schermen in de glastuinbouw : energie- en teeltaspecten. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente. Aalsmeer/Naaldwijk.

Dueck, T., De Boer-Tersteeg, P.M., en van Noort, F.R. (2010)

Teeltversnelling Phalaenopsis door klimaat optimalisatie. Rapport GTB 1016. Wageningen UR Glastuinbouw. Wageningen.

Dueck, T., Meinen, E., en Kromwijk, A. (2008)

Nachtbelichting en CO₂-dosering bij Phalaenopsis. Rapport / Wageningen UR Glastuinbouw;214. Wageningen UR Glastuinbouw. Wageningen.

Dueck, T.A., en Meinen, E. (2008)

CO₂ opname bij Phalaenopsis. Rapport / Wageningen UR Glastuinbouw;191. Wageningen UR Glastuinbouw. Wageningen.

Gieling, T.G., Bruins, M.A., Campen, J.B., Janssen, H.J.J., Kempkes, F.L.K., Raaphorst, M.G.M., en Sapounas, A. (2010)

Monitoring technische systemen in semi-gesloten kassen. Rapport GTB;1008. Wageningen UR Glastuinbouw. Wageningen.

van der Knaap, N., van Herk, M., Kuijf, R., van Rosmalen, N., de Goeij, L., Gijzen, W., van der Leeden, M., van Spingelen, J., Lont, A., en van Os, A. (2005)

Teelthandleiding Phalaenopsis, Kennis voor professionals. Anthura B.V. Bleiswijk.

Kromwijk, A. (2008)

Effect dag-/nachttemperatuur tijdens opkweek en effect CO₂ tijdens afkweek van Phalaenopsis. Nota / Wageningen UR, Glastuinbouw;540. Wageningen UR Glastuinbouw. Bleiswijk.

Kromwijk, J.A.M., Ludeking, D.J.W., Woets, F., Vermunt, A., en Schenk, M.F. (2010)

Kasproef detectie en beheersing van *Pseudomonas cattleyae* in Phalaenopsis, Wageningen UR Glastuinbouw.

van Noort, F.R. (in uitvoering)

Het nieuwe telen potplanten, Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen.

Visser, J., Himmelreich, T., Breedijk, M., en Maaskant, K. (2010)

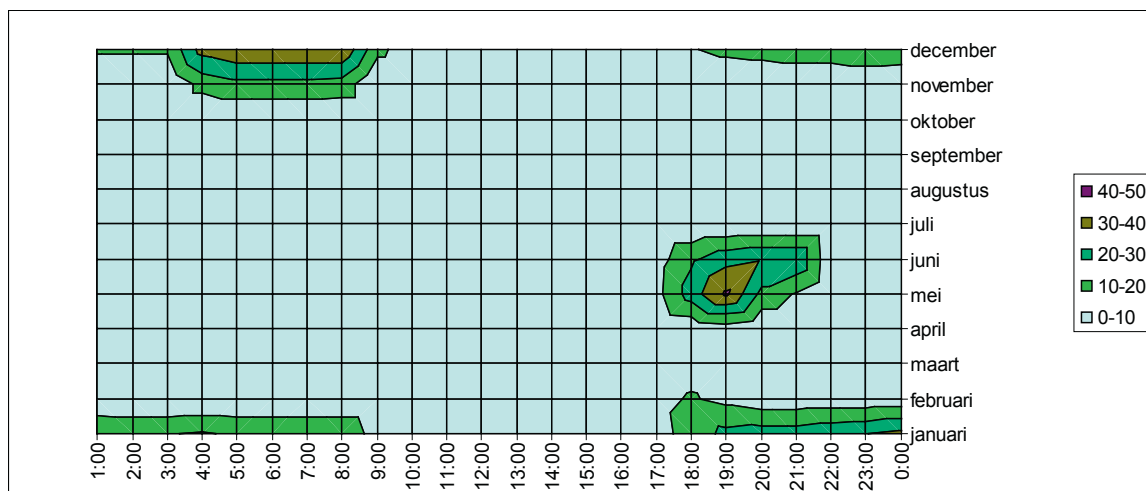
Drogen van potorchideeën, pp. 21, Haagse Hogeschool Delft, Delft.

Bijlage I. Schermstanden

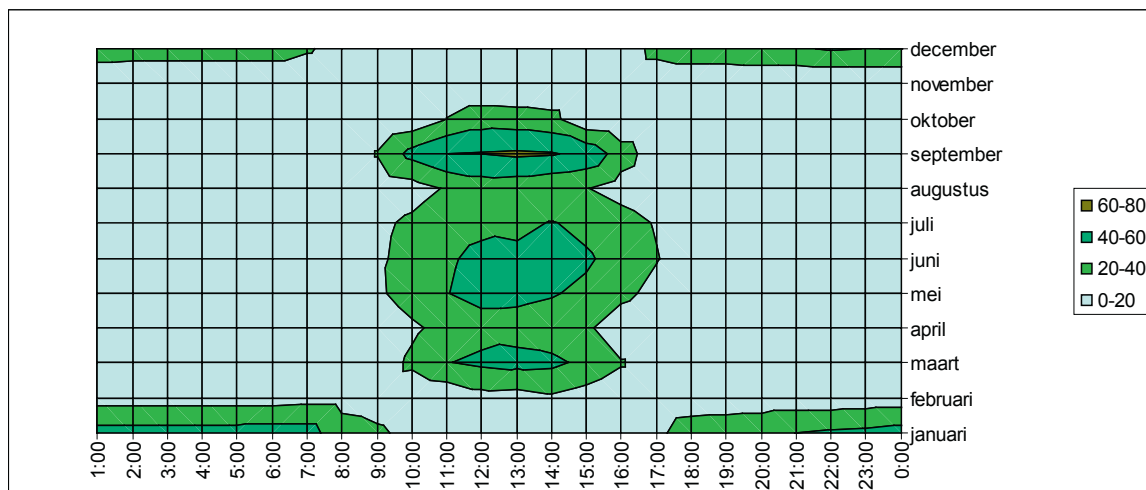
In onderstaande figuren zijn cyclische etmaalgemiddelden per maand weergegeven van de schermstanden bij de vier bedrijven. De figuren kunnen als volgt worden gelezen: als in de eerste Figuur bij het kruispunt van mei en 19:00 uur bruin gekleurd is, dan betekent dat dat in mei de gemiddelde schermstand om 19:00 uur tussen 30 en 40% lag. De roze kleur staat niet in de legenda vermeld en betekent gemiddeld precies 100% Schermstand. Dit is alleen bij bedrijf 2 gebeurd.

Schermsstanden bij Bedrijf 1

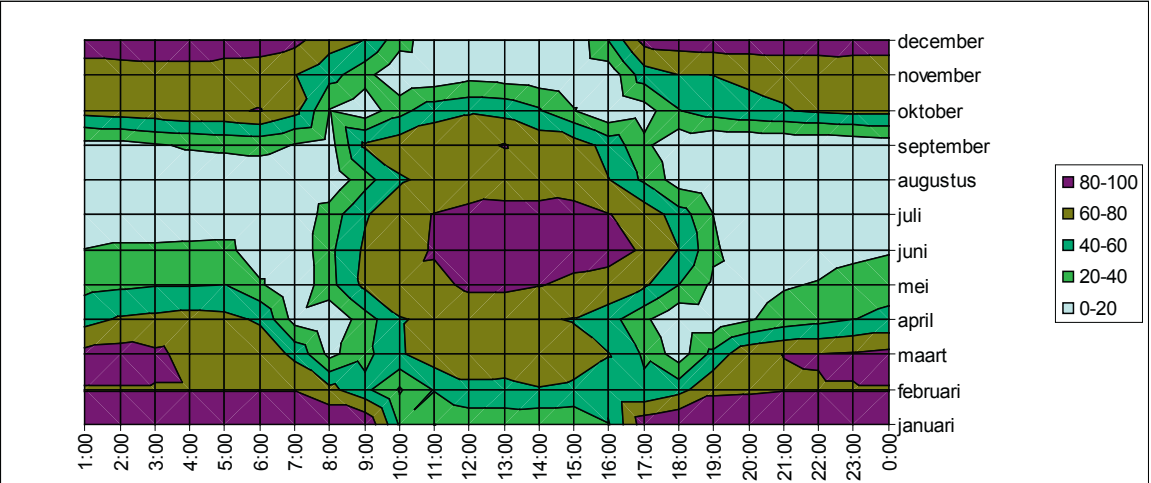
Bij bedrijf 1 zijn de standen bijgehouden van 3 schermen in de koelafdeling en 1 scherm in de afweekafdeling. In de afweek is intensiever voor energie geschermd dan in de koelafdeling. De twee bovenste schermen van de koelafdeling hebben een open structuur en zijn meer geschikt om zonlicht te weren dan om energie te besparen.



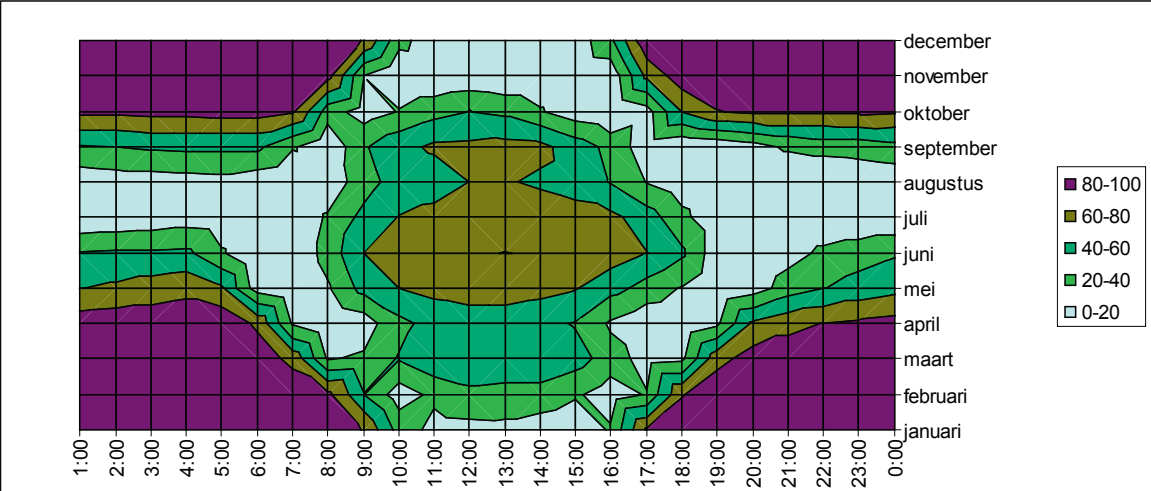
Koeling Bovenste scherm (Ph98)



Koeling Middelste scherm (Ph66)



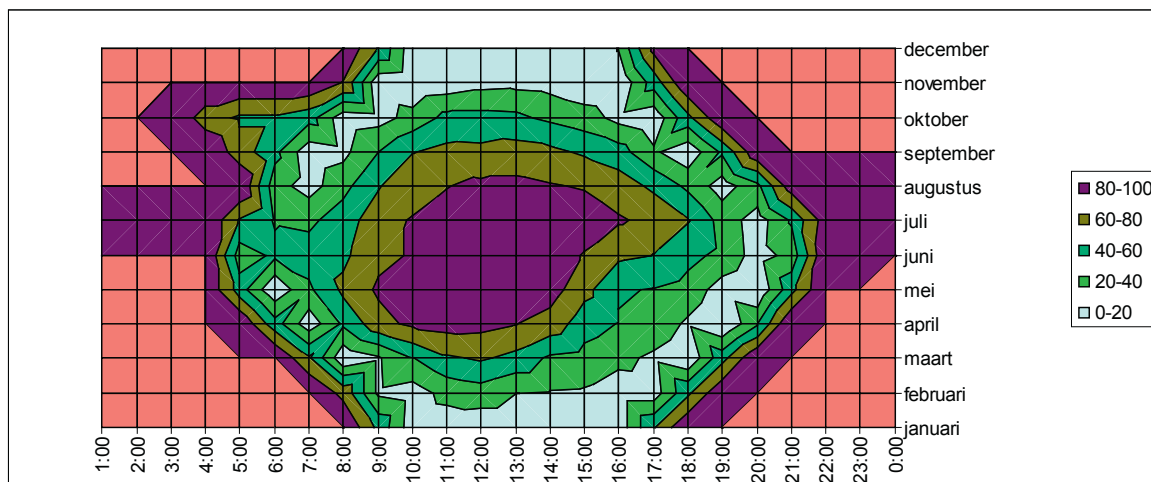
Koeling onderste scherm (LS10)



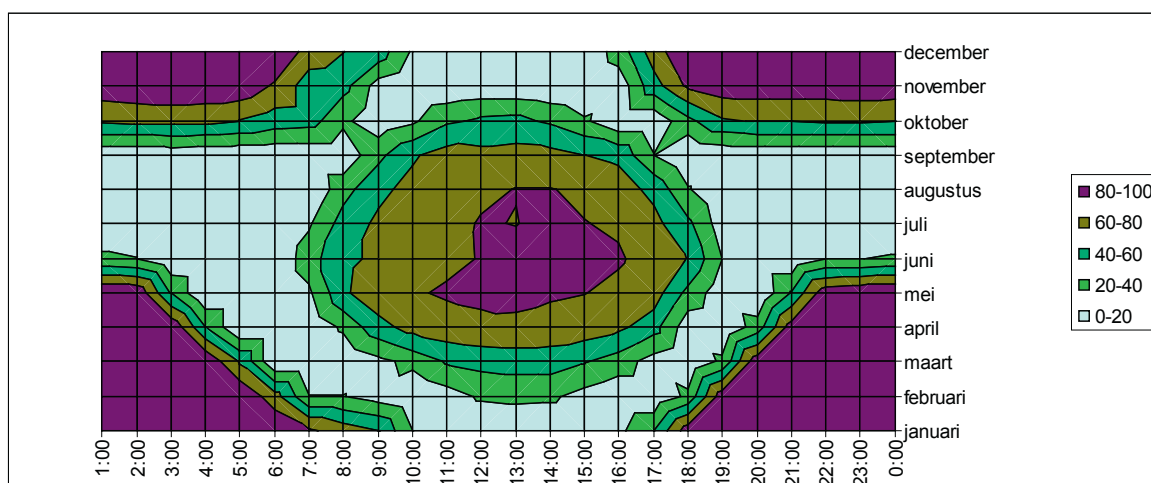
Afkweek

Scherminstanden bij Bedrijf 2

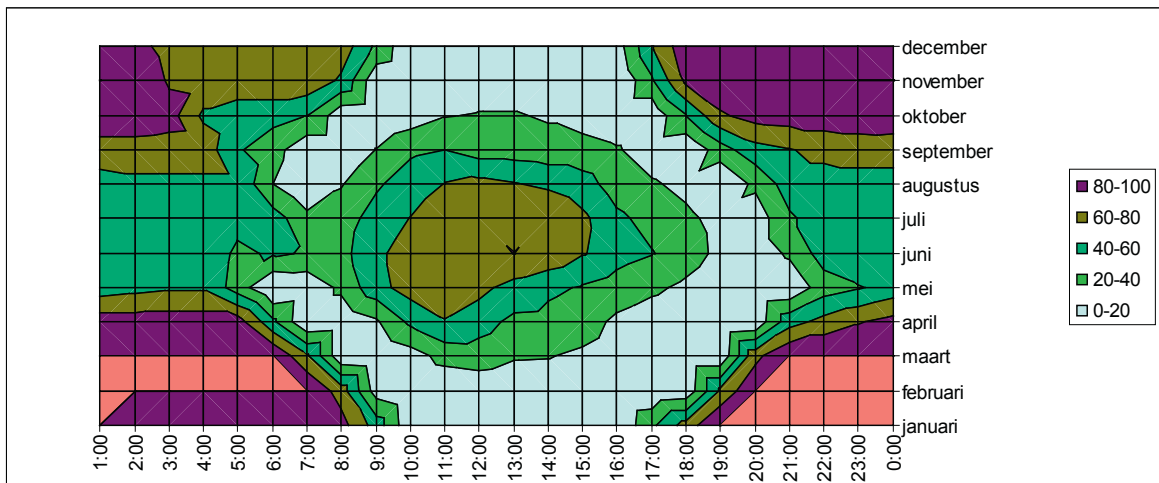
Bedrijf 2 kent dekschermen en een vlak scherm. De dekschermen worden afhankelijk van de zonnestand aan de noord en/of zuidkant gesloten. De onderstaande grafiek betreft de gemiddelde schermstand van deze twee dekschermen, welke in beide afdelingen vrijwel altijd 's nachts gesloten zijn.



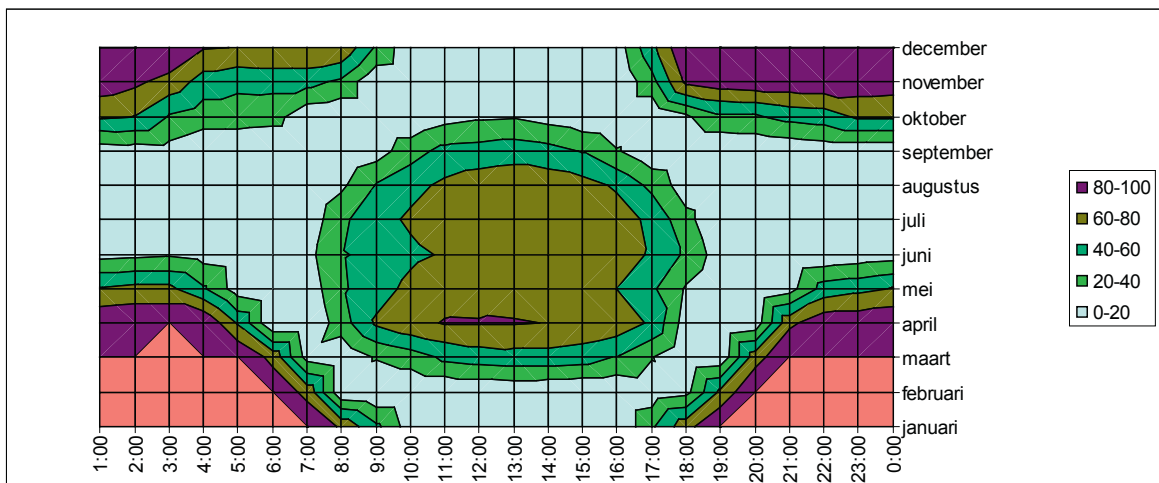
Dekscherm in opkweekkas



Vlak scherm in opkweekkas (LS16)



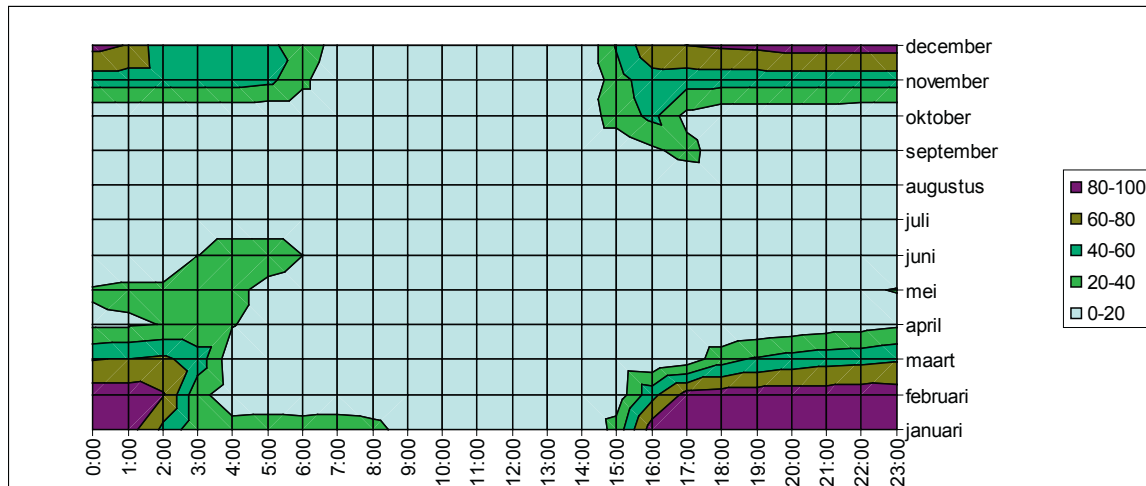
Dekschermin gekoelde kas



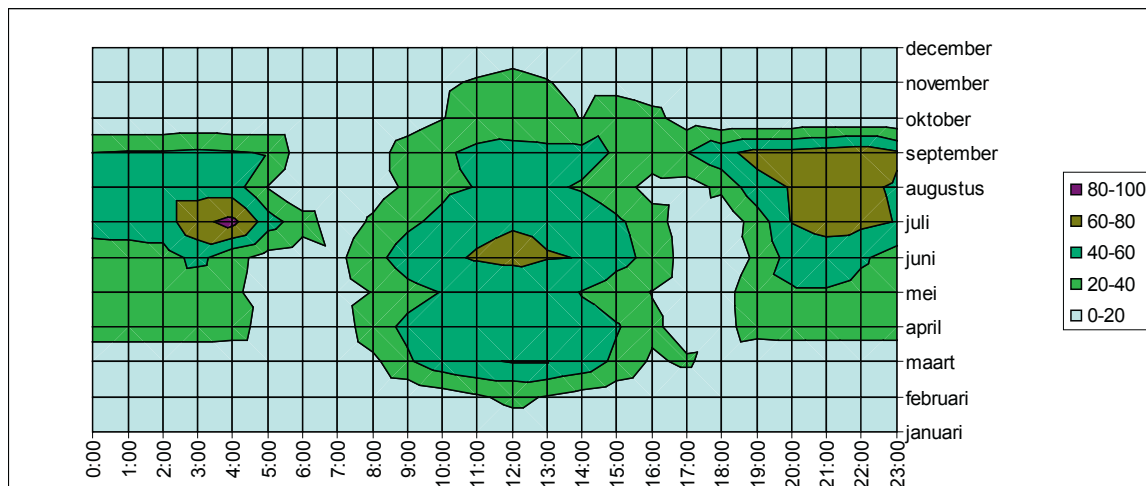
Vlak scherm in gekoelde kas (LS15f)

Scherminstanden bij Bedrijf 3

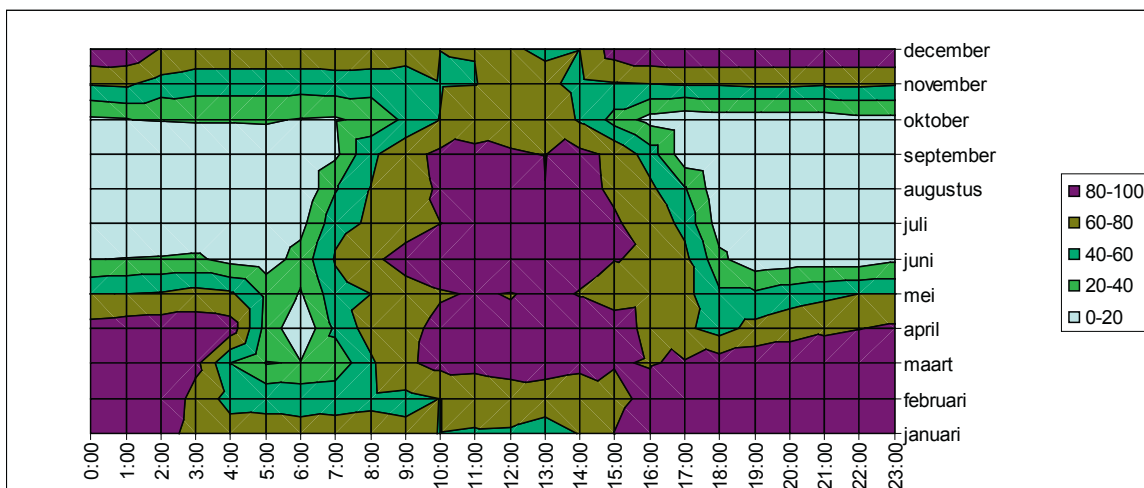
Bedrijf 3 kent in zowel in de koelafdeling als de afweekafdeling drie schermen. Het donkere doek wordt alleen 's nachts gebruikt om energie te besparen en de lichtuitstoot tegen te gaan. Het XLS16 doek wordt overdag gebruikt als zonwering, maar sinds april ook 's nachts om de uitstraling tegen te gaan. Het heldere energiebesparende LS10 doek wordt zeer intensief gebruikt.



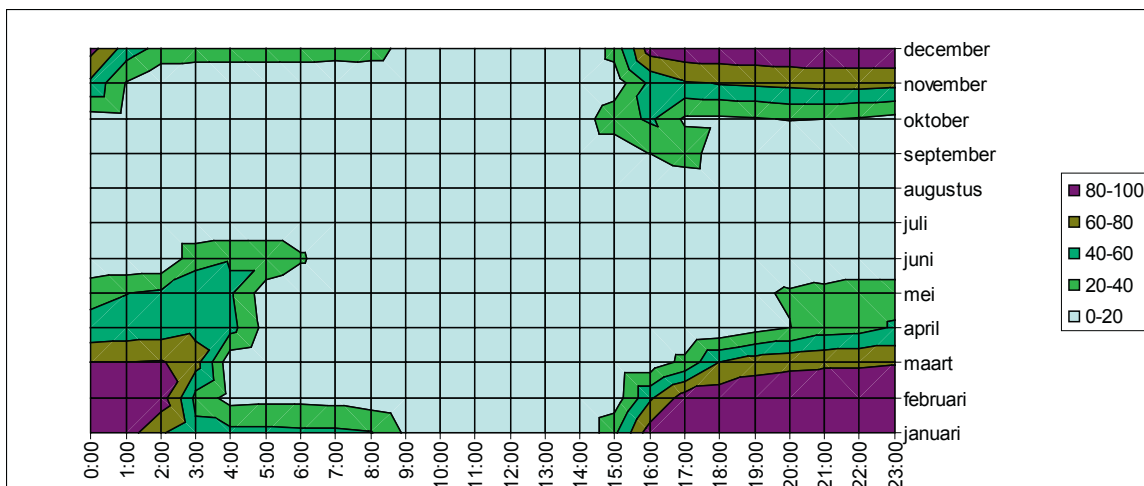
Donker scherm koelafdeling 4



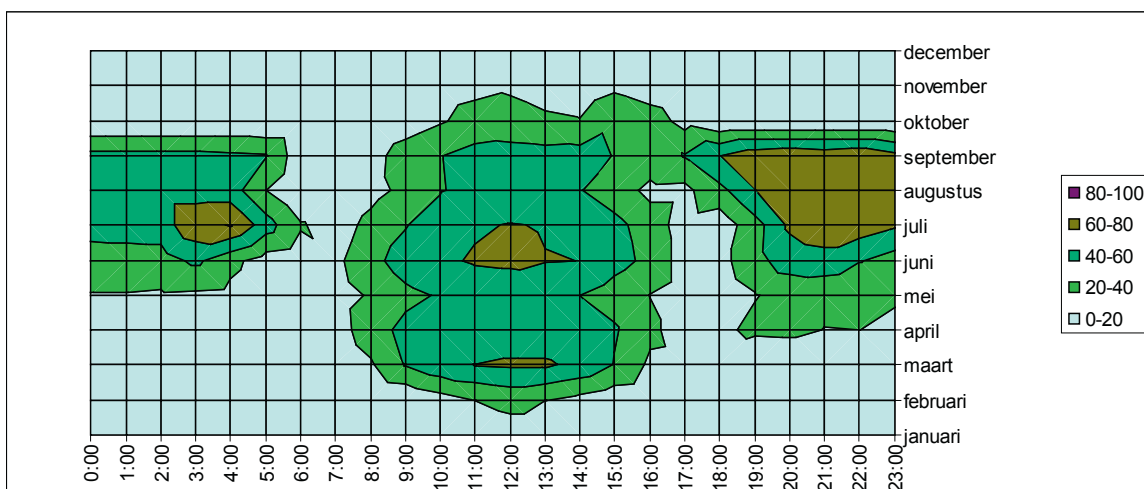
XLS16 koelafdeling 4



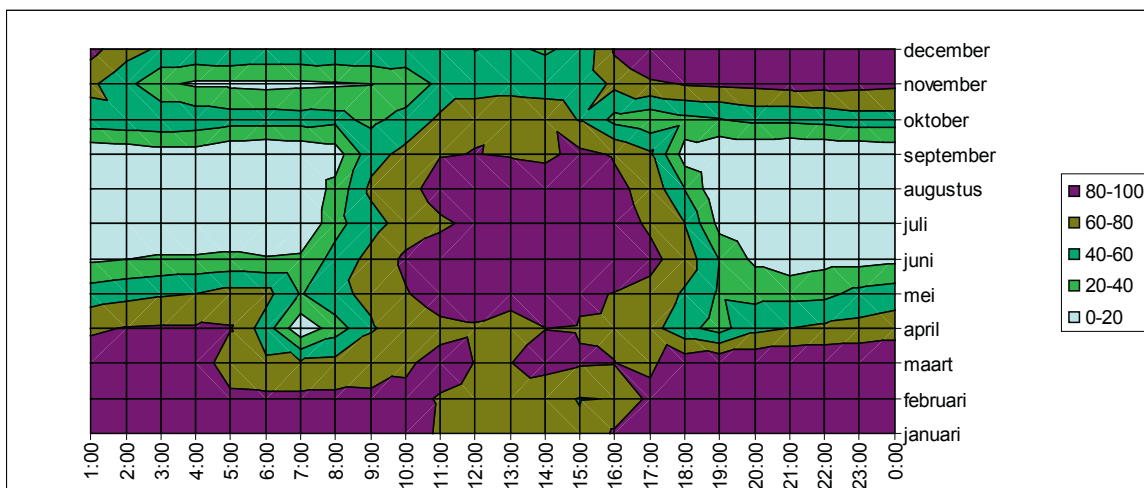
LS10 koelafdeling 4



Donker scherm afweekafdeling 5



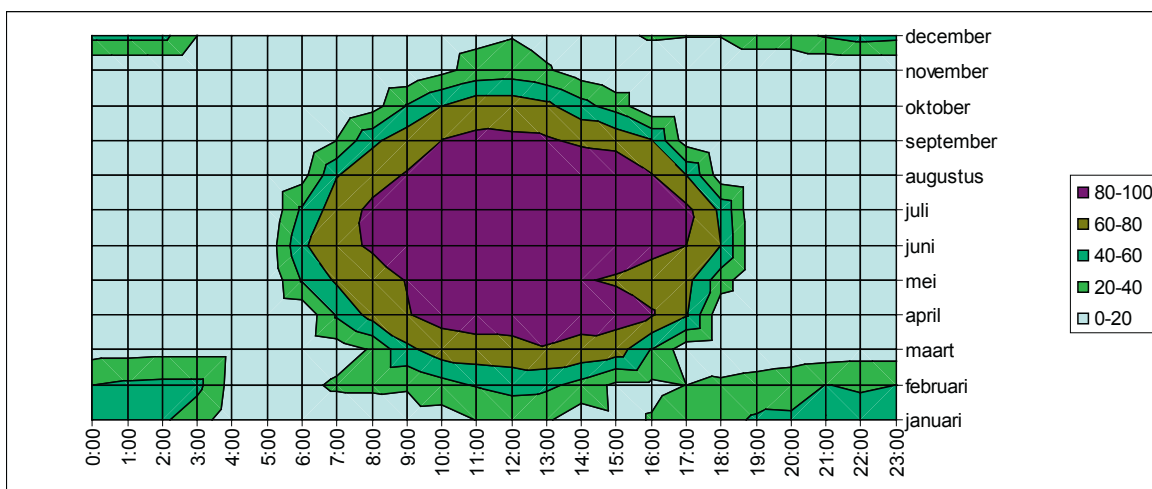
XLS16 afweekafdeling 5



LS10 afweekafdeling 5

Scherminstanden bij Bedrijf 4

Bij bedrijf 4 zijn alleen de binnenschermen in de gekoelde kassen gemeten. Deze gaven allen vrijwel gelijke standen te zien en worden zelden 's nachts gebruikt. De stand van de buitenschermen is niet gemeten. Deze zijn wel vaker 's nachts gebruikt om energie te besparen.



Binnenscherm gekoelde afdelingen

