

# PraktijkNetWerk Roos en Energie

Energie-efficiëntie verhoging, bedrijfsvergelijking, energiekegetallen



Chr. Blok, M. Raaphorst, M. Warmenhoven, J. Klap, E. van der Knaap, S. van Vuuren, H. Keizer

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.  
Glastuinbouw  
December 2006

PPO nr. 3241604100

© 2006 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 3241604100; € 50



Projectnummer: 3241604100

**Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.**  
Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5, Naaldwijk  
: Postbus 8, 2671 KT AA Naaldwijk  
Tel. : 0174 - 636700  
Fax : 0174 - 636835  
E-mail : [infoglastuinbouw.ppo@wur.nl](mailto:infoglastuinbouw.ppo@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING .....	7
1.1 Achtergrond .....	7
1.2 Doel .....	8
1.3 Werkwijze.....	9
2 AANPAK .....	11
2.1 De deelnemers en belanghebbenden.....	11
2.2 De data infrastructuur en gegevensverwerking.....	12
2.3 De bedrijfsvergelijking .....	13
3 RESULTATEN .....	15
3.1 De metingen.....	15
3.2 De verwerking en vergelijking .....	17
3.3 De energie-efficiëntie .....	20
3.4 Het Proces.....	22
4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....	25
4.1 Conclusies .....	25
4.2 Aanbevelingen .....	26
LITERATUUR.....	27
BIJLAGE 1 CORRECTIEFACTOREN OP DE LICHTMETINGEN .....	28
BIJLAGE 2 VOLLEDIGHEID AANGELEVERDE KLIMAATCOMPUTERDATA.....	29
BIJLAGE 3 BEDRIJFSUITRUSTING .....	30



# Samenvatting

## Achtergrond

In de rozenteelt is het de laatste 10 jaar moeilijk geworden door bedrijfsvergelijking van elkaar te leren. Effecten van verschillen in teeltstrategie zijn niet meer te onderscheiden van verschillen door technische uitrusting. Het gaat om verschillen zoals geïnstalleerd vermogen aan assimilatielampen, capaciteit van de WK-installatie en de capaciteit van de gebruikte buffer. Al in 2003 kwamen Edwin van der Knaap, senior rozenadviseur DLV en Nieves Garcia, rozenspecialist PPO tot deze conclusie. Hun aanpak van het probleem was veel gegevens verzamelen en daaruit kengetallen vormen. Zo'n kengetal is samengesteld uit een aantal andere getallen en is voor bedrijven onderling wél vergelijkbaar. Voorbeelden van kengetallen zijn: gebruikte hoeveelheid energie per eenheid groeilicht, gebruikte hoeveelheid energie per kg product en gr productie per eenheid licht (groeikengetal).

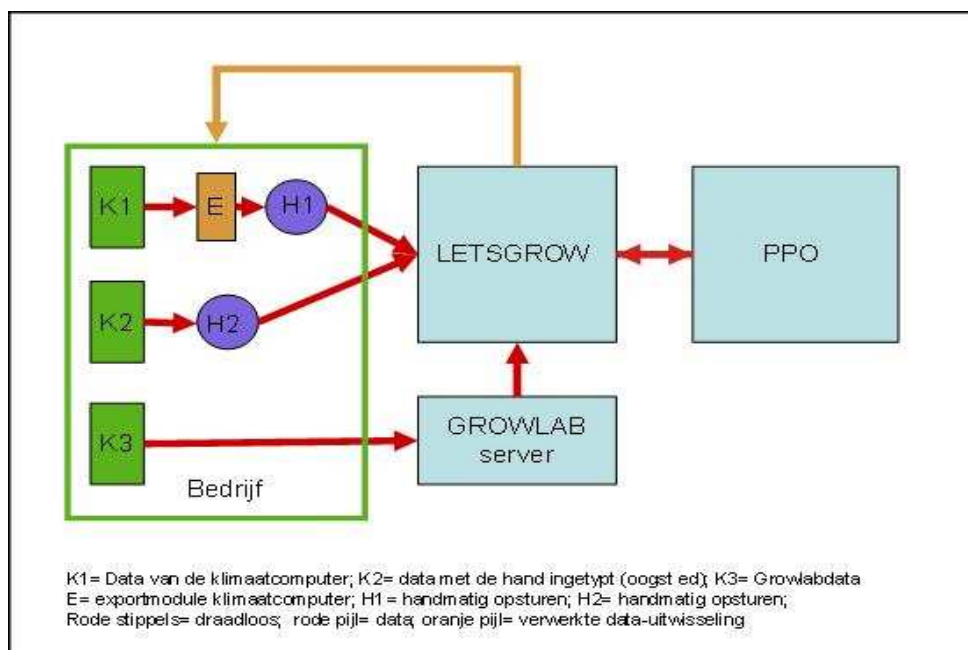
De overheid en de sector bleken bereid de uitwerking van dit idee financieel te ondersteunen. Dit past binnen de al jaren lopende inspanningen van de overheid en de sector om het energieverbruik in de glastuinbouw terug te dringen.

## Doel

Doel van het PraktijkNetwerk is het ontwikkelen van kengetallen voor in ieder geval energie-efficiënte teeltsturing en groei en het verlagen van het energieverbruik met minstens 7%.

## Aanpak

Er is sprake van een groot en soms tegengesteld belang tussen telers en overheid. Telers streven energiebesparing per eenheid product na en de overheid streeft naar absolute energiebesparing. Om hierover constructief samen te werken is gekozen voor een PraktijkNetWerk-aanpak. Hierin werken vele kennispartners samen op basis van gelijkwaardige inbreng en worden doelen samen vastgesteld, niet opgelegd. Aan het PraktijkNetWerk Roos en Energie deden vijftien rozentelers met het ras 'Passion' mee en PPO, DLV, Lucel en Substratus. Belangrijke technische hulp werd geboden door de klimaatcomputerleveranciers Priva en Hoogendoorn en de bedrijven Letsgrow en Growlab.



Figuur 1. De uitwisseling en verwerking van gegevens bij de start van het Praktijk NetWerk Roos en Energie.

In het PraktijkNetWerk Roos en Energie dat vanaf 1 januari 2005 tot mei 2006 liep, werden handmatig ingevoerde gegevens, klimaatcomputergegevens en extra kasklimaat metingen met Growlab apparatuur samengebracht in Letsgrow. PPO voegde hieraan kengetallen toe en via internet konden alle deelnemers hun eigen resultaten en die van collega's inzien (Figuur 1). In excursiegroepen werden de uitkomsten nader besproken.

#### *Uitkomsten*

- Er zijn kengetallen t.b.v. energie-efficiënte teeltsturing en groei opgesteld. Deze kengetallen zijn algemeen toepasbaar voor alle rozentelers. Ze worden naast de Passion werkgroep al gebruikt in werkgroepen voor de rassen Grand Prix en Avalanche. Met geringe aanpassingen zijn de kengetallen geschikt voor andere sierteeltgewassen en de groententeelt.
  - Bij de analyses is weinig aandacht besteed aan de opbrengst van de rozen. Weliswaar zijn de taklengte en het takgewicht geregistreerd, maar volgens de deelnemende telers zijn dat niet de allesbepalende factoren voor de prijs. Mogelijk hebben telers die een lage productie hebben gerealiseerd, bedrijfseconomisch toch goed gedraaid.
- Er is in 2006 gemiddeld 7% energie bespaard op bedrijfsniveau. Hierbij wordt aangetekend dat de stijgende energieprijzen besparingen heeft gestimuleerd.
  - Energieverbruik en productie zijn in dit project onderling onafhankelijk ( $R^2=0,0005$ ). Het kengetal "energie-efficiëntie" lijkt dan ook geen toegevoegde waarde te hebben naast de kengetallen energieverbruik en productie.
- Er is een werkende technische omgeving gerealiseerd. Het project kon zo een stimulans zijn voor de al lopende ontwikkelingen bij automatiseerders.
- Qua proces verliep het project moeizaam. De meerwaarde boven een excursiegroep met gegevensuitwisseling was nog betrekkelijk klein, in ieder geval vergeleken met de ambitie. Hierbij geldt dat de ontwikkelingen rond het centraal uitwisselen van gegevens zo snel verlopen, dat gegevens al weer sneller en duidelijker kunnen worden vergeleken dan zes maanden hiervoor tijdens het project.

#### *Aanbevelingen*

- Kengetallen doorontwikkelen aan de hand van de volgende eisen:
  - Een kengetal moet problemen kunnen detecteren.*
  - De normen moeten bekend en aanvaard zijn bij de gebruiker*
  - Als een kengetal buiten de normen valt, moet de gebruiker kunnen ingrijpen.*
  - De gebruiker moet vertrouwen hebben in het kengetal*
  - De berekeningen moeten direct na het invoeren van de meetgegevens worden teruggekoppeld.*
- De meters op een tuinbouwbedrijf zelfcorrigerend maken door een combinatie van periodieke autocalibraties en onderlinge vergelijking bij calibratiemomenten.
- Nagaan of belichting in de nacht, na dagen met een hoge instraling, nog effectief is.
- De etmaaltemperatuur en de verdeling ervan over het etmaal verschilt sterk tussen de bedrijven. Nagaan in de datasets of hiermee ook energie te besparen valt.

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

### *Probleem*

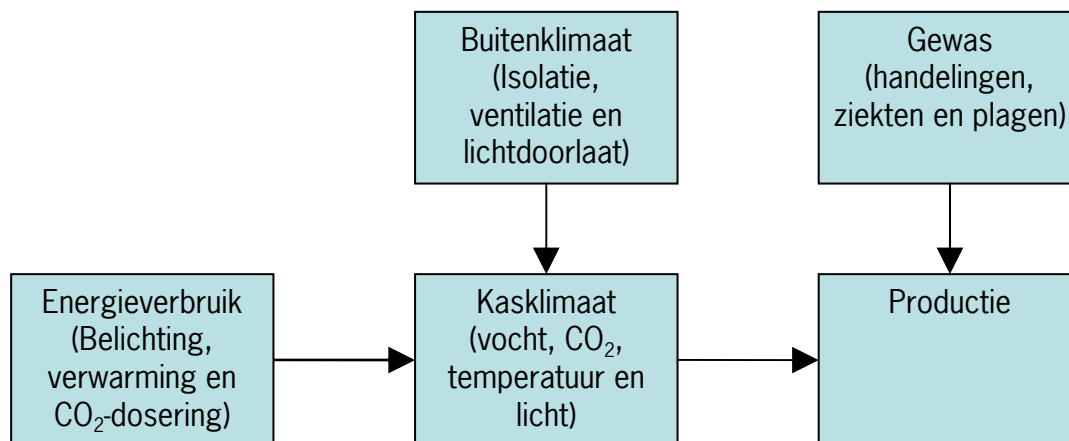
In het verleden is een systeem ontwikkeld om bedrijfsgegevens van telers met elkaar te vergelijken (van der Maas, 1989; Goosens et al, 1997; van Uffelen et al, 1998). Door het bespreken van de verschillen leren telers van elkaar effectieve regelingen toe te passen. In de intensieve teelten, en zeker ook bij roos, is dit erg moeilijk geworden. Effecten van verschillen in teeltstrategie zijn niet te onderscheiden van verschillen door technische uitrusting. Het gaat om verschillen zoals geïnstalleerd vermogen aan assimilatielampen, capaciteit van de WK-installatie en de capaciteit van de gebruikte buffer. Een voorbeeld is het moment waarop de ramen open gaan ten gunste van de temperatuur en ten koste van het doseren van CO<sub>2</sub>. Dit punt is per bedrijf afhankelijk van de buffergrootte en eventuele levering van warmte aan derden.

### *Initiatief*

In 2003 bespraken Edwin van der Knaap van DLV en Nieves Garcia van PPO de problemen bij bedrijfsvergelijken. Edwin van der Knaap had toen al ervaring met een eigen systeem om bedrijven te vergelijken. Hij maakte gebruik van een laptop met spreadsheet, Letsgrow accounts en Growlab-apparatuur. Zij kwamen tot de conclusies dat er mogelijkheden waren voor een verbeterde manier van bedrijfsvergelijken. Hierbij zouden data-acquisitie en datamanagement een rol moeten spelen. Ook zouden automatiseringsexpertise, onderzoeksexpertise en praktijkkennis gebundeld moeten worden. Het doel was dat kwekers hun teeltstrategieën weer beter konden vergelijken om daarvan te leren.

### *Bedrijfsvergelijken*

Iedere teler heeft te maken met vele factoren die zijn productie beïnvloeden. Een van die factoren is het energieverbruik, uit onderstaand schema blijkt wel dat er ook andere factoren van belang zijn (Figuur 2).



*Figuur 2. Veel factoren van invloed op de beslissingen ten aanzien van het kasklimaat.*

Hoewel iedere teler van al deze factoren verstand moet hebben, bestaan er verschillen tussen telers. Zo richt de één zich sterk op het efficiënt belichten en verwarmen (energieverbruik), de ander richt zich meer op een goede afstemming tussen licht en CO<sub>2</sub> om de productie te optimaliseren (kasklimaat), een derde zorgt ervoor dat het bladpakket optimaal is (gewas). Door de verschillende teeltstrategieën en

teeltresultaten met elkaar en met modellen te vergelijken kunnen de telers van elkaar leren en de productie per energie-eenheid verder verbeteren (Aaslyng et al, 1999; Buwalda et al, 1999). Overigens zijn veel modellen nog niet in de praktijk geaccepteerd als regelinstrument.

### *LNV*

Vanuit de overheid, en met name LNV, wordt geprobeerd het energieverbruik in de glastuinbouw terug te dringen. Ook de sector onderkent de maatschappelijke noodzaak tot een lager energieverbruik. Dit is vastgelegd in de doelstellingen van het convenant Glastuinbouw en Milieu (GLAMI). Hierin is afgesproken dat in 2010 het energieverbruik per eenheid product 65 procent lager moet zijn dan in 1980 en dat het aandeel duurzame energie >4 procent moet zijn. Liever dan met dwang te werken, probeert LNV de kennis en creativiteit van de telers, toeleverende bedrijven en onderzoekers in te zetten. Een van de instrumenten daarvoor zijn praktijknetwerken (de Buck en Buurma, 2004).

### *Praktijknetwerken*

Praktijknetwerken worden toegepast waar groepen met verschillende belangen samen concreet moeten worden. Kenmerkend is dat er vertrouwen moet worden opgebouwd en dat veel aandacht nodig is om één duidelijke hoofdrichting vast te houden. Verder zijn er meerdere partijen die verschillende soorten kennis inbrengen. Hierbij is belangrijk dat de verschillende kennispartijen elkaar als gelijkwaardig blijven zien.

### *Een dubbele start*

Het PraktijkNetWerk Roos en Energie is met instemming van de PAC en het PT in november 2003 van start gegaan. Vervolgens is het project onverwachts aangehouden door de sectorcommissie. Daarom is in april 2004 in overleg met de – op dat moment - enige financier (LNV) besloten het project stil te leggen. Pas na een positieve beslissing van de sectorcommissie is besloten per 01-01-05 te herstarten. Een deel van de al uitgevoerde 0-metingen is hierdoor noodzakelijkerwijs tweemaal uitgevoerd.

## 1.2 Doel

In fase 1 worden kengetallen t.b.v. energie-efficiënte teeltsturing en groei opgesteld. Deze kengetallen zijn zo algemeen dat ze toepasbaar zijn voor alle rozentelers en met geringe aanpassingen ook geschikt voor andere sierteeltgewassen en de groententeelt.

In fase 2 wordt ten minste 7% energiebesparing op bedrijfsniveau gerealiseerd. De telers zelf denken dat een besparing van 10-15% energie (elektriciteit en gasverbruik) haalbaar is. Omdat niet iedereen de voorgestelde maatregelen in een eerste jaar onverkort zal (durven) toepassen, is de helft van dit percentage genomen. Incidenteel kan dit getal veel hoger of lager uitvallen.



*Figuur 3. Passion, belichte rozenteelt.*



## 1.3 Werkwijze

### *PraktijkNetWerk*

Hoewel de sector het maatschappelijk belang van een lager energieverbruik erkent, wantrouwen individuele telers de overheid. Zij vrezen dat energie besparen an sich resulteert in verlaagde productie. Aangezien de gemiste inkomsten door oogstderiving zwaarder doortellen dan bespaarde energiekosten, is energie besparen op die manier bedrijfseconomisch onaantrekkelijk of zelfs onverantwoord. Telers blijken echter zeer gemotiveerd om het energieverbruik per eenheid geoogst product te verlagen omdat dit de weg open houdt om met de inzet van meer energie nog meer product te oogsten.

Hier is dus sprake van een groot en tegengesteld belang en is kennis van vele groepen nodig (telers, voor voorlichters en onderzoekers, klimaatcomputer leveranciers, en bedrijven voor meetinstrumenten en IT. De keuze voor een PraktijkNetWerk-aanpak ligt dus voor de hand.

### *De telers*

De kern van het praktijknetwerk roos en energie wordt gevormd door ongeveer 15 telers. Zij zijn geselecteerd op het telen van hetzelfde ras (Passion, Figuur 3) met een vergelijkbare gewasleeftijd. De telers geven openheid in hun bedrijfsvoering door het leveren van bedrijfs-, teelt-, klimaat- en productiegegevens. Naast de gebruikelijke metingen worden extra metingen uitgevoerd, zoals de effectiviteit van de belichtingsinstallatie en de lichtdoorlatendheid van het kasdek. Growlab apparatuur levert extra informatie over iedere teelt. De onderzoekers en adviseurs zien toe op relevantie en representativiteit van de te vergelijken gegevens en voeren hierop analyses uit zodat per bedrijf de belangrijkste verbeterpunten naar boven komen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van kengetallen zoals:

- Gebruikte hoeveelheid energie per eenheid groeilicht
- Gebruikte hoeveelheid energie per kg CO<sub>2</sub>-doserings
- Productie per eenheid licht en CO<sub>2</sub>-niveau (Dieleman en Zwart, 2004)

### *De bedrijfsadviseurs*

Voor het adviesbedrijf DLV zijn Edwin van der Knaap en Ben Hartog in het project gestapt. Later is Stefan van Vuuren daar bijgekomen. Geleidelijk heeft Stefan het grootste deel van de praktijk begeleiding overgenomen. Voor het adviesbedrijf Lucel heeft Harrie Keizer gedurende het hele project de betreffende telers begeleid. Jaap Bij de Vaate tenslotte, heeft voor Substratus telers begeleid tot hieraan begin 2006 een einde kwam na de opheffing van Substratus.

### *De onderzoekers*

Bij PPO is het project gestart door Chris Blok en Ernst van Rijssel. Chris Blok heeft de hele periode het projectmanagement verzorgd. Marcel Raaphorst is Ernst opgevolgd en heeft gezorgd voor de kengetallen en de analyse van de gegevens. Edwin Rijpsma heeft zowel bedrijfsmetingen als de automatisering bij de tuinders gestalte gegeven. Na zijn overstap naar een automatiseringsbedrijf heeft Mary Warmenhoven zijn werk voortgezet. Jaco Klap heeft gezorgd voor de GENSTAT programmas die de data ontvingen, filterden, kengetallen berekenden en een deel van de bewerkte data weer verder stuurden.

### *De data-infrastructuur*

Bij het opzetten van de data-infrastructuur zijn natuurlijk de leveranciers van de klimaatcomputers van de rozenbedrijven betrokken. André de Raadt en andere medewerkers van Priva en mensen van Hoogendoorn via Hans van Bokhoven hebben zich ingespannen om de hoge eisen voor data uitwisseling mogelijk te maken met de bestaande apparatuur. Hiervoor zijn kosteloos aanpassingen geleverd. Verder hebben verschillende mensen van Letsgrow onder leiding van Hans van Bokhoven steeds aanpassingen geleverd die de data uitwisseling en presentatie verbeterden.

### *De extra waarnemingen*

Er is gekozen voor het kopen van extra meetapparaten van Growlab. Aanvankelijk via Antony Brouwers en

later via Barry Zuidgeest zijn identieke meetsets op de bedrijven gerealiseerd.

#### *De financiers*

Het ministerie van LNV heeft drie maal een jaarbedrag ter beschikking gesteld. Er is gebruik gemaakt van het kennisverspreidingssysteem van LNV, Syscope. Het PT stelde een bedrag voor de projectduur ter beschikking. Op verzoek van het PT is een BegeleidingsCommissie Onderzoek ingesteld met daarin; Dick Keizer, Herbert vd Burg, Gerard v Ruyven, Matthijs Beelen en Edwin vd Knaap.

#### *Kennisverspreiding*

De kennis die binnen het praktijknetwerk wordt ontwikkeld, wordt direct toegepast bij de deelnemende telers. Verder kunnen ook telers buiten het praktijknetwerk leren hoe efficiënter te produceren. Een belangrijke rol wordt hierin vervuld door de deelnemende adviseurs van Lucel, Substratus en DLV, die de opgedane kennis direct aan hun klanten overdragen. Overdracht wordt ook bevorderd door de medewerking van Growlab en Letsgrow (in praktijk gangbare meet en dataverwerkingsapparatuur). Uiteraard is de kennis ook via vakbladartikelen gecommuniceerd.

## 2 Aanpak

### 2.1 De deelnemers en belanghebbenden

Er werd gestart met een samenwerkingsverband van 14 rozentelers. De rozentelers teelden allen dezelfde cultivar (Passion), waarbij de leeftijd van het gewas onderling hooguit 2 jaar mocht verschillen. Dit om de teeltresultaten onderling zo vergelijkbaar mogelijk te houden. Alle telers moesten beschikken over een klimaatcomputer die of een exportmodule had, of er van voorzien kon worden. De rozentelers verwachtten dat vooral bij het in werkgroepen vergelijken van de gegevens veel van elkaar geleerd kon worden. Er werd verwacht dat door het gelijktijdig en juist instellen van lichtniveau, CO<sub>2</sub> niveau en kasttemperatuur veel energie te besparen zou zijn (Dieleman en Zwart, 2004). Verder werd verwacht dat het tijdstip van krijten, schermen en luchten veel voor de productie zou betekenen (de Graaf et al, 2005; Houter et al, 2004; Körner en Challa, 2003; Ruijs et al, 2005). Energiebesparing werd verwacht van het sturen op planttemperatuur (Veenman, 2005). Dit doordat minder snel dus zuiniger gelucht zou worden (Stanghellini et al, 2005).

De 4 teeltadviseurs van DLV, Lucel en Substratus begeleidden de rozentelers bij het aanleveren van de data en bij het interpreteren van de kengetallen. De adviseurs maakten bovendien steeds hun eigen analyses. De adviseurs verwachtten dat zij hun klanten sneller en specifiek op kansen en problemen bij de klimaatregeling zouden kunnen wijzen.

De onderzoekers van PPO zorgden voor een nul-meting, controleerden de volledigheid en de juistheid van de aangeleverde data, analyseerden de data en stelden kengetallen samen uit de data. Het onderzoek verwachtte eenduidige gegevens over het optimum CO<sub>2</sub>, licht en kasttemperatuur te kunnen leveren.

De telers, teeltadviseurs en onderzoekers vormden de kern van het praktijknetwerk roos en energie. Hierbij is hulp gezocht van Priva, Hoogendoorn, Letsgrow en Growlab. De klimaatcomputerleveranciers (Priva en Hoogendoorn), zorgden ervoor dat de klimaatcomputers exportbestanden konden maken en, met soms enige moeite, konden versturen. De klimaatcomputer leveranciers werkten zelf al aan de noodzakelijke aanpassingen in klimaatcomputers. Enerzijds onderstreepte dit proces de richting die zij al ingeslagen zijn, anderzijds vroeg dit project om technieken waar de bestaande klimaatcomputers niet goed voor ingericht waren. Er moesten daarom beperkt inzetbare en tijdelijke oplossingen worden ingezet.

LetsGrow.com verzamelde de data van de telers en Growlab en stuurde de data na verwerking weer door aan de telers en PPO. De door PPO bewerkte gegevens kwamen ook weer via Letsgrow beschikbaar. Letsgrow verwachtte veel te leren van de datafiltering en kengetal-ontwikkeling door PPO.

Growlab plaatste bij alle telers een meetinstallatie welke de kasttemperatuur, de planttemperatuur, de hoeveelheid PAR-licht en de relatieve luchtvochtigheid (RV) kon meten. Deze meetgegevens werden per 5 minuten online verzonden naar een centrale server. Growlab hoopte dat het gebruik van de meetapparatuur en verwerkingsdiensten zou doorgroeien tot een integraal onderdeel van moderne glastuinbouwbedrijven (Henten, 2001).

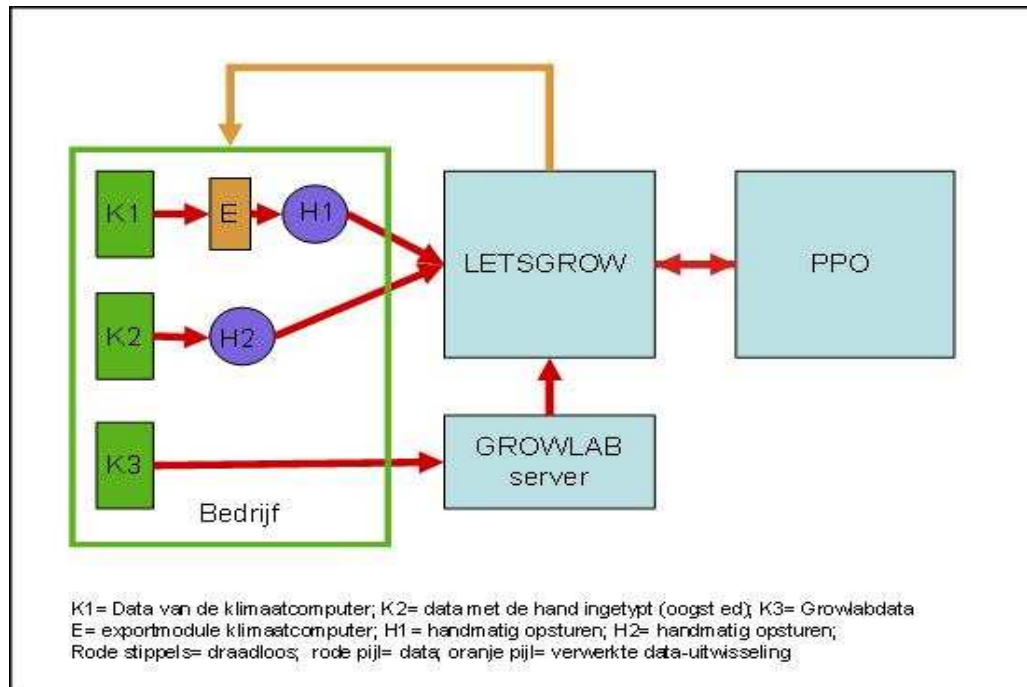
De geldschieters, het ministerie van landbouw, natuurbeheer en visserij en het Productschap Tuinbouw, verwachtten vooral energiebesparingen die door de hele rozenteelt kunnen worden overgenomen.

De landelijke rozencommissie steunde het project vanaf een presentatie door PPO/DLV in 2004. Voor de begeleiding werd een BCO ingesteld. De verwachting van de landelijke commissie was dat de technologie moeilijk te realiseren zou zijn en dat de uitwisseling van bedrijfsgegevens eenvoudiger zou worden. De betrokkenheid van verschillende teeltadviesbedrijven werd hoog gewaardeerd. Er werd verwacht dat

positieve uitkomsten zo snel en efficiënt bij andere bedrijven geïntroduceerd zouden kunnen worden.

## 2.2 De data infrastructuur en gegevensverwerking

De benodigde bedrijfsgegevens bestonden uit handmatige invoer van de telers, klimaatcomputer data en aanvullende metingen via Growlab apparatuur (Figuur 4). De telers vulden wekelijks een overzicht in met gegevens over de productie en het energieverbruik. De data werden met meer of minder handelingen allemaal on line naar Letsgrow.com gestuurd.



Figuur 4. De uitwisseling en verwerking van gegevens bij de start van het PraktijkNetWerk Roos en Energie.

De kritische succesfactoren voor dit technische deel van het praktijknetwerk werden vastgesteld als:

- Klimaatcomputer van bekende merken (met ondersteuning)
- Data export mogelijk via (optionele) module of logger
- Netwerk tussen klimaatcomputer en internet werkstation
- Internet werkstation met ADSL of Cable verbinding
- Bosmachine met een stuksteller per lengteklasse
- Letsgrow.com account
- Growlab (of andere kaslogger) representatief geïnstalleerd + draadloze verbinding en netstroomvoorziening in de kas
- Technische en ICT vaardigheden
- Commitment van telers en adviseurs

### *De gegevensverwerking*

De telers met een Hoogendoorn klimaatcomputer, die nog geen exportmodule bevatte, schaften deze module aan. De telers met een Priva klimaatcomputer kregen van Priva een logger en zorgen ervoor dat de computer waar de logbestanden werden opgeslagen in verbinding kon komen met het internet. Wekelijks werden de gelogde bestanden gemaild naar LetsGrow.com. LetsGrow.com verstuurde de bestanden direct door naar PPO. PPO controleerde de volledigheid van deze bestanden wekelijks.

De Growlab-data werden on-line met een GPRS-verbinding naar de Growlabserver verzonden. LetsGrow.com toonde deze data direct op de eigen website en verstuurde bestanden iedere dag, eerst naar PPO, later

naar Letsgrow.com.

De data over energie en productie werden door de teler ingevoerd op de eigen account van de LetsGrow.com- site. Bij het bekijken van het teelteconomisch overzicht activeerde de teler de automatische verwerking van deze gegevens tot samengestelde gegevens. PPO verwerkte deze gegevens samen met de klimaatcomputerdata en de Growlabdata tot nieuwe kengetallen.

De samengestelde meetwaarden van LetsGrow.com waren:

- gemiddelde etmaal kastemperatuur, planttemperatuur, RV etc.
- lichtbenuttingsefficiëntie (aantal gram productie per MJ PAR-licht)
- totaal aantal takken per week
- gemiddelde taklengte (cm)
- gemiddeld takgewicht (gram)
- kwaliteit van de takken (gram/cm)

De PPO kengetallen waren:

- gemiddeld CO<sub>2</sub>-niveau waarbij momenten met veel PAR-licht zwaarder meetellen dan de momenten met weinig PAR-licht.
- energie-efficiëntie (gram productie per MJ energieverbruik)
- warmte-efficiëntie (aantal graaduren per MJ energieverbruik)
- gemiddelde kastemperatuur, planttemperatuur, VPD en VD per dagdeel.
- gelijkmatigheid van de luchtvochtigheid over het etmaal

Deze kengetallen werden onderling vergeleken. Daar waar de kengetallen onderling tegenstrijdig waren of afweken, zijn de verzamelde gegevens verder geanalyseerd.

### *De filtering*

Na binnenkomst van de data bij PPO werden uitbijters uitgefilterd. Dit betrof vooral onmogelijke data, zoals een buistemperatuur van 0°C op de momenten dat de pomp uitstaat. Soms betrof het waarden die verstoord waren door elektriciteitsuitval. Met behulp van statistische technieken werden veel onwaarschijnlijke data uitgefilterd of gerepareerd.

## 2.3 De bedrijfsvergelijking

### *Terugkoppelen*

De kengetallen van LetsGrow.com waren na verwerking direct zichtbaar voor de teler in de vorm van een tabel of een grafiek per kengetal. De kengetallen van PPO werden wekelijks op LetsGrow.com geplaatst. Bovendien werden deze kengetallen aan alle deelnemende telers teruggekoppeld in de vorm van samengestelde grafieken. Zo kon men in het overzicht zien op welke kengetallen het eigen bedrijf goed scoorde en op welke gebieden minder goed. Bij hoge of lage scores zochten de telers en de adviseurs in samenwerking met de onderzoekers naar de oorzaken.

### *Leren*

Op basis van het verloop van het kengetal energie-efficiëntie bij de telers kon de productie per eenheid energie worden gevolgd. Aan de hand van gesprekken met telers werden de voornaamste leerpunten benoemd.



## 3 Resultaten

### 3.1 De metingen

#### *De bedrijfsuitrusting*

Bij alle bedrijven zijn gedurende enkele bedrijfsbezoeken de voornaamste gegevens van de bedrijfsuitrusting genoteerd. Deze metingen zijn bedoeld om een indruk te krijgen van de diversiteit van de bedrijfsuitrusting, welke mogelijk verklarend zouden kunnen zijn voor verschillen in de energie-efficiëntie. Bovendien zijn de bedrijfsbezoeken gebruikt om vooraf te controleren of de meters goed werken.

De belangrijkste gegevens die tijdens de bedrijfsbezoeken zijn vastgelegd en hier weergegeven, waarbij, indien relevant, de laagste en hoogste gevonden waarden tussen haakjes staan.

- het bouwjaar van de kas (1975-2004)
- de plantdatum van het gewas (juni 2002 tot mrt 2004)
- het teeltsysteem (7-8 planten per m<sup>2</sup>; 2-4 rijen per bed)
- het vermogen van de WKK (42-144 W<sub>e</sub>/m<sup>2</sup>)
- het rendement van de WKK (35-43%)
- de mogelijkheid van het gebruik van de rookgassen uit de WKK voor CO<sub>2</sub>-dosering
- de mogelijkheid om elektriciteit terug te leveren aan het net
- het schermtype
- de nauwkeurigheid van de CO<sub>2</sub>-meter voor 408 ppm ijkgas (gemiddeld 0 ppm afwijking, standaard deviatie 60 ppm)
- de nauwkeurigheid van de CO<sub>2</sub>-meter voor 908 ppm ijkgas (gemiddeld 45 ppm lager, standaard deviatie 110 ppm)
- de nauwkeurigheid van de weegschaal (6 telers met digitale weegschaal: hooguit 0,3% afwijking; 6 telers met wijzerweegschaal: nauwkeurigheid afhankelijk van wijze van aflezen)
- het type verdeling van de CO<sub>2</sub> (tubileen, pvc, darmen)
- de lichtdoorlaat van het kasdek voor diffuus licht (61,4% tot 71,2%)
- de verdeling van de hoeveelheid PAR-licht dat van de lampen afkomstig is (16%-45% verschil tussen de lichtste en de donkerste plaats)
- de verhouding van het gemiddelde PAR-licht ten opzichte van de positie van de PAR-meter (89% - 138%)
- uit het gemiddelde PAR-licht en het geïnstalleerde vermogen is het rendement van de lampen berekend (1,44 tot 2,11 μmol/J).

Verdere detailleringen van deze gegevens per bedrijf zijn te vinden in Bijlage 3.

Tijdens de bedrijfsbezoeken is ook aan de telers gevraagd op welke momenten zij belichten en wanneer niet. De antwoorden hierop verschilden per teler. De een laat het vooral afhangen van de prijs van elektriciteit op de APX en de ander van de hoeveelheid zonlicht (uitschakelen boven 200-250 Watt/m<sup>2</sup> globale straling). Ook antwoorden telers dat zij op het gevoel de belichting aan- of uitschakelen.

Verder is gevraagd naar het gebruik van het scherm. Wat betreft het gebruik voor zonwering werd hier redelijk eenduidig op geantwoord: boven de 450 tot 550 Watt/m<sup>2</sup> globale straling wordt of geschermd of gekrijt. Het gebruik van het scherm voor energiebesparing varieert per teler. De een sluit het scherm 's nachts bij een buitentemperatuur van minder dan 12°C en de ander bij een buitentemperatuur van minder dan 7°C. Ook het gebruik van schermkieren varieert per teler. Als een schermkier al wordt gebruikt dan varieert deze van 5, 10, 20 of 50%.

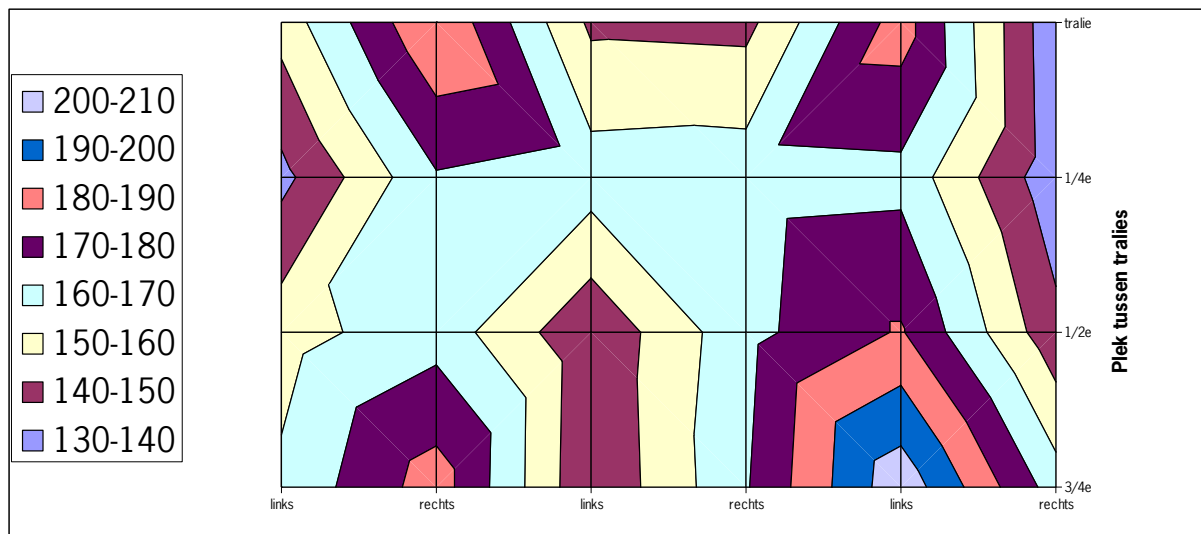
Geen van de telers gebruikte in het begin van het project zuivere CO<sub>2</sub>. Enkelen zijn hier later wel op overgegaan.

Uit de bedrijfsspecifieke metingen is gebleken dat er ondanks de overeenkomst in gewas en ras er toch nog grote verschillen zijn tussen de bedrijven. Deze verschillen maken een kwantitatieve vergelijking van klimaat- en energiekengetallen moeilijk. Zo zal bij een bedrijf dat elektriciteit van de WKK kan terugleveren aan het net en de CO<sub>2</sub> van de WKK kan benutten, een hoger gasverbruik en een lager of zelfs negatief elektriciteitsverbruik hebben ten opzichte van een bedrijf dat dat niet kan. Per saldo zal het eerste bedrijf alleen al door de bedrijfsuitrusting een betere energie-efficiëntie kunnen bereiken.

Van een jong gewas mag een hogere productie worden verwacht dan van een oud gewas. Hoe snel de productiviteit van het gewas vermindert is onder andere afhankelijk van de verzorging die het heeft gekregen en mogelijke ziekten heeft gehad. Het is dan ook moeilijk om een kwantitatief verband te leggen tussen de leeftijd van het gewas en de productiviteit.

Aangezien CO<sub>2</sub>-meters de neiging hebben om in de loop van de tijd te verlopen zijn de gemeten waarden van de CO<sub>2</sub>-meters niet gecorrigeerd. Wel zijn de telers met grote afwijkingen in de CO<sub>2</sub>-meting erop gewezen dat de meter vaker moet worden geijkt.

De verdeling van de belichting en de nauwkeurigheid en de representativiteit van de plaats van de PAR-meter is wel meegenomen om de gemeten lichtniveaus te corrigeren. In Figuur 5 is weergegeven hoe de verdeling van de belichting kan zijn ter hoogte van het hoogste punt van het gewas. De PAR-meter is in dit geval geplaatst op de donkerste plaats (132  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ), terwijl gemiddeld 157  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$  en maximaal 207  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$  is gemeten. Op het moment dat naast de PAR-meter is gemeten gaf deze PAR-meter zelf 123  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$  aan. Omdat de meting bij de PAR meter hoger is dan wat de PAR-meter aangeeft is de correctie voor de PAR-meting in dit geval  $132/123 = 1.08$ . Omdat de gemiddelde hoeveelheid groeilicht hoger is dan op de plaats van de PAR-meter is de correctie voor de plaats van de PAR-meter  $157/132 = 1.19$ . In Bijlage 1 zijn de correctiefactoren voor alle bedrijven weergegeven.



Figuur 5 - Voorbeeld de verdeling van het groeilicht (in  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ) bij 1 bedrijf op het moment dat alle lampen branden. De PAR-meter is in de rechterbovenhoek geplaatst.

Ook de lichtdoorlaat van het kasdek is gemeten. Hieruit blijkt dat er grote verschillen zijn tussen de bedrijven, maar ook dat de verdeling van het licht in breedkappers veel slechter is dan bij kassen van het venlo-type. Onder de goot is het lichtniveau minstens 10% lager dan onder de nok van de breedkappers. Bij Venlo-kassen is dit verschil veel minder duidelijk te zien.

### De continue metingen

De metingen die dagelijks (klimaatdata) of wekelijks (energiedata, productiedata) werden geregistreerd verschilden in betrouwbaarheid. De kastemperatuur, de luchtvochtigheid, het buitenklimaat (behalve de windsnelheidsmeter) en de productiegegevens werden door de meeste deelnemers als betrouwbaar beschouwd. Gegevens van de planttemperatuurmeter (met hieruit afgeleid ook de VPD) en de PAR-meter werden minder vertrouwd. De geregistreerde energieverbruiksgegevens kwamen ook niet altijd overeen



met de gerealiseerde gegevens voor de betreffende afdeling. Dit had te maken met de complexiteit van de energiehuishouding op de bedrijven. Zo had een bedrijf een WKK die warmte leverde aan meerdere afdelingen, waarbij het niet mogelijk was om de warmtelevering aan de Passion-afdeling afzonderlijk te meten.

## 3.2 De verwerking en vergelijking

Het verzamelen en verwerken van de gegevens kostte meer inspanning dan van tevoren was ingeschat. Vooral het opzetten van een goede infrastructuur voor het verzamelen en verzenden van gegevens uit de klimaatcomputer was tijdrovend, mede door de diversiteit van de configuraties. Zelfs de e-mail provider was een struikelblok bij een teler omdat de verstuurd bestanden door de provider werden afgekapt tot een bepaalde regellengte. Toen de teler naar een andere e-mail-provider overstapte, was het probleem verholpen. Een teler kon niet helemaal niet meedoen met de PNRE omdat zijn klimaatcomputer een oude versie had en daarom niet beschikte over een exportmodule. Twee andere telers zijn gedurende de proef gestopt met het exporteren van klimaatcomputergegevens omdat de hiervoor bestemde logger zoveel processorcapaciteit vergde dat de computer niet meer normaal kon functioneren. Ondanks de vele inspanningen bleken de klimaatcomputergegevens gedurende het project incompleet te zijn (zie bijlage 2). Dit had vaak te maken met gewijzigde instellingen of een update op de klimaatcomputer, waardoor het logprotocol werd verstoord of het exportbestand een andere vorm kreeg, waardoor kolommen verwisseld werden. PPO heeft daarom het protocol voor het inlezen van de exportbestanden aangepast zodat gewijzigde fomats werden opgemerkt en alsnog juist konden worden geïnterpreteerd.

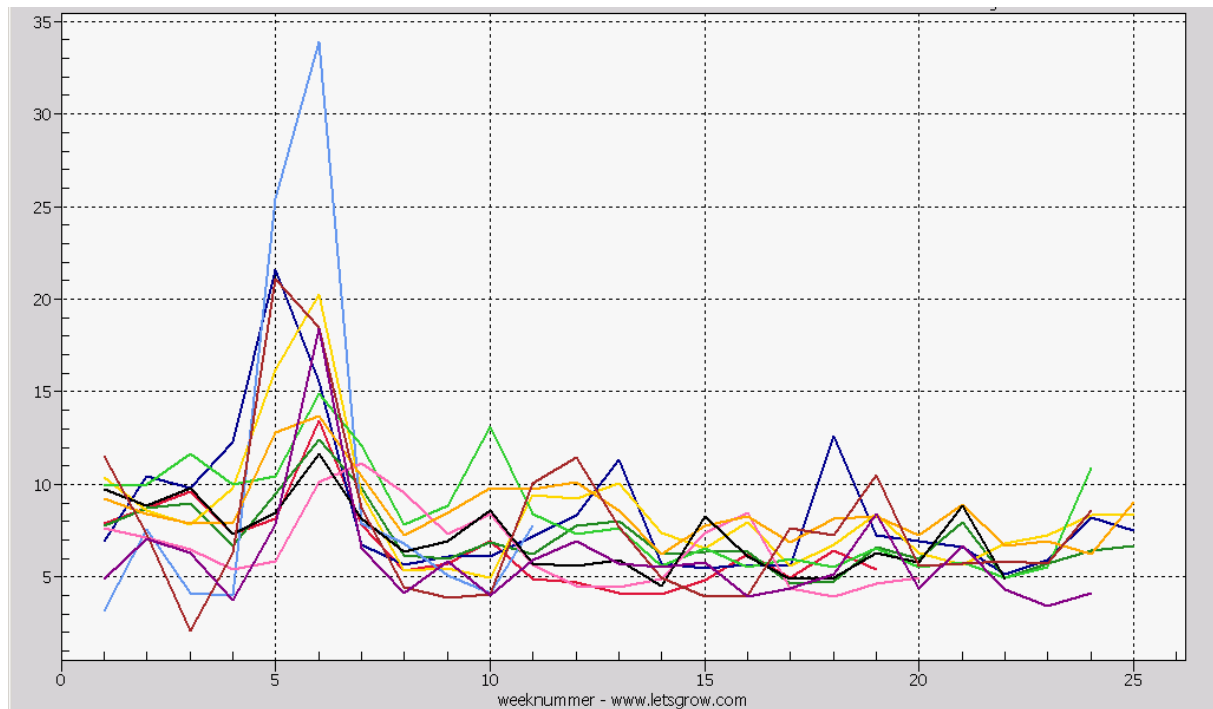
### *De vergelijking*

Via LetsGrow.com kunnen alle kengetallen direct worden vergeleken in tabelvorm en in grafiekvorm. In de tabel (zie Figuur 6) worden van 1 week meerdere variabelen van meerdere telers met elkaar vergeleken. De tabel laat zien dat er grote verschillen zijn in productie, kwaliteit en lichtbenuttingsefficiëntie.

In de grafiek (zie Figuur 7) wordt van meerdere weken 1 variabele van meerdere telers vergeleken. In de grafiek is goed te zien dat de lichtbenuttingsefficiëntie in week 5 en 6 bij iedereen zeer hoog is. Dit is niet veroorzaakt door de optimale teeltomstandigheden, maar door de hoge geplande productie vanwege Valentijnsdag. Ondanks dat is de lichtbenuttingsefficiëntie rondom week 5 en 6 niet minder dan van week 11-25. In de winter wordt blijkbaar efficiënter met licht omgegaan dan in het voorjaar.

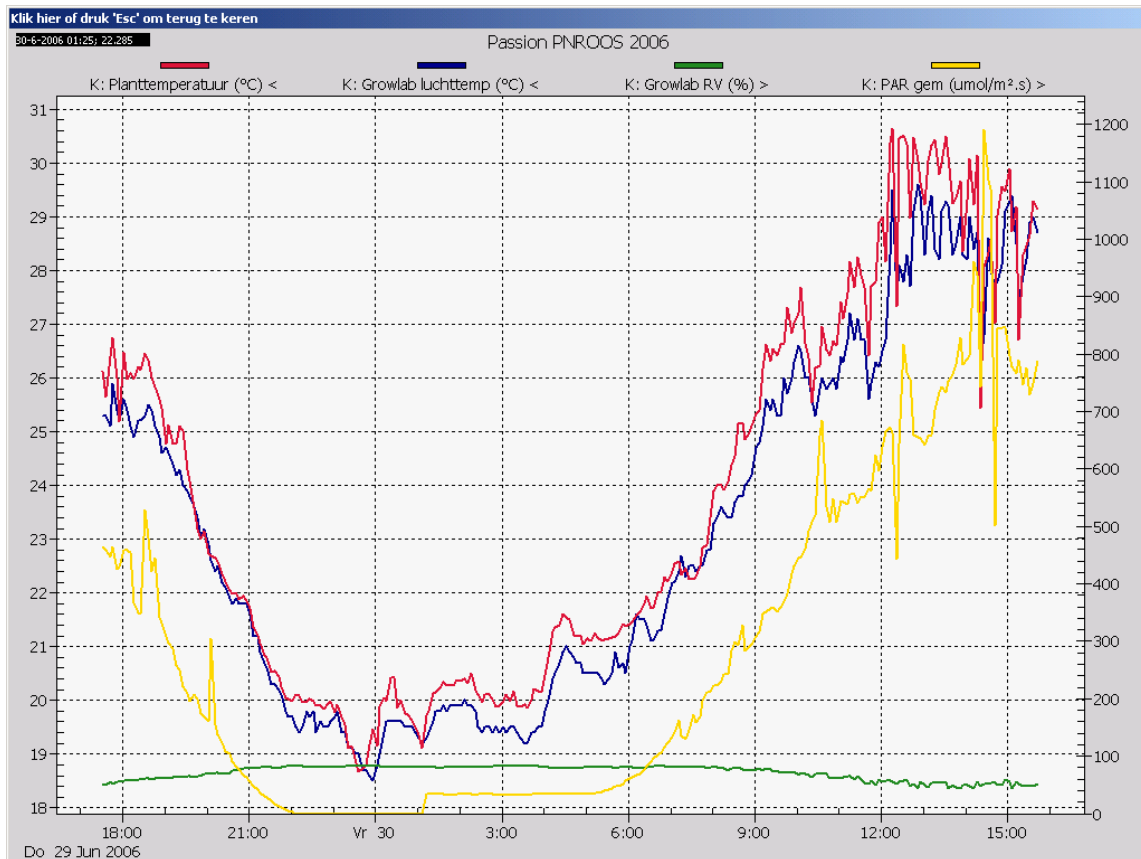
W	d	S: Lichtb efficiëntie * (gr/MJ Par)	6.9	6.1	6.8	5.0	4.1	13.1	8.4	9.8	8.6	4.0	4.0
W	d	S: Aant takken * (#/m <sup>2</sup> )	3.98	3.18	5.03	3.48	1.52	6.02	5.10	6.54	5.03	2.44	2.17
W	d	S: Aant takken tot * (#/m <sup>2</sup> )	34.15	40.66	48.55	47.23	27.89	49.08	44.55	58.21	44.27	34.77	35.05
W	d	S: Gem. lengte * (cm)	68.0	67.5	64.4	63.6	72.5	64.3	69.5	62.5	63.3	61.0	60.7
W	d	S: Gem. lengte tot * (cm)	68.6	67.4	65.3	64.4	74.1	64.4	69.3	63.9	61.7	64.5	60.7
W	d	S: Gem. takgewicht * (gr)	31.3	34.5	36.1	29.9	41.4	33.6	39.9	33.7	32.4	35.8	35.8
W	d	S: Gem. takgewicht tot * (gr)	31.6	33.3	37.4	31.7	39.0	33.6	41.5	34.9	30.6	37.5	33.6
W	d	S: Gram per m <sup>2</sup> * (gr/m <sup>2</sup> )	124.6	109.7	181.8	104.1	62.9	202.3	203.1	220.2	162.6	87.3	77.8
W	d	S: Gram per m <sup>2</sup> tot * (gr/m <sup>2</sup> )	1081.5	1355.5	1805.9	1480.3	1090.8	1649.2	1843.2	2008.5	1355.4	1284.9	1164.6
W	d	S: Kwaliteit * (gr/cm)	0.46	0.51	0.56	0.47	0.57	0.52	0.57	0.54	0.51	0.59	0.59
W	d	S: Lengte 040 aant (-)			15515	765	180	2640		7320		5200	3520

Figuur 6 Tabel met vergelijking van teeltcijfers en kengetallen via LetsGrow.com



*Figuur 7 Grafiek met de lichtbenuttingsefficiëntie (gram productie per MJPAR)*

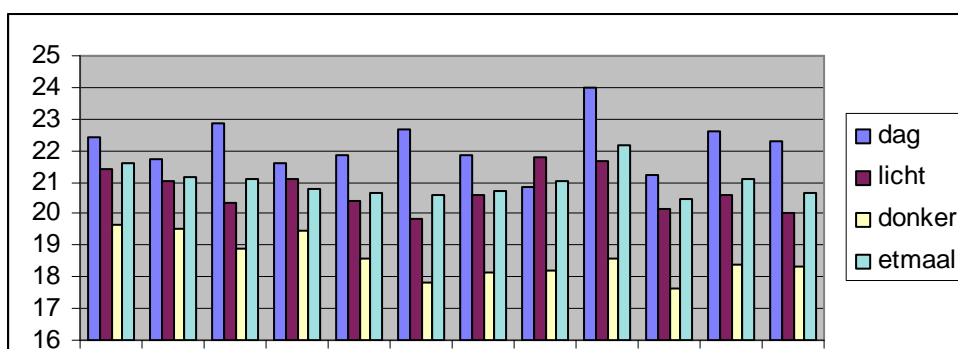
Ook is het mogelijk om via LetsGrow.com van het eigen bedrijf online een grafiek te zien van de Growlabmetingen (zie Figuur 8). Aan de PAR-grafiek is te zien dat ondanks de hoge instraling overdag er toch nog belicht wordt in de nacht vanaf 1:00 uur. Blijkbaar wordt door deze teler deze extra hoeveelheid licht en warmte in de nacht als positief ervaren voor het gewas.



Figuur 8 Grafiek van de momentane Growlabmetingen: Planttemperatuur, Kasttemperatuur, RV en PAR.

De door PPO verwerkte kengetallen zijn ook via LetsGrow voor de telers beschikbaar gesteld. Toch waarderen de telers deze kengetallen minder goed dan de direct op LetsGrow beschikbare kengetallen. Dit komt deels door de vertraging in de beschikbaarheid van deze kengetallen. De kengetallen kunnen pas worden berekend als alle benodigde gegevens zijn ingevoerd en worden dan gemiddeld een week na de invoer via LetsGrow beschikbaar gesteld.

De telers zijn te spreken over de rapporten die zij van PPO kregen toegestuurd. Deze rapporten zijn in eerste instantie als grafieken per variabele, gemiddeld over enkele weken verstuurd, zoals in Figuur 9. In de figuur komt naar voren dat er grote verschillen zijn in de gehanteerde etmaaltemperatuur, maar ook in de verdeling van deze temperatuur over de dag, de donkere nacht en de belichte nacht. Probleem bij deze weergave is echter dat het lastig is om verbanden tussen meerdere variabelen weer te geven.

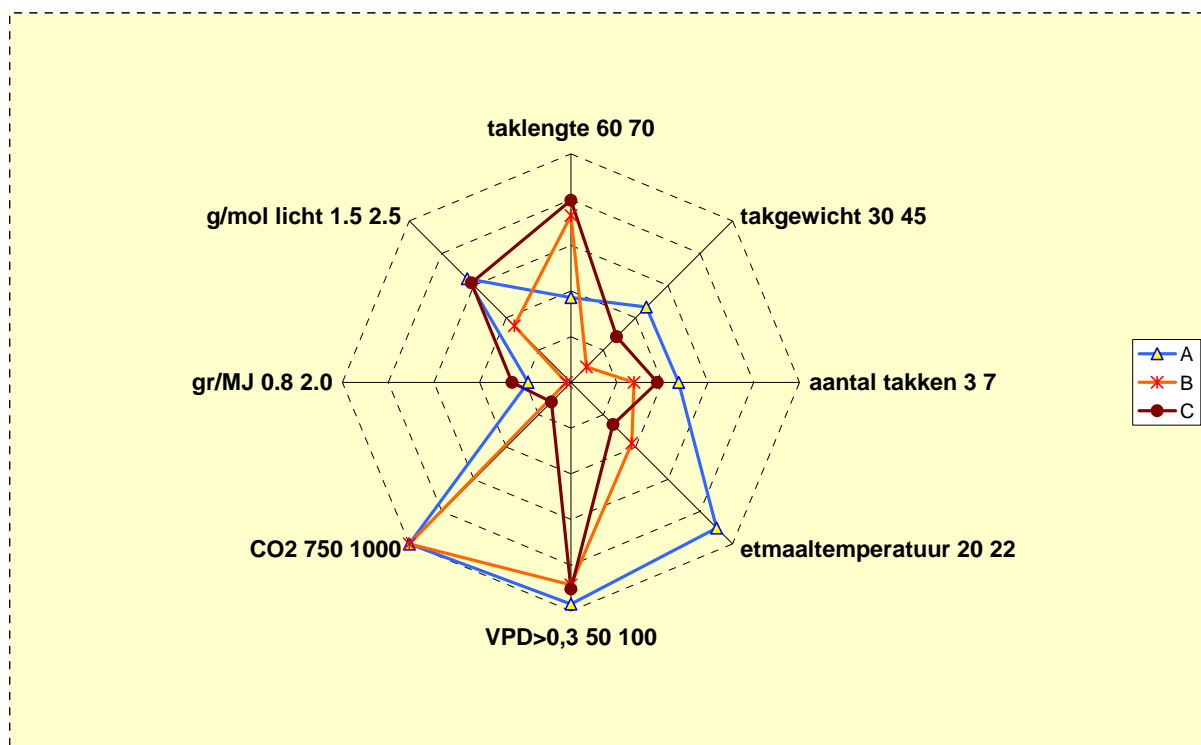


Figuur 9 Grafiek uit de rapportage van PPO naar de telers en teeltadviseurs

Daarom is gekozen om de weergave te wijzigen in spinnewebgrafieken (zie Figuur 10). In ieder diagram is voor 2 of 3 bedrijven weergegeven hoe hoog de volgende kengetallen zijn gemiddelde van 8 weken:

- de taklengte (cm/tak)
- het takgewicht (g/tak)
- het aantal takken (tak/m<sup>2</sup>.week)
- de etmaaltemperatuur (°C)
- de gemiddelde VPD (kPa)
- de CO<sub>2</sub>-concentratie gewogen naar het lichtniveau (ppm)
- de energie-efficiëntie (g/MJ)
- de lichtbenuttingsefficiëntie. (g/mol)

Bij ieder kengetal is aangegeven wat de minimum (centrum van het web) en de maximum (buitenkant van het web) waarden zijn. Zo ligt de gemiddelde taklengte bij iedereen tussen de 60 en de 70 cm. Als een bedrijf een gemiddelde taklengte heeft van 65 cm zal de lijn van zijn bedrijf het de webdraad halverwege kruisen. In de grafiek komt onder andere naar voren dat teler A een hoge etmaaltemperatuur heeft en hiermee een goede lichtbenuttingsefficiëntie scoort. Blijkbaar heeft teler A hier veel energie voor nodig gehad, want de energie-efficiëntie is laag. Teler B en C hebben langere takken. Teler C teelt bij een relatief lage CO<sub>2</sub>-concentratie. Desondanks is de lichtefficiëntie hoog. Bij Teler B is het aantal geogste takken per m<sup>2</sup> laag. Hier is nog geen verklaring voor gevonden.



Figuur 10 Spinnewebgrafiek

De spinnenwebgrafiek is geschikt voor het vergelijken van een beperkt aantal (2 à 3) bedrijven. Aangezien aan het project PraktijkNetWerk roos en energie meer bedrijven deelnemen is de spinnenwebgrafiek ten behoeve van de leesbaarheid gesplitst in meerdere grafieken.

### 3.3 De energie-efficiëntie

Een van de doelstellingen van het project PraktijkNetWerk roos en energie is een verbetering van 7% op de

energie-efficiëntie. De energie-efficiëntie (in MJ/g) is het gerealiseerde energieverbruik (in MJ/m<sup>2</sup>) gedeeld door de productie (in gram/m<sup>2</sup>). Bij de negen telers is het energieverbruik en de productie van de eerste helft van zowel 2005 als 2006 gemeten en weergegeven in Tabel 1.

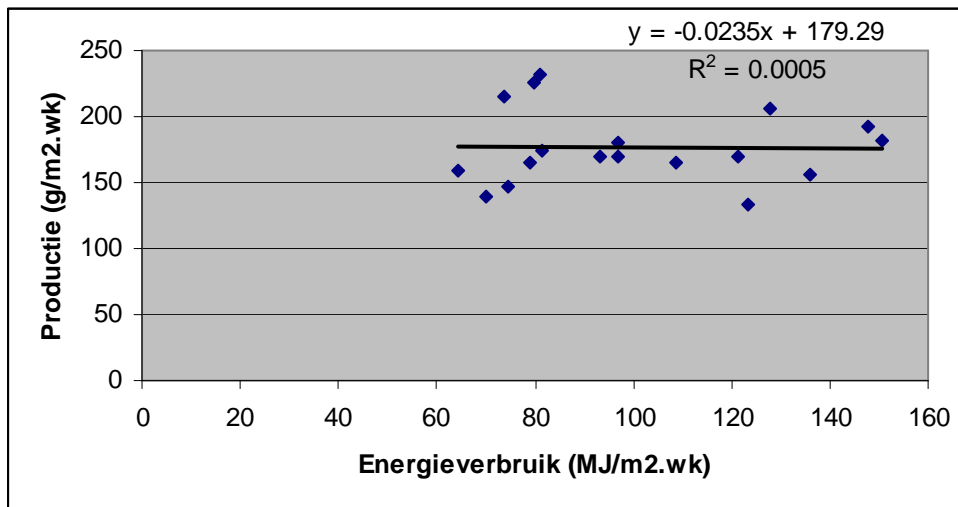
Tabel 1 - Productie, energieverbruik en efficiëntieverbetering per teler

Teler	tm week	Energie (MJ/m <sup>2</sup> .wk)		Productie (g/m <sup>2</sup> .wk)		Energie-besparing	Efficiëntie-verbetering
		2005	2006	2005	2006		
A	28	109	97	165	170	11%	14%
B	28	93	79	170	165	15%	13%
C	19	151	148	182	193	2%	7%
D	20	97	81	181	174	16%	13%
E	28	81	74	232	216	9%	2%
F	44	74	64	146	159	14%	20%
G	22	80	70	225	140	12%	-42%
H	20	136	123	157	134	9%	-6%
I	20	128	121	205	170	5%	-14%
<b>Gem.</b>		104	92	192	183	11%	7%

Uit Tabel 1 blijkt dat de gemiddelde energie-efficiëntie bij de telers conform de doelstelling met 7% is verbeterd. Dit is te danken aan 11% minder energieverbruik per m<sup>2</sup> bij 5% minder productie per m<sup>2</sup>. In welke mate het project PraktijkNetWerk Roos en Energie heeft bijgedragen aan de behaalde efficiëntie-verbetering is moeilijk te schatten. In ieder geval hebben de telers aangegeven dat zij door de bedrijfsvergelijking meer bewust bezig zijn geweest met energie. Er zijn echter nog vele andere factoren die invloed hebben gehad op het energieverbruik en de productie in 2006:

- De hoge gasprijs heeft geleid tot zuiniger gebruik van energie
- De hoge elektriciteitsprijs heeft geleid tot vaker elektriciteit leveren aan het net in plaats van belichten.
- De prijsvorming van de rode roos was matig, dus extra productie wordt slecht betaald. Sommige telers gaan hierdoor minder energie-intensief telen. Sommigen hadden het idee daar zelfs te veel in door te zijn geschoten.
- De maanden januari en februari waren 10% donkerder ten opzichte van 2005, waardoor vaker en meer zou moeten worden belicht om een gelijke productie te verkrijgen.
- De maanden januari en februari waren 0,7°C kouder ten opzichte van 2005, waardoor bovenop de warmte van de lampen en de WKK ook de ketel vaker moet worden ingezet. Hier tegenover staat dat er minder wind was in januari en februari ten opzichte van 2005.
- Bij alle deelnemende bedrijven is het gewas een jaar ouder geworden. Een ouder gewas geeft meestal meer en lichtere takken bij een lager totaalgewicht aan productie. Met name bij Teler G, H en I was de lagere productie in 2006 te wijten aan een verouderd gewas.

Ook blijkt uit Tabel 1 de grote verscheidenheid in energieverbruik per teler. Teler C heeft in de eerste 19 weken van 2006 148 MJ/m<sup>2</sup>.week gebruikt terwijl Telers B, D, E, F en G gemiddeld bijna de helft minder gebruikten. Als een regressielijn wordt gemaakt van de productie, uitgezet tegenover het energieverbruik dan kan er ook geen verband worden aangetoond ( $R^2=0,0005$ , Figuur 11). Ofwel, het energieverbruik is bij de negen telers geen indicatie voor de verwachten productie.



Figuur 11 Regressielijn van de gemiddelde productie, uitgezet tegenover het gemiddelde energieverbruik

### 3.4 Het Proces

#### *Communicatie*

Er zijn vier voltallige bijeenkomsten geweest, waarop de deelnemers afspraken konden maken over aanpak en inspanningen. De besluitvorming via flappen op de wand verliep helder en duidelijk. De verslaglegging daarna was goed. Er was kritiek op het (snel dalende) hoge gehalte aan niet-telers. Het aantal bijeenkomsten vóór de werkgroepen apart verder gingen was te hoog. De tweede bijeenkomst was te veel een herhaling van de eerste maar was nodig omdat het project door financieringsproblemen twee keer startte (2004 en 2005). Tussen de tweede en derde startbijeenkomst lag ruim een half jaar. Dit omdat een aanzienlijke infrastructuur moest worden opgebouwd vóór de metingen binnen kwamen. De vierde voltallige bijeenkomst had beter in werkgroepverband plaats kunnen vinden, zelf al had Letsgrow hierdoor haar presentatie over gebruikerstips en aanpassingen twee keer moeten houden.

De informatievoorziening met updates was goed. Vooral de computerbedrijven en Letsgrow en Growlab medewerkers waardeerden deze manier van informatie. Hierdoor konden fricties en misverstanden worden opgelost in een beheersbaar stadium. Ook de financiers en LTO stelden de informatie op prijs en reageerden af en toe op de inhoud. De frequentie van de updates wisselde en was het laatste halve jaar te laag. De telers waren door de bezoeken van hun adviseurs wat minder afhankelijk van deze updates.

Tijdens het project zijn halfjaarverslagen en bijdragen voor de site Syscope geleverd. Deze informatie leidde relatief zelden tot reacties maar is een vast onderdeel van de overeenkomsten met het PT en LNV.

De vergelijkingsbladen van PPO werden gewaardeerd. PPO worstelde met het presenteren van deze gegevens. Uiteindelijk bleek dat het presenteren in de werkgroepbijeenkomsten de beste manier was omdat zo ook effectief contact tussen onderzoekers en telers plaats vond.

De werkgroepbijeenkomsten waren de belangrijkste plaats voor uitwisseling. De adviseurs waren de motoren van de werkgroepen en hadden daardoor ook veel invloed op het functioneren van de groep.

De begeleiding vanuit de rozentelers begon met een constructieve bijeenkomst met de landelijke rozen commissie. De begeleiding vanuit de BCO kwam daarna, ondanks de toegestuurde informatie, niet goed op gang. De drukke agendas en wisselingen in het bestuur maakten dit er niet eenvoudiger op. Het lijkt erop dat teveel werk bij te weinig mensen is gelegd.

*Nut voor de telers, adviesbedrijven en onderzoekers*

De rozentelers konden in de werkgroepen door vergelijken van de gegevens veel en breed van elkaar leren. Er was een groot verschil tussen de groepen 1 en 2, dat samenhang met de gezamenlijke achtergrond van groep twee en de beperkte ervaring van de –ook nog wisselende- leiding van groep één in het werken met groepen. Groep één bleef daardoor minder effectief.

Het gelijktijdig en juist instellen van lichtniveau, CO<sub>2</sub> niveau en kastemperatuur bleef een moeilijk onderwerp. Nog steeds zijn er drie kengetallen en blijft het moeilijk deze met elkaar in verband te brengen. De spinnenwebgrafiek in figuur 10 toont alles in één oogopslag maar vraagt van de lezer drie lijnen in samenhang te beoordelen. Voor het beoordelen van de licht/CO<sub>2</sub>/temperatuur in samenhang is ook een aparte hulpfile aangeboden die echter niet in die vorm voor de telers bruikbaar bleek.

Het tijdstip van krijten, schermen en luchten werd direct met de PAR meting beoordeeld. Dit is een zinvolle manier van werken die sommige telers al kenden en die in de groepen besproken werd. Ook het sturen op planttemperatuur werd bij sommige telers al toegepast en werd in de werkgroepen besproken.

Het onderzoek verwachtte eenduidige gegevens over het optimum CO<sub>2</sub>, licht en kastemperatuur te kunnen leveren. Hier zijn de spinnenweggrafieken en een hulpfile voor gemaakt.

De adviseurs voegden (enkele van de ) kengetallen toe aan hun eigen spreadsheets. Iedere adviseur heeft zijn eigen methoden om gegevens te condenseren tot week of periode gemiddelden. Vaak zit er een goede visie achter de manier van gegevens bespreken waardoor het moeilijk voor de adviseurs wordt de methode te veranderen. Het is vaak aantrekkelijker hun methode uit te breiden met nieuwe gegevens dan om deze om te bouwen.

*Nut voor de andere betrokkenen*

De klimaatcomputerleveranciers hebben inmiddels zelf de gevraagde extra functionaliteit standaard in klimaatcomputers ingebouwd. Enige frictie ontstond toen de werkgroep druk probeerde uit te oefenen om tijdelijke aanpassingen te verkrijgen terwijl de klimaatcomputer leveranciers hier al –voor hen kostbare want al bijna achterhaalde- inspanningen voor hadden verricht.

Letsgrow heeft gedurende het project grote technische verbeteringen door kunnen voeren. Hierbij kon de ervaring uit enkele grote projecten elders worden toegepast. De gegevens zijn snel doorontwikkeld van daggegevens naar 5-minutenwaarden. Dit was ook essentieel om de belangstelling van de telers te behouden. Letsgrow verwacht dat ze kengetallen en filtermogelijkheden zelf kunnen aanbieden en doorontwikkelen. Daarbij kunnen teeltadviseurs in Letsgrow zelf ontworpen kengetallen laten uitrekenen. Letsgrow zal daarbij geen oordeel over de juistheid van kengetallen geven.

De Growlab PAR, CO<sub>2</sub> en planttemperatuurmeters zijn een zinvolle uitbreiding van het arsenaal meters op een tuinbouwbedrijf. Wel blijft de discussie over de herhaalbaarheid. De metingen zijn in enkelvoud en zeer gevoelig voor de meetplek en incidenten.

De geldschieters zien de beoogde energiebesparing bereikt, ook al werkten de hoge energieprijzen dit in de hand. Ook het vervolg is voorlopig gewaarborgd in de vorm van twee rozengroepen en belangstelling vanuit de groentehoek.





## 4 Conclusies en aanbevelingen

In de conclusies wordt aangegeven in hoeverre de doelstellingen zijn gehaald. Daaronder staan interessante nevenconclusies. In de aanbevelingen volgen oplossingen voor geconstateerde problemen.

### 4.1 Conclusies

- Er zijn kengetallen t.b.v. energie-efficiënte teeltsturing en groei opgesteld. Deze kengetallen zijn algemeen toepasbaar voor alle rozentelers. Ze worden gebruikt in werkgroepen met twee andere rassen, Grand Prix en Avalanche. Met geringe aanpassingen zijn de kengetallen geschikt voor andere sierteeltgewassen en de groententeelt.
  - Energieverbruik en productie zijn in dit project onderling onafhankelijk ( $R^2=0,0005$ ) . Het kengetal “energie-efficiëntie” lijkt dan ook geen toegevoegde waarde te hebben naast de kengetallen energieverbruik en productie.
  - Bij de analyses is weinig aandacht besteed aan de opbrengst van de rozen. Weliswaar zijn de taklengte en het takgewicht geregistreerd, maar volgens de deelnemende telers zijn dat niet de allesbepalende factoren voor de prijs. Mogelijk hebben telers die een lage productie hebben gerealiseerd, bedrijfseconomisch toch goed gedraaid.
  - Er blijken meer bedrijfsspecifieke omstandigheden te zijn die vergelijken bemoeilijken. Het ontbreekt aan schema's waarmee alle configuraties voor in en verkoop van brandstoffen, elektriciteit en koolzuurgas in kaart kunnen worden gebracht. Deze schema's bestaan voor grote energie infrastructures als het glastuinbouwgebied Bergerden.
  - Aan de betrouwbaarheid van metingen is voortdurend kostbare overlegtijd besteed. De hoofdreden is dat alle kasklimaatmetingen enkelvoudige metingen betreffen. Toch beschikken de meeste bedrijven over meerdere meters. Het zou dus technisch mogelijk moeten zijn de meters op een tuinbouwbedrijf zelfcorrigerend te maken door een combinatie van periodieke autocalibraties en onderlinge vergelijking bij calibratiemomenten .
  - De hogere lichtbenuttingsefficiëntie in de winter is een onverwachte uitkomst, die nader onderzoek verdient.
  - Een onbeantwoorde vraag is, of belichting in de nacht na dagen met een hoge instraling nog effectief is.
  - Telers hebben behoefte aan momentane waarden, directe reacties en de mogelijkheid deze reacties te automatiseren, vaak door de aanvang en looptijd van een maatregel in te stellen.
  - De etmaaltemperatuur en de verdeling ervan over het etmaal verschillen sterk tussen de bedrijven. Het kan nuttig zijn hier apart onderzoek naar te verrichten.
- Er is in 2006 gemiddeld 7% energie bespaard op bedrijfsniveau.
  - Energieverbruik en productie zijn in dit project onderling onafhankelijk ( $R^2=0,0005$ ) . Het kengetal “energie-efficiëntie” lijkt dan ook geen toegevoegde waarde te hebben naast de kengetallen energieverbruik en productie. Wel is er een mogelijk verband tussen opbrengst (=productie \* prijs) en energieverbruik.
  - Het ontbreekt op veel bedrijven nog aan adequate on line meters voor de aanvoer, afvoer en het verbruik van brandstof, elektriciteit en koolzuurgas. Het is vreemd dat dit ondanks de hoge kosten nog niet altijd kan.
  - Daarna ontbreekt het aan modellen waarmee a) de gewasproductie bij elke combinatie van licht/koolzuurgas en kastemperatuur geschat kan worden, b) de inzet van aanvoer en afvoer van brandstof, electriciteit en koolzuurgas op basis van economische data geoptimaliseerd kan worden. Wel is de nieuw gevormde kasklimaatgroep van Wageningen UR glastuinbouw ivoor specifieke bedrijven zo'n optimum te berekenen.
  - De spreiding op de uitkomsten is enorm groot. Dit lat al zien dat er nog grote onderliggende problemen zijn die opgelost moeten worden.
- Het feit dat de technische omgeving is gerealiseerd is knap. PPO heeft hier een actieve rol in gespeeld

die veel meer tijd en begeleiding kostte dan vooraf geraamd. Hoogendoorn en Priva hebben veel en belangrijke ondersteuning geboden. Achteraf gezien waren de technieken maar net op tijd beschikbaar. Het project kon zo wel een stimulans zijn voor de lopende ontwikkelingen. Zowel Priva als Hoogendoorn leveren sinds enkele maanden uitwisselingsdiensten waarbij bedrijfsgegevens centraal worden opgeslagen (en kunnen worden verstuurd). Ook Letsgrow heeft tijdens en na dit project veel verbeterd aan haar programmas. Het standaard programma is vrijgegeven voor de hele snijbloemen sector en er is een versie Letsgrow Live gelanceerd waarin overzichten en grafieken gemakkelijk beheerd kunnen worden.

- Qua proces verliep het project moeizamer. De betrokkenen hadden moeite met het verschil tussen een netwerk en een excursiegroep. De leiding door PPO was niet altijd helder genoeg. De vele personele wisselingen maakten de communicatie moeizaam. Anderzijds is er een platform gerealiseerd waar telers zich met en tegen elkaar konden meten en lopen de ontwikkelingen door in verschillende groepen. Er zijn nu 3 excursiegroepen die Letsgrow Live gebruiken (Passion, Grand Prix en Avalanche) en drie groepen die Letsgrow standaard gebruiken (Passion Westland, Klazinaveen en Grand Prix-NO Polder).

## 4.2 Aanbevelingen

Kengetallen ontwerpen met de volgende eisen in gedachten:

- *Een kengetal moet problemen kunnen detecteren.* Wanneer een kengetal buiten de normale waarden valt (normen) moet dit een probleem aangeven. Zo geeft het kengetal "Relatieve temperatuur" in vergelijking met de "Gerealiseerde temperatuur" aan of de kasttemperatuur te hoog of te laag is.
- *De normen moeten bekend en aanvaard zijn bij de gebruiker (teler).* Vaak worden normen door de teler zelf bepaald aan de hand van de kengetallen van zijn collega's. Niet alle kengetallen zijn hier echter voor geschikt omdat deze geen rekening houden met de verschillen tussen bedrijfsuitrustingen of teeltstrategieën van de telers. Zo zal een teler die geen elektriciteit kan terugleveren, of maar een kleine warmtebuffer heeft, een hoger energieverbruik hebben dan andere telers. Pas als hij normen heeft voor het energieverbruik bij zijn specifieke bedrijfsuitrusting heeft het kengetal waarde voor hem. Zelfs voor een eenvoudig kengetal als de gemiddelde etmaaltemperatuur is het lastig om normen op te stellen op basis van de kengetallen van collega's. Zo zal een teler wiens teeltstrategie is gericht op veel takken een andere norm voor de etmaaltemperatuur hanteren dan een teler wiens teeltstrategie is gericht op een zware kwaliteit.
- *Als een kengetal buiten de normen valt, moet de gebruiker kunnen ingrijpen.* Soms zijn ingrepen operationeel, zoals het bijstellen van klimaatinstellingen wanneer de gemiddelde kasttemperatuur buiten de normen valt. Soms zijn ingrepen tactisch of strategisch, zoals het aanschaffen van een schermdoek of een warmtebuffer wanneer de energie-efficiëntie te laag is. Indien een kengetal om tactische of strategische redenen buiten de normen valt, werkt een frequente terugkoppeling van dit kengetal frustrerend voor de teler omdat hij niet direct kan ingrijpen. Een strategisch-tactisch kengetal als "energie-efficiëntie" zou dan minder frequent hoeven te worden teruggekoppeld dan een kengetal als operationeel kengetal als de "relatieve temperatuur".
- *De gebruiker moet vertrouwen hebben in het kengetal.* Hiervoor is kennis en/of ervaring nodig met de rekenwijze en vertrouwen in de metingen die aan de berekeningen ten grondslag staan. Een voorbeeld van een ingewikkelde berekening is de "VPD", welke is opgebouwd uit metingen van de planttemperatuur, kasttemperatuur en kasRV. Aangezien iedere meting een kleine afwijking heeft, kan een berekende combinatie van deze metingen tot grote afwijkingen leiden, wat het vertrouwen in de berekening verkleint. Verhoging van het aantal meetpunten kan in dit geval het vertrouwen vergroten.
- *De berekeningen moeten direct na het invoeren van de meetgegevens worden teruggekoppeld.* Een snelle terugkoppeling motiveert de teler om nieuwe gegevens handmatig in te voeren en eventueel onjuiste oude gegevens te corrigeren. Directe terugkoppeling vereist een geautomatiseerde berekening van kengetallen zonder tussenkomst van personen.

De betrouwbaarheid van metingen in de kas verbeteren door automatische calibratieprocedures.

- Hier zou Growlab een rol kunnen spelen omdat in haar nieuwe Growlab Sensiplant concept uitdrukkelijk meerdere draadloze metingen van één grootte, watergehalte, in samenhang worden geëvalueerd.

## Literatuur

- Aaslyng, J.M., Ehler, N., Karlsen, P., Rosenqvist, E., 1999. Intelligrow: a component based climate control system for decreasing greenhouse energy consumption. *Acta Hort.* 507, 35-41.
- Buck, de, A., Buurma, J.S., 2004. Socio-Technisch netwerk rond energiebesparing in de gerberateelt. 41414053, PPO, Naaldwijk, The Netherlands.
- Buwalda, F., Rijdsdijk A.A., Vogelenzang J.V.M., Hattendorf A., Batta, L.G.G., 1999. An energy efficient heating strategy for cut rose production based on crop tolerance to temperature fluctuations. *Acta Hort.*, 507, 117-125.
- Dieleman, J.A., Zwart, de, H.F., 2004. Optimaal besturen van temperatuur en CO<sub>2</sub> op basis van fotosynthese en energie. PRI, Wageningen, The Netherlands.
- Goossens, H., Ruijs, M.N.A., Vermeulen, P.C.M., Breuer, J.J.G., Zwart, de F., Jasperse, H.C., en Kaaij, van der, W., 1997. Energiebesparing door optimaal gebruik van de bedrijfsuitrusting, Rapport 85, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Land- en TuinbouwOrganisatie Nederland (LTO/NTS), Naaldwijk/ Honselersdijk, september.
- Graaf, de, R., Lagas, P., Blok, C., 2005. Energiebesparing met een aangepaste minimumbuisregeling. Praktijkonderzoek bij twee komkommerbedrijven en twee tomatenbedrijven. 41600028 en 41600034, PPO, Naaldwijk, The Netherlands.
- Henten van, E.J., 2001. Monitoring and control of plant growth: state of the art and future perspective. *Nota V 2001-28*, IMAG, Wageningen, The Netherlands.
- Houter, B., Gelder, de, A., Rijpsma, E., Roos, M., Paternotte, P., Zwart, de, F., 2004. Energiebesparing door aangepaste vochtregulatie. 41616017, PPO, Naaldwijk, The Netherlands.
- Körner, O., Challa, H., 2003. Process-based humidity control regime for greenhouse crops. *Computers and electronics in agriculture.* 39, 173-192.
- Körner, O., Challa, H., 2003. Temperature integration and process-based humidity control in chrysanthemum. *Computers and electronics in agriculture.* 01-21.
- Maas, A.A. van der, 1989. Inventarisatie naar de mogelijkheden van (teelt-)begeleidingssystemen in de glastuinbouw, Intern verslag, Proefstation voor de Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, december 1989 (75p)
- Ruijs, M., Reijnders, C., Kempkes, F., Esmeijer, M., 2005. Evaluatie van schermgebruik in de praktijk. Een kwantitatieve en kwalitatieve analyse. Rapport 3.05.01, LEI, Den Haag, The Netherlands.
- Stanghellini, C., Houter, B., Kempkes, F., Blok C., 2005. Analyse van de resultaten van de projecten met betrekking tot energiebesparende vochtregeling. Rapport 438, A&F, Wageningen, The Netherlands.
- Stanghellini C., Blok, Chr., Esmeijer, M., Kempkes, F., 2003. Strategieverkenning verdamping. Verlaagde verdamping als middel om energie te besparen. PPO Publicatie GT13056.
- Uffelen, R.L.M. van, Bakker, R., Raaphorst, M.G.M., 1998. Energiezuinige klimaatbeheersing voor paprika en roos. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Naaldwijk. juli.
- Veenman J., 2005. Eindrapportge planttemperatuur in tomaat. LTO Groeiservice, Rijswijk, The Netherlands.

## Bijlage 1 Correctiefactoren op de lichtmetingen

<i>Bedrijf</i>	<i>minimum</i>	<i>maximum</i>	<i>gemiddelde</i>	<i>bij PAR</i>	<i>meting PAR</i>	<i>correctiefactor plaats</i>	<i>correctiefactor. PAR</i>
1	85	155	117	85	87	1.38	0.98
2	108	132	121	108	97.5	1.12	1.11
3	64	89	81	71.1	59	1.14	1.21
4	86	118	108	102	94	1.06	1.09
5	128	171	155	128	126.2	1.21	1.01
6	132	207	157	132	122.6	1.19	1.08
7	72	108	97	95	84	1.02	1.13
8	76	123	111	76	69.6	1.46	1.09
9	130	156	142	147	145.9	0.97	1.01
10	168	200	187	191	180.5	0.98	1.06
11	130	163	143	160	148.5	0.89	1.08
12	77	119	104	106	96	0.98	1.10

## Bijlage 2 Volledigheid aangeleverde klimaatcomputerdata

WkNr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
200530	100%	0%	0%	100%	0%	0%	14%	0%	0%	100%	0%	0%
200531	100%	0%	0%	43%	0%	43%	100%	0%	0%	100%	0%	0%
200532	100%	0%	0%	0%	49%	0%	100%	0%	0%	100%	51%	100%
200533	100%	0%	71%	100%	80%	0%	99%	43%	71%	100%	100%	100%
200534	100%	0%	78%	100%	95%	71%	91%	0%	86%	100%	29%	91%
200535	100%	0%	100%	100%	100%	100%	86%	0%	87%	100%	100%	100%
200536	29%	0%	96%	100%	100%	100%	0%	0%	25%	100%	93%	93%
200537	14%	79%	86%	100%	57%	100%	0%	0%	0%	100%	100%	100%
200538	14%	100%	86%	100%	57%	100%	0%	0%	0%	100%	100%	100%
200539	14%	96%	100%	29%	100%	14%	29%	0%	0%	100%	8%	100%
200540	14%	100%	86%	0%	100%	100%	100%	0%	0%	100%	50%	100%
200541	14%	86%	100%	14%	86%	100%	100%	40%	0%	15%	0%	100%
200542	14%	99%	100%	29%	100%	48%	99%	76%	0%	0%	0%	100%
200543	14%	100%	100%	29%	100%	0%	100%	0%	0%	28%	67%	100%
200544	14%	100%	86%	14%	86%	62%	100%	0%	0%	15%	100%	100%
200545	14%	100%	100%	14%	100%	100%	97%	20%	0%	1%	100%	100%
200546	14%	100%	86%	24%	100%	100%	97%	0%	0%	14%	100%	100%
200547	0%	100%	100%	100%	100%	100%	97%	0%	0%	1%	100%	99%
200548	14%	100%	100%	20%	100%	100%	96%	0%	0%	29%	100%	100%
200549	14%	100%	100%	86%	100%	100%	100%	0%	0%	15%	100%	100%
200550	14%	98%	0%	43%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	100%	86%
200551	14%	100%	86%	86%	100%	78%	100%	0%	0%	29%	100%	100%
200552	14%	97%	100%	43%	100%	99%	86%	0%	0%	14%	100%	100%
200601	0%	98%	100%	0%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	100%	97%
200602	14%	100%	71%	100%	100%	100%	97%	0%	0%	38%	100%	100%
200603	66%	99%	100%	29%	100%	57%	100%	0%	0%	100%	100%	96%
200604	93%	100%	100%	0%	100%	100%	8%	0%	0%	100%	50%	100%
200605	100%	100%	0%	0%	100%	71%	77%	0%	0%	100%	0%	100%
200606	15%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	100%
200607	71%	64%	0%	14%	0%	43%	100%	0%	0%	100%	0%	100%
200608	100%	0%	0%	100%	0%	100%	100%	0%	0%	43%	88%	100%
200609	100%	0%	0%	14%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	100%	96%
200610	100%	0%	0%	0%	0%	94%	100%	0%	0%	0%	100%	100%
200611	100%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	43%	100%	10%
200612	100%	0%	0%	0%	0%	71%	99%	0%	0%	100%	100%	94%
200613	100%	0%	0%	86%	0%	100%	60%	0%	0%	100%	100%	100%
200614	100%	0%	0%	100%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	99%	100%
200615	100%	0%	0%	100%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	100%	100%
200616	92%	0%	0%	29%	0%	100%	100%	0%	0%	29%	100%	100%
200617	100%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	100%	100%	99%
200618	100%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	100%	100%	100%
200619	100%	0%	0%	100%	0%	100%	100%	0%	0%	13%	100%	99%
200620	100%	0%	0%	29%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	66%	100%

## Bijlage 3 Bedrijfsuitrusting

Teler	Geïnstalleerd vermogen lampen							lichtverlies buizen boven gewas		
	Bruto oppervlak ha	W/m <sup>2</sup>	Vermogen WKK W/m <sup>2</sup>	Aandeel WKK in elektra %	Rendement WKK %	Bufferinhoud m <sup>3</sup> /ha	Rookgasreiniger	Bouwjaar kas	Licht op het gewas %	Licht op het gewas %
a	0,8	57	42	74%	35%	62	N	1987	2.4%	63.9%
b	1,0	87	43	49%	37%	108	N	1992	2.4%	64.0%
c	1,8	76	45	59%	36%	59	J	2002	1.1%	70.9%
d	1,0	93	57	61%	42%	101	J	1990	0.0%	67.1%
e	1,5	73	60	82%	41%	?	N	1994	0.0%	67.4%
f	1,1	95	44	46%	38%	244	J	2003	2.6%	65.7%
g	1,7	83	58	70%	36%	190	J	1991	0.0%	68.5%
h	1,8	95	57	60%	41%	100	N	1992	0.0%	70.2%
i	4,3	135	144	100%	43%	250	J	2002	0.0%	71.6%
j	3,0	70	55	78%	43%	201	J	2004	0.0%	71.2%
k	5,1	62	70	100%	37%	70	N	1975	2.1%	64.2%