

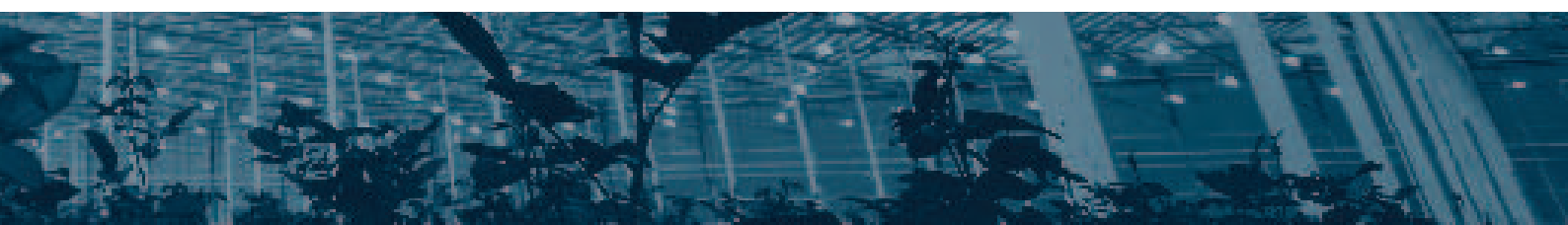


# Energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten

Een rekenplatform voor energie-efficiënte scenario's in de Poinsettiateelt

Fokke Buwalda<sup>1</sup>, Filip van Noort<sup>1</sup>, Bert Houter<sup>1,3</sup>, Jan Benninga<sup>2</sup>, Erik de Rooij<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Wageningen UR Glastuinbouw, <sup>2</sup>LEI, <sup>3</sup>GreenQ (huidige functie), <sup>4</sup>DLV Plant



## Referaat

In het kader van het project Energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten is gewerkt aan een adviesstelsel dat potplantentelers in staat stelt om zelfstandig de energie-efficiëntie van teeltscenario's te evalueren op basis van actuele, bedrijfsspecifieke gegevens. Daarnaast maakt het stelsel het mogelijk om via internet teeltscenario's te delen met teeltadviseurs en binnen bedrijfsvergelijkingsgroepen. Het stelsel is gebaseerd op dynamische gewasmodellen voor Hortensia, Poinsettia en Ficus, en maakt voor het berekenen van kasklimaat en energiestromen gebruik van het rekenmodel KASPRO. Dit rapport beschrijft de werking van het stelsel, de resultaten op 4 bedrijven per gewas, de reacties van de betrokken telers, en een evaluatie van het project. De belangrijkste mogelijkheden om de energie-efficiëntie van een teelt te verbeteren werden gevonden in verbeterde wijderzetschema's en in het toepassen van de principes van 'Het Nieuwe Telen', door met name de temperatuur meer te laten variëren met het licht en het ontwikkelingsstadium van het gewas.

Het project is uitgevoerd in het kader van het innovatieprogramma Kas als Energiebron, en is financieel mogelijk gemaakt door het Productschap Tuinbouw en het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie.

## Abstract

The project Energy Efficient Scheduling of Pot Plant Production was aimed at developing and testing a decision support system for pot plant nurseries. The system allowed growers and consultants to compare the effects of changes in production schedules and climate settings on crop performance and energy requirement. The model-based scenario tool incorporated dynamic crop models for Euphorbia pulcherrima, Ficus benjamina and Hydrangea macrophylla, and the KASPRO model for greenhouse climate and energy balance. The system automatically acquired data from a local weather forecast service, real-time, web-based nursery-specific data acquisition systems and crop registration modules. Web-based data sharing also supported benchmarking between nurseries. The system was tested in field trials, involving four nurseries for each pot plant species. Improvements in energy efficiency of the production process resulted from optimized pot spacing schedules and from temperature strategies incorporating more prominent influences of the season, weather conditions and crop developmental phase.

The project was supported by the Dutch Horticultural Product Board and the Dutch Ministry of Economics, Agriculture and Innovation, and was carried out as part of the Innovation Programme Greenhouse as Energy Source.

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO).

## 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](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	Telerssamenvatting	5
1	Inleiding: energie-efficiënte teeltplanning	7
	1.1 Energie, teelt en bedrijfseconomie in samenhang	7
	1.2 Kennis op de werkvloer brengen	8
	1.3 Keuze pilotgewassen	9
	1.4 Onderzoeksvragen	9
	1.5 Doelstellingen	10
2	Materiaal en methoden	13
	2.1 Onderdelen van het systeem	13
	2.1.1 Rekenmodellen	13
	2.1.2 Gewasmodel	14
	2.1.3 Registratiemodules	19
	2.1.4 Module voor klimaatinstellingen	19
	2.1.5 Bijhouden van realtime gegevens van de bedrijven	19
	2.1.6 Presenteren van resultaten	20
	2.1.7 Economische module	21
	2.1.7.1 Input	22
	2.1.7.2 Rekenblok	23
	2.1.7.3 Output	23
	2.1.7.4 Gebruiksmogelijkheden	25
	2.2 Praktijkproeven op deelnemende bedrijven	25
	2.2.1 Te volgen partijen	25
	2.2.2 Waarnemingen	26
3	Resultaten	27
	3.1 Bedrijfsvergelijking	27
	3.1.1 Teeltresultaat	27
	3.1.2 Houdbaarheid	29
	3.2 Energieberekeningen	30
	3.2.1 Reconstructie achteraf	32
	3.2.2 Relatieve effecten van veranderde instellingen	32
	3.3 Energiezuinige scenario's	32
	3.3.1 Effect van vroeg verduisteren ten opzichte van natuurlijke korte dag	33
	3.3.2 Effect van verlagen stooklijn	34
	3.3.3 Aanpassen wijderzetschema	35
	3.3.4 Laat luchten en sterk verlaagde stooklijn	36
	3.3.5 Samenvatting energiezuinige scenario's	36

4	Discussie	37
4.1	Participatief ontwerpen	38
4.2	Beslissen in een complexe situatie	39
4.3	Planning per partij of op bedrijfsniveau	39
4.4	Bedrijfsvergelijking	40
4.5	Het vertalen van kwaliteit in prijs	40
4.6	Betrouwbaarheid van de rekenresultaten	41
4.7	Terugkoppeling met doelstelling	42
4.8	EZTP en het nieuwe telen	42
4.9	Bruikbaarheid voor andere gewassen	43
4.10	Conclusies	44
4.11	Aanbevelingen	44
5	Referenties	47
Bijlage I	Communicatie	49

# Telerssamenvatting

*In het kader van het project Energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten is gewerkt aan een adviessysteem dat Poinsettiatelers in staat stelt om zelfstandig de energie-efficiëntie van teeltscenario's te evalueren op basis van actuele, bedrijfsspecifieke gegevens. Daarnaast maakt het systeem het mogelijk om via internet teeltscenario's te delen binnen bedrijfsvergelijkingsgroepen en met teeltadviseurs. Dit rapport beschrijft de werking van het systeem, de resultaten op vijf poinsettiabedrijven, de reacties van de betrokken telers, en een evaluatie van het project.*

## Hoofddoel

Dit project had als doel om samen met een representatieve groep telers een beslissingsondersteunend instrument te ontwikkelen en op de deelnemende bedrijven te testen. Het instrument moet op tactisch (planning) en operationeel niveau (teeltmonitoring en real-time beslissingsondersteuning) inzichtelijk maken waar de kansen liggen voor energiebesparing en het energie-efficiënt realiseren van teelt doelstellingen.

## Modelbouw

Het Poinsettiamodel in het EZTP adviessysteem berekent eerst lichtonderschepping afhankelijk van de bladbedekking (LAI), dan fotosynthese, respiratie en (potentiële en gerealiseerde) groei. Van groot belang hierbij is de onderlinge afstand tussen de planten, enerzijds in verband met de concurrentie om licht, anderzijds vanwege de ruimtebenutting en daarmee verbonden de energie-efficiëntie van de teelt. Verder wordt de afsplitsing van internodia dynamisch berekend en wordt de internodiumstrekking bijgehouden, rekening houdend met het bloeistadium. Voor het Poinsettiamodel is ook gekozen voor een rekenmodule die afhankelijk van de source/sinkverhouding van de plant het ontwikkelingstempo ('teeltsnelheid') naar beneden bijstelt. Dit betekent dat, behalve de temperatuursom sinds begin korte dag, ook factoren zoals plantdichtheid, gewicht per plant en lichtniveau (weer, belichting, schermen) invloed hebben op het berekende bloeitijdstip. In deze teelt worden remstoffen gebruikt en daarvoor is een aparte module gemaakt, waarbij de gebruikte remstoffen verschillen in hun effect op de strekking en in het aantal dagen dat de stof actief is.

## Resultaten

- In het teeltschema van Poinsettia is energiewinst te behalen door in de vroege fasen van de teelt op basis van instraling hogere teelttemperaturen toe te laten, en aan het eind van de teelt de temperatuur relatief laag te houden.
- Uit bedrijfsvergelijking bleek dat de deelnemende bedrijven aanzienlijke verschillen lieten zien wat betreft energie-efficiëntie.
- Bij het zelfde energieverbruik per m<sup>2</sup> teeltoppervlak resulteert een hogere plantdichtheid in een vermindering van de hoeveelheid energie per plant. Uit het combineren van teeltregistraties en simulatieresultaten blijkt dat partijen regelmatig te vroeg worden wijder gezet. Door met behulp van het EZTP-systeem de optimale wijderzetmomenten te bepalen zijn gemiddeld enkele procenten energiewinst te behalen.
- Een te dicht plantverband geeft meer strekking, dus meer remmen is dan nodig.
- Voor de beste kwaliteit: niet te hoge plantdichtheid, rustig telen, voldoende licht toelaten.
- Kleinere planten zijn met minder energie per plant te telen dan grote.
- Met een betrouwbare prognose van het eindtijdstip kan worden voorkomen dat op het laatst nog flink moet worden gestookt om een reeds verkochte partij op tijd te kunnen leveren.
- Het bleek vrij veel inspanning en discipline te kosten om op tijd alle benodigde informatie in het systeem in te voeren en de uitkomsten te controleren.

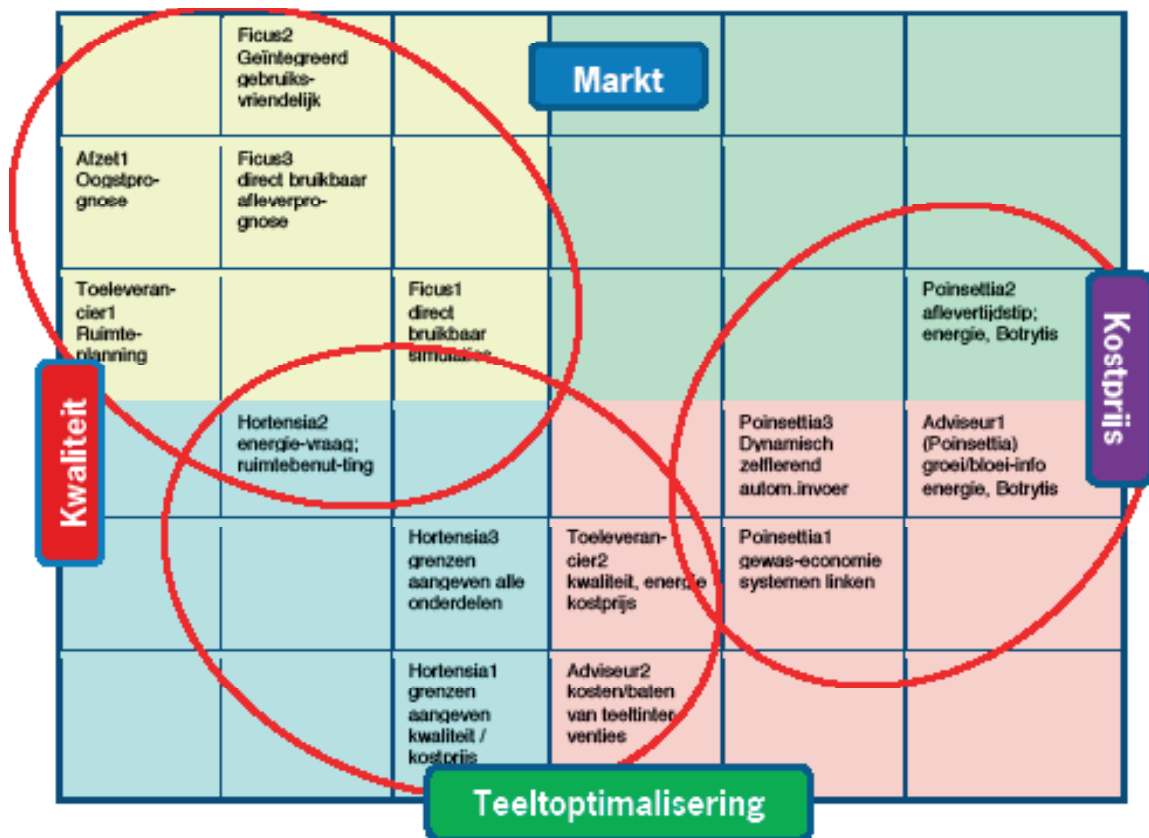
## Conclusies en aanbevelingen

- Energiezuinig telen hoeft niet ten koste te gaan van productie, kwaliteit of bedrijfseconomisch rendement.
- Door het overnemen van de 'best practices' wat betreft energie-efficiëntie die blijken uit bedrijfsvergelijking, het optimaliseren van wijderzetstrategieën en meer 'Het Nieuwe Telen-stijl' klimaatregelen lijkt een structurele afname van het energieverbruik per plant met 20% een realistische verwachting.
- Door modellen voor gewas en kasklimaat/energie te koppelen aan bedrijfskenmerken, actuele meetgegevens en teeltregistraties ontstaat een bruikbaar inzicht in de samenhang tussen energiebehoefte, klimaatregeling, teeltplanning en gewasmanagement. Met het EZTP-systeem is het mogelijk om maatregelen op het gebied van teeltplanning, gewasmanagement of klimaatinstellingen vooraf te evalueren wat betreft effecten op teeltsnelheid, eindkwaliteit en energiebehoefte. Tijdens de teelt kan de realisatie van het teeltplan worden gemonitord. Dit instrument maakt het mogelijk om teelten met elkaar te vergelijken van verschillende kwekers, verschillende jaren etc. Door de inzichten kunnen beter onderbouwde beslissingen genomen worden in de bedrijfsvoering.
- Het EZTP adviesstelsel is op twee manieren te gebruiken: globaal en exact. Een globale berekening op basis van redelijk herkenbare standaardinstellingen geeft een bruikbare indicatie van de relatieve effecten van keuzes op het gebied van teeltplanning, klimaatregeling of gewasmanagement op energieverbruik en energie-efficiëntie van de teelt. Een exacte berekening is alleen mogelijk als alle ingevoerde gegevens qua instellingen, meetgegevens en gewasmanagement precies kloppen. Om dit te bereiken is een aanzienlijke inspanning nodig om systematisch en gedisciplineerd gewasregistraties, gewasmanagement-acties en aangepaste klimaatinstellingen in te voeren, anders heeft het geen meerwaarde ten opzichte van een globale berekening. Verder moet rekening worden gehouden met het feit dat de modellen over het algemeen niet sneller dan 90% verklarende kracht hebben.
- Een belangrijke beperking van het EZTP-systeem is dat het alleen inzicht geeft op het niveau van afzonderlijke partijen. Op de meeste bedrijven staan tientallen partijen, vaak verschillend wat betreft ras en stadium, bij elkaar in een afdeling. Telers zullen niet snel teeltmaatregelen doorvoeren die gunstig zijn voor een bepaalde partij, zolang niet duidelijk is wat de gevolgen zullen zijn voor alle overige partijen in de zelfde afdeling. Om echt bruikbaar te worden zou EZTP dus moeten worden gekoppeld aan planningssystemen voor ruimte, interne logistiek en afzet.
- Er moeten nog meer beveiligingen in het systeem worden ingebouwd om te voorkomen dat de modellen aan onrealistische of onmogelijke scenario's gaan rekenen. Ook moet het systeem duidelijk aangeven waar en wanneer rekenresultaten buiten het domein van bekende gewas- of teeltcondities uitkomen.
- De bewerkelijkheid van het invoeren van teeltgegevens en klimaatinstellingen en het controleren van meet- of registratiegegevens en berekende waarden vormt een belangrijke belemmering voor het breed invoeren van het adviesstelsel. Er zullen waarschijnlijk altijd deskundigen bij betrokken moeten blijven om storingen, fouten of tegenstrijdigheden te kunnen analyseren en oplossen. Deze taken kunnen in principe gedeeltelijk worden geautomatiseerd. Hierdoor zou de bruikbaarheid van het EZTP-systeem belangrijk kunnen worden verbeterd.
- Bij het toepassen van EZTP op bedrijven ligt er een belangrijke rol voor teeltadviseurs die goed bekend zijn met het systeem.
- Met de technische ondersteuning en de inhoudelijke begeleiding van bedrijven zijn kosten gemoed. Voor een duurzame toepassing van EZTP is dus een goed exploitatiemodel nodig. Aan de andere kant heeft de informatie die het systeem oplevert ook een aanzienlijke waarde (bij 10% extra energie-efficiëntie en 5% hogere ruimtebenutting gaat het om tienduizenden euro's per bedrijf per jaar), waardoor deze exploitatie in principe mogelijk is.



# 1 Inleiding: energie-efficiënte teeltplanning

In de potplantensector wordt in toenemende mate planmatig en vraaggestuurd gewerkt. Er is een verband tussen teeltplanning en energie-efficiëntie van het teeltproces. Behalve gewasgroeiprocessen zijn hierbij ook ontwikkelingssnelheid (aflevermoment), ruimtebenutting, voorkoming van ziekten en de totstandkoming van inwendige en uitwendige kwaliteit van belang (Benninga *et al.* 2005). Algemeen wordt verwacht dat de energieprijzen de komende tijd zullen blijven stijgen. Anderzijds nemen de kansen om een goede prijs te realiseren door precies op de marktvraag in te kunnen spelen nog steeds toe. De uitdaging voor potplantentelers is om teeltdoelstellingen zoals productieniveau, productkwaliteit en tijdigheid te kunnen afwegen tegen energiebehoefte en bedrijfseconomische factoren zoals arbeid en ruimtebenutting.



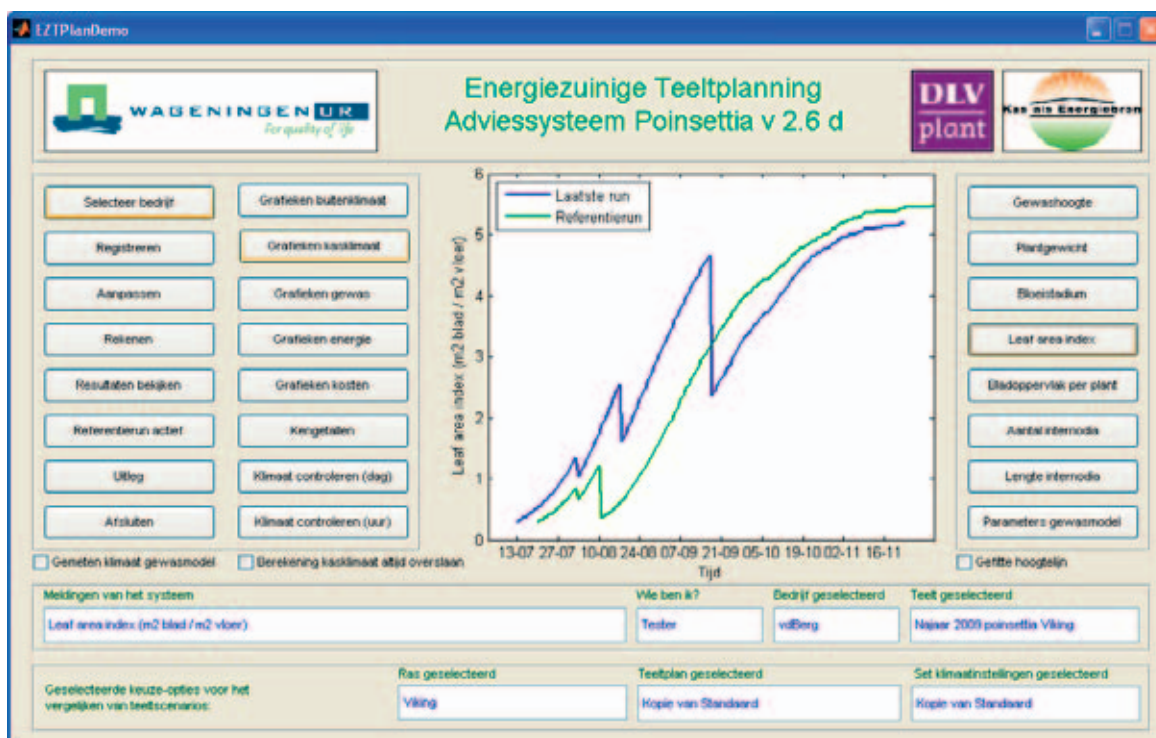
Figuur 1.1. Een voorbeeld van de clustering van resultaten van interviews onder telers, teeltadviseurs en enkele vertegenwoordigers van toeleverende bedrijven. De interviews zijn uitgevoerd in het kader van het vooronderzoek voor het hier beschreven project (Buwalda *et al.* 2009).

## 1.1 Energie, teelt en bedrijfseconomie in samenhang

Uit een in 2007 uitgevoerde interviewronde onder telers en teeltadviseurs is gebleken dat bij potplantentelers juist op het terrein van het bedrijfseconomisch slim combineren van teeltplanning, teeltsturing en energiebesparing een grote informatiebehoefte bestond, waarin nog niet werd voorzien (Buwalda *et al.* 2009; Figuur 1.1.). Uit de innovatiewensen van telers bleek dat er behoefte is aan inzicht in de bedrijfseconomische effecten van verschillende keuzes die een teler kan maken met betrekking tot een bepaalde partij, zoals startdatum, wijderzetschema, datum begin korte dag, toppen, teeltsnelheid en rembehandelingen (Buwalda *et al.* 2009). Duidelijk is geworden dat potplantentelers pas bereid zijn om energie-efficiënte maatregelen daadwerkelijk toe te passen in de teelt als tegelijkertijd ook de gevolgen voor het gewas (kwaliteit, tijdigheid) en de portemonnee (kosten, baten) gewaarborgd zijn.

## 1.2 Kennis op de werkvloer brengen

Het ontwikkelde adviessysteem vult de praktijkkennis van de telers en teeltadviseurs aan met proces gebaseerde kennis in de vorm van dynamische rekenmodellen. Door deze modellen te laten rekenen aan actuele datastromen afkomstig van de bedrijven zelf wordt duidelijk gemaakt wat de kennis die beschikbaar is bij de onderzoekinstellingen te betekenen heeft in de actuele situatie op het bedrijf zelf. Door het adviessysteem op de bedrijven zelf te installeren wordt het mogelijk om antwoorden te berekenen en inzicht te krijgen in de keuze-opties op het moment dat de vraag nog actueel is. Om bijvoorbeeld tijdens een adviesgesprek van een voorlichter op een bedrijf bruikbare ondersteuning te bieden moet het systeem binnen hooguit enkele minuten een rekenresultaat op kunnen leveren.



Figuur 1.2. De grafische gebruikersinterface van het adviessysteem EZTP Poinsettia. Het systeem wordt bediend door middel van muisklikken op knoppen. Er is sprake van een hiërarchische menu-structuur, waarbij de knoppen in de linker kolom het hoofdmenu vormen. Afhankelijk van de gekozen menu-optie wordt de rol van de knoppen in de tweede en derde kolom ingevuld. Het bovenstaande beeld is het ontstaan na twee keer rekenen. Het eerste scenario is opgeslagen als 'Referentierun', daarna is het wijderzetschema aangepast en is opnieuw gerekend. Vervolgens is geklikt op 'Resultaten bekijken' (eerste kolom), 'Grafieken gewas' (tweede kolom) en 'Leaf area index' (derde kolom).

Met behulp van het EZTP-adviesysteem (Figuur 1.2.) kunnen telers de kennis, die in het systeem is ingebouwd in de vorm van rekenmodellen, toepassen om voor hun eigen, specifieke bedrijfssituatie energie-efficiënte én economisch rendabele teeltstrategieën te ontwerpen. Het systeem rekent op partijniveau. Een partij is gedefinieerd als een groep planten die gelijktijdig is opgepot en gedurende de teelt dezelfde bewerkingen ondergaat. Bij elke keer dat een teeltscenario wordt doorgerekend worden in onderlinge samenhang energie en kasklimaat, gewasgroei en ontwikkeling en het economisch resultaat van de betreffende partij berekend. Berekeningen in de planningsfase maken gebruik van fictieve scenario's wat betreft weer, klimaatinstellingen en gewasmanagement. In de loop van de teelt wordt de fictieve informatie geleidelijk vervangen door gerealiseerde waarden. De realisatie van de gekozen strategie kan op die manier worden gemonitord, en in de loop van de teelt kunnen effecten van eventuele bijstellingen in het teeltplan nog worden doorgerekend. Na afloop kan de teelt volledig op basis van gerealiseerde waarden worden geëvalueerd, maar bestaat nog steeds de mogelijkheid om achteraf de effecten van alternatieve keuzes door te rekenen.



Het systeem is dus in staat om allerlei teeltscenario's te berekenen en zo de effecten van maatregelen op korte en langere termijn inzichtelijk te maken. Ook is het mogelijk om informatie en scenario's te delen met een teeltadviseur en onderling te vergelijken binnen studieclubs. Behalve energie, kasklimaat en gewasgroei bevat het adviessysteem bedrijfskundige componenten, waarbij aspecten als ruimtebenutting, arbeidskosten, tijdig kunnen leveren en eindkwaliteit worden meegerekend. De nadruk ligt op een beperkte set van 8 kengetallen (key performance indicators; Tabel 1.1.), met uiteraard wel de mogelijkheid om te bekijken wat de achtergronden van die 8 getallen zijn door middel van real-time grafieken van de bepalende processen (Figuur 2.5., 2.6.). Daarnaast is er een aparte economische module ontwikkeld, die meer gedetailleerde saldoberekeningen op partijniveau kan uitvoeren.

*Tabel 1.1. Een overzicht van de kengetallen (key performace indicators) die het adviessysteem automatisch laat zien als resultaat van een scenarioberekening.*

Berekende waarde	Eenheid
Teeltduur	Dagen
Einddatum	Datum (berekend)
Einddatum volgens teeltplan	Datum (nagestreefd volgens teeltplan)
Ruimtebeslag	Week.m <sup>2</sup> per plant
Benutting zonlicht	Gram droge stof per MJ globale straling
Energieverbruik	MJ per plant (gas en electriciteit samen, zonder WKK)
Energieverbruik	MJ per m <sup>2</sup> kas (gas en electriciteit samen, zonder WKK)
Teeltkosten	€ per plant

### 1.3 Keuze pilotgewassen

In het onderzoek is gekozen voor de pilot gewassen Poinsettia, Hortensia en Ficus. Met deze drie gewassen samen komen de belangrijkste thema's in verband met teeltplanning en teeltsturing in de potplantensector aan de orde: jaarrondteelt, seizoensteelt en trek, groen en bloeiend, kostprijsbeheersing en optimalisatie van productkwaliteit, de efficiëntie van het teeltproces op zich (bijv. lichtbenutting, ruimtebenutting, energie-efficiëntie) en het sturen op eindkwaliteit en afleverdatum. Het onderzoek heeft ongeveer parallel gelopen voor de gewassen Poinsettia (Figuur 1.1.) en Hortensia, en is voor Ficus een jaar later gestart.

Bij de opzet van het systeem is uiteraard rekening gehouden met de eis dat het geschikt zou moeten zijn om berekeningen uit te voeren voor uiteenlopende soorten potplanten. Het ontwikkelde systeem is flexibel en modulair opgebouwd, waarbij met de vertaalbaarheid naar andere gewassen van meet af aan rekening is gehouden. Dus hoewel de pilotgewassen Poinsettia, Ficus en Hortensia teelt op zich slechts 13% van de totale jaaromzet in de Nederlandse potplantensector vertegenwoordigen zullen de resultaten in principe relevant zijn voor de complete potplantensector.

### 1.4 Onderzoeksvragen

Energie-efficiëntie betekent het behalen van een bepaald teeltresultaat bij een efficiënt gebruik van (stook)energie. Deze efficiëntie kan op verschillende manieren worden uitgedrukt: m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup> kas, per plant, per kg geproduceerde biomassa of per verdiende euro. Het is niet zonder meer te zeggen welke manier van uitdrukken beter is dan de andere, omdat ze verschillende aspecten van de bedrijfsvoering benadrukken. Het is in ieder geval van belang om goed te bestuderen hoe het teeltresultaat tot stand komt, en welke invloed teeltmanagement en klimaatregeling daar op hebben. Het rekenmodel Kaspro wordt gebruikt om de energiekosten in de realisatie van elk nagestreefd kasklimaat te berekenen. Meer dan in andere sectoren van de glastuinbouw wordt in de potplantenteelt marktgericht/vraaggestuurd gewerkt. Dit betekent dat de waarde van het product (het eigenlijke teeltresultaat) niet alleen wordt bepaald door een efficiënte groei of lichtbenutting, maar ook door kwaliteit en timing (het juiste product op het juiste moment).

Het is dus erg belangrijk om te begrijpen (1) hoe een Poinsettia groeit, (2) wat bepaalt wanneer de plant het afleverbare stadium bereikt, en (3) welke processen en kenmerken bepalend zijn voor de kwaliteit het eindproduct. In de loop van dit project zijn deze processen en eigenschappen vastgelegd in een gewasmodel, zodat teeltprognoses kunnen worden berekend. De verschillende teeltscenario's kunnen dan worden vergeleken aan de hand van criteria op het gebied van teeltkunde, bedrijfseconomie en energie-efficiëntie.

## 1.5 Doelstellingen

### Hoofddoelstellingen

- Hoofddoel is aantonen dat energiezuinig telen niet ten koste hoeft te gaan van productie, kwaliteit of bedrijfseconomisch rendement.
- Verwacht kan worden dat op korte termijn voor de deelnemende gewassen een energiebesparing van 20% realiseerbaar is (met behoud van kwaliteit) op basis van benchmarking, vergelijken van energie-efficiëntie tussen de deelnemende bedrijven onderling, een efficiëntere teeltplanning en rationalisering van energiegebruik op basis van de inzichten die het systeem oplevert.
- Daarnaast kan het systeem voor een aantal voor de hand liggende teeltmaatregelen zoals verlaagde teelttemperatuur, meer met het weer mee regelen en langer schermen effecten op energiebehoefte en teeltresultaat laten zien. Op middellange termijn mag worden verwacht dat het systeem voor de potplantensector als geheel een energiebesparing tot 40% ten opzichte van de situatie in 2008 mogelijk kan maken. Een deel van deze besparing is direct toe te schrijven aan een meer rationele inzet van fossiele brandstoffen, voor de rest werkt het systeem meer faciliterend omdat het (a) besparingsmogelijkheden zichtbaar maakt en (b) een interactieve gebruiksaanwijzing vormt om energiezuinige strategieën, technieken en bedrijfsmiddelen in de eigen bedrijfssituatie te integreren en optimaal toe te passen.
- Op lange termijn kan het systeem een rol spelen bij het efficiënt aanpassen van de teeltstrategie aan nog te ontwikkelen nieuwe teeltsystemen en technische innovaties. Zo kan het systeem instrumenteel zijn bij het realiseren van het uiteindelijke doel van het programma 'Kas als Energiebron': een klimaatneutrale teelt in 2020, met sterk gereduceerde inzet van fossiele energie (en wie zegt dat het daar ophoudt).

### Technische doelstellingen

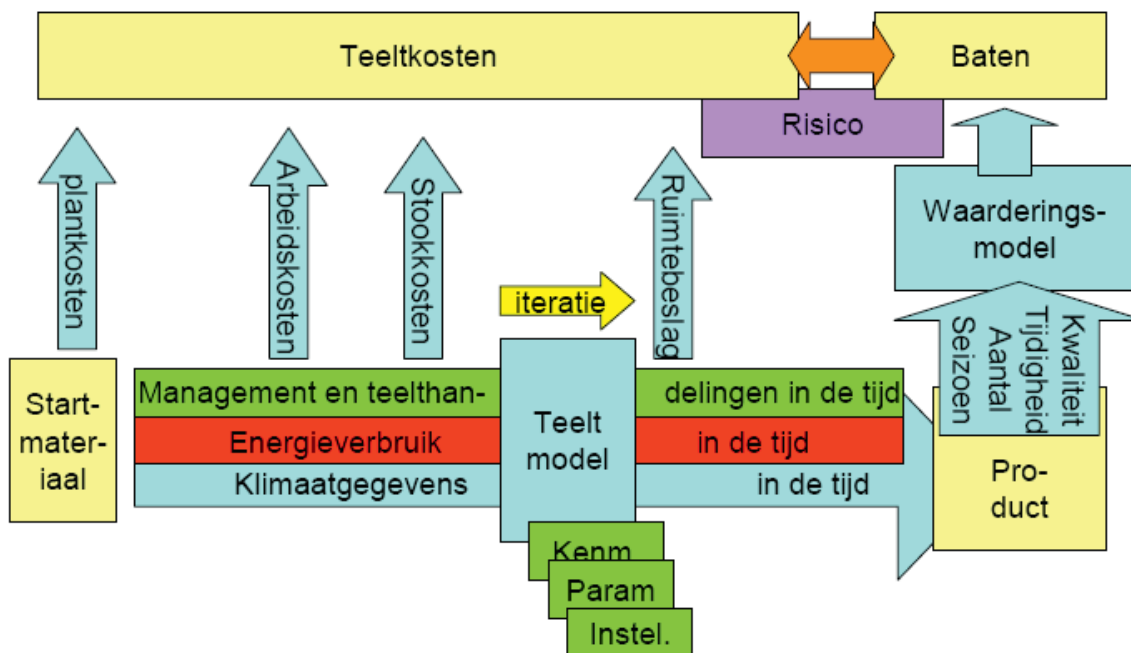
- Real-time verzameling van gegevens uit de klimaatcomputers van de deelnemende bedrijven, sensordata (lokale RV, temperatuur, CO<sub>2</sub>, PAR-licht, bladtemperatuur, watergehalte, EC en temperatuur van de potgrond, ter plaatse gemeten in te monitoren partijen;
- Organiseren van regelmatige gewaswaarnemingen en verzamelen van bedrijfskundige informatie van de deelnemende bedrijven;
- Real-time meerekenen met bovengenoemde gegevens met behulp van energie-, kasklimaat en gewasmodellen (monitorfunctie).
- Uitwisselen van bovengenoemde gegevens en rekenresultaten via Internet; regelmatig voeren van discussie met de deelnemende telers over de lopende teelten en alternatieve opties.
- Integreren van bovengenoemde gegevens en modellen tot een planningssysteem waarmee verschillende teeltstrategieën en scenario's kunnen worden afgewogen (planningsfunctie).
- Te ontwikkelen software en modellen worden generiek en modulair van opbouw met het oog op het bij de tijd kunnen houden van het systeem en op vertaalbaarheid naar andere potplantengewassen en nieuwe teeltconcepten zoals bijv. (semi-)gesloten telen. Waar dat nodig blijkt moeten oude modellen of modelfuncties eenvoudig door nieuwe kunnen worden vervangen.
- Opstellen van teeltplannen en het monitoren van de realisatie daarvan via internet. Regelmatige discussie met de deelnemende telers over de lopende teelten en alternatieve opties.
- Zowel in de scenariofunctie als de monitorfunctie zichtbaar maken van effecten van alternatieve temperatuurstrategieën zoals: temperatuur sterk met het weer mee laten variëren (wordt weer interessant omdat het effect op het realiseren van de teeltdoelstellingen continu in beeld blijft), temperatuurintegratie, DIF, en aangepaste schermstrategieën.
- Evaluatie van de gebruikswaarde van het systeem en gevoeligheidsanalyse.

### Energie-doelstellingen

- Hoewel het systeem in het hier voorgestelde project in eerste instantie voor en met conventioneel werkende bedrijven wordt ontwikkeld, zou het met kleine aanpassingen ook geschikt zijn voor toepassing op bedrijven met geconditioneerde teelt.
- Het systeem zal zo worden opgebouwd dat nieuwe technieken als een optionele uitbreiding kunnen worden toegevoegd (plug-in modules), en dat het efficiënt toepasbaar kan worden gemaakt voor andere gewassen en teeltsystemen, zoals o.a. ook de semi-gesloten kas. Op de middellange termijn zou op die manier 40% besparing voor de hele potplantensector haalbaar moeten zijn.



## 2 Materiaal en methoden



Figuur 2.1. Ontwerp voor het adviessysteem voor Energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten, zoals ontwikkeld in de voorstudie (Buwalda et al. 2009).

Voor de ontwikkeling van het EZTP-systeem is uitgegaan van het ontwerp (Figuur 2.1.) dat tot stand is gekomen in de voorstudie die aan het hier gerapporteerde project vooraf is gegaan (Buwalda et al. 2009). Het centrale idee is dat voorafgaand aan een teelt het te verwachten verloop kan worden berekend aan de hand van beschikbare teeltgegevens, instellingen, voorgenomen gewasmanagement-handelingen en een realistisch weerscenario (SEL-jaar; Breuer en Van de Braak, 1989). Effecten van allerlei keuzes wat betreft instellingen van de kasklimaatregelaar, het wijderzetschema of toediening van groeiregulatoren kunnen op die manier van tevoren worden geëvalueerd. Nadat een keuze is gemaakt kan de teelt van start gaan, en wordt de informatie van het verwachte verloop in het teeltscenario geleidelijk vervangen door gerealiseerde waarden. Berekende groeilijnen kunnen worden vergeleken met ingevoerde gegevens op basis van gewaswaarnemingen. Op elk gewenst moment in de teelt kunnen keuzemogelijkheden voor het resterende deel van de teelt worden doorgerekend en beoordeeld. Na afloop van de teelt kunnen de gemaakte keuzes worden geëvalueerd en kunnen conclusies worden getrokken voor een volgende teelt. Het systeem is bedoeld om te worden geïnstalleerd op Windows-PC's van telers en teeltadviseurs. Via een update-functie worden eventuele nieuwe versies van het systeem automatisch gedownload.

### 2.1 Onderdelen van het systeem

#### 2.1.1 Rekenmodellen

De kern van het systeem wordt gevormd door de koppeling van twee rekenmodellen: KASPRO voor kasklimaat en energie (de Zwart, 1996), en een gewasmodel. Het gewasmodel in het Poinsettiasysteem is in de loop van dit project ontwikkeld, omdat er geen geschikt rekenmodel voor Poinsettia voorhanden was. De bekende graphical tracking methode van Fisher & Heins (2002) is strikt genomen wel een model, maar is voor het doel van dit project te empirisch en niet dynamisch genoeg. Het zelfde geldt voor het model van Snipen, dat ook alleen uitgroei duur berekent (Snipen et al. 1998).

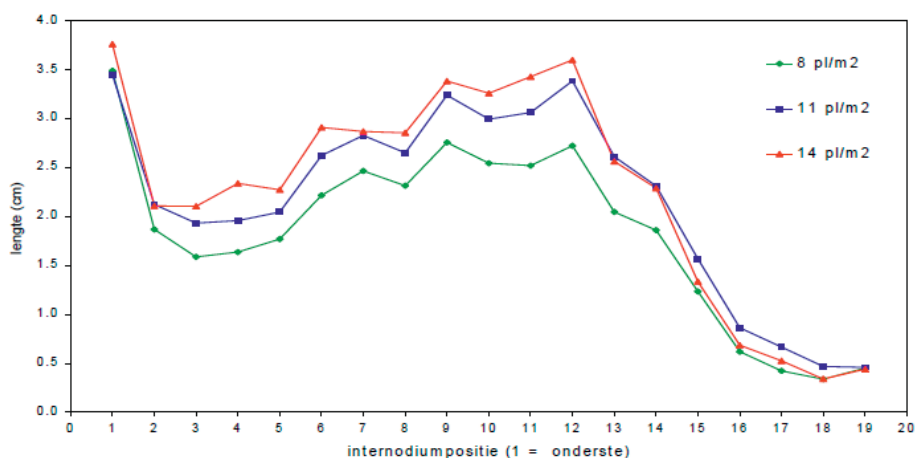
Het systeem is zo gebouwd dat verschillende gewasmodellen eenvoudig kunnen worden ingebouwd. Ook is het simpel om nieuwe versies van KASPRO te installeren in het geval dat in de loop van de tijd verbeteringen aan dat model worden ontwikkeld.

## 2.1.2 Gewasmodel

Een partij Poinsettia wordt bij aflevering beoordeeld op basis van verschillende criteria. De belangrijkste zijn: tijdigheid, Planthoogte, aantal 'koppen' (in het juiste stadium) en de afwezigheid van problemen zoals bladschade, residuen en Botrytis (VBN, 2006)

**Bloeitijdstip** - Poinsettia is een korte dag plant, die pas in bloei komt wanneer de dagelijkse lichtperiode korter duurt dan circa 11 uren. In de zogenaamde 'normaalteelt' wordt gebruik gemaakt van de natuurlijke korte dag in de herfst, waarbij de bloei-inductie eind september op gang komt. Op veel bedrijven wordt met behulp van verduisteringsdoek de bloei-inductie eerder gestart. Vanaf het begin van de korte dag kan het bloeitijdstip worden voorspeld aan de hand van de graaddagensom. Het is echter bekend dat de bloei kan vertragen bij donker weer. Voor het Poinsettiamodel in het EZTP adviessysteem is daarom gekozen voor een rekenmodule die afhankelijk van de source/sinkverhouding van de plant het ontwikkelingstempo ('teeltsnelheid') naar beneden bijstelt. Dit betekent dat, behalve de temperatuursom sinds begin korte dag, ook factoren zoals plantdichtheid, gewicht per plant en lichtniveau (weer, belichting, schermen) invloed hebben op het berekende bloeitijdstip.

**Gewashoogte** - ook planthoogte wordt door ontwikkelingsprocessen bepaald (en daarnaast uiteraard door de pothoogte). Zoals de meeste planten is de stengel van een Poinsettia verdeeld in segmenten, die bestaan uit een nodium met blad en okselknop en een internodium. De totale hoogte boven het potsubstraat wordt bepaald door het aantal internodia en de lengte per internodium. Het aantal internodia wordt bepaald door de bladafplitsing in de groeipunt. De afsplitsing komt uiteindelijk tot stilstand door de bloei. De lengte per internodium is sterk afhankelijk van het ontwikkelingsstadium, waarbij de internodia die ontstaan tijdens de bloei-inductie geleidelijk steeds korter worden (Figuur 2.2.). Het Poinsettiamodel in het EZTP adviessysteem berekent de afsplitsing van internodia dynamisch, en houdt bij de internodiumstrekking rekening met het bloeistadium.



Figuur 2.2. Lengte per internodium bij Poinsettia bij verschillende plantdichtheden (Kromwijk, 2002). De planten werden niet behandeld met groeiregulatoren. De eerst gevormde internodia na het stekken zijn korter (2 t/m 5), evenals de internodiën die na de bloei-inductie zijn gevormd (13 en hoger).

De markt waardeert een plant die qua hoogte/breedteverhouding in evenwicht is. Met name bij hogere teelttemperaturen en hogere plantdichtheden hebben de planten de neiging om relatief te lang te worden. De strekkingsgroei wordt door telers geremd door toediening van groeiregulatoren zoals CCC en soms Bonzi. Het vereist veel vakmanschap om in de loop van de teelt te beoordelen of en wanneer rembehandelingen nodig zijn, en welk middel dan moet worden gespoten.



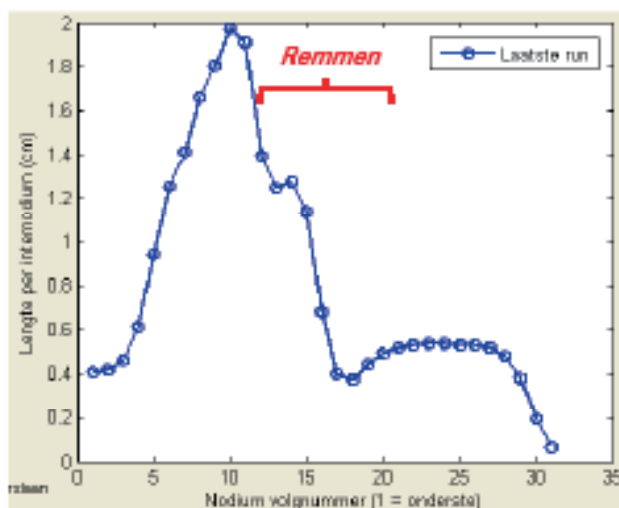
In principe kan het adviessysteem dus een waardevol hulpmiddel zijn bij het beoordelen in welk stadium het nodig is om te remmen. De remstoffen verschillen in hun effect op de strekking en in halfwaardetijd (het aantal dagen dat de stof actief is). In het model wordt aangenomen dat de remstof uitsluitend de strekking beïnvloedt, en geen effect heeft op gewichtstoename of ontwikkelingssnelheid. Omdat het model de strekking van de internodia dynamisch berekent afhankelijk van afsplitsing en ontwikkeling worden de internodia die zich in de actieve strekkingsfase bevinden het sterkst geremd, wat overeenkomt met de werkelijke situatie in de kas. Een internodium is na ongeveer drie weken uitgegroeid en is dan verder ongevoelig voor de toediening van remstoffen. Als de gebruiker inderdaad een prognose van de hoogteontwikkeling wil dan is het uiteraard van groot belang dat informatie over de toediening van groeiregulatoren beschikbaar is voor het systeem. Voor dat doel was een registratiemodule voor remmiddelen onderdeel van het systeem (Figuur 2.3.).

The screenshot shows a software window titled 'RemRegGUI' with the subtitle 'Registratie remmiddelen per partij'. It contains a table with the following data:

Datum	Middel	Concentratie (g / liter)	Volume gespoten (liter)	Behandeld oppervlak (m2)
15-Aug-2009	CCC	10	300	3000
22-Aug-2009	CCC	10	300	3000
24-Aug-2009	CCC	10	200	3000
26-Aug-2009	CCC	10	200	3000
27-Aug-2009	CCC	10	300	3000
29-Aug-2009	CCC	10	300	3000
01-Sep-2009	CCC	10	150	3000
06-Sep-2009	CCC	10	300	3000
07-Sep-2009	CCC	10	300	3000
08-Sep-2009	CCC	10	300	3000
09-Sep-2009	CCC	10	300	3000
10-Sep-2009	CCC	10	300	3000
12-Sep-2009	CCC	10	300	3000
14-Sep-2009	CCC	10	300	3000
16-Sep-2009	CCC	10	300	3000
18-Sep-2009	CCC	10	300	3000
19-Sep-2009	CCC	10	300	3000
22-Sep-2009	CCC	10	300	3000
23-Sep-2009	CCC	10	300	3000
24-Sep-2009	CCC	10	300	3000

Below the table are input fields for 'Datum', 'Middel', 'Concentratie (g / liter)', 'Volume gespoten (liter)', and 'Behandeld oppervlak (m2)', along with buttons for 'Datum', 'Regel toevoegen', 'Regel selecteren', 'Gevoegde regel verwijderen', 'Verwijderen', 'Annuleren', 'Uitlog', 'Opslaan', and 'Afsluiten'.

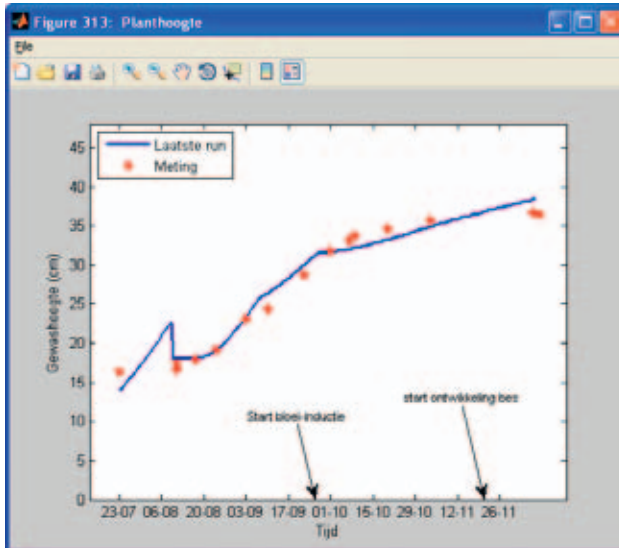
Figuur 2.3. Registratiescherm voor remmiddelen in het adviessysteem EZTP Poinsettia.



Figuur 2.4. Berekende lengte per internodium. In de periode dat nodium 12 t/m 22 werden gevormd is intensief geremd met Cycocel.

In Figuur 2.4. is te zien dat de lengte per internodium vooral in het middengebied duidelijk afwijkt van het verloop bij ongeremde planten (Figuur 2.2.). Zonder ingevoerde remdoseringen zou er weinig verschil zijn.

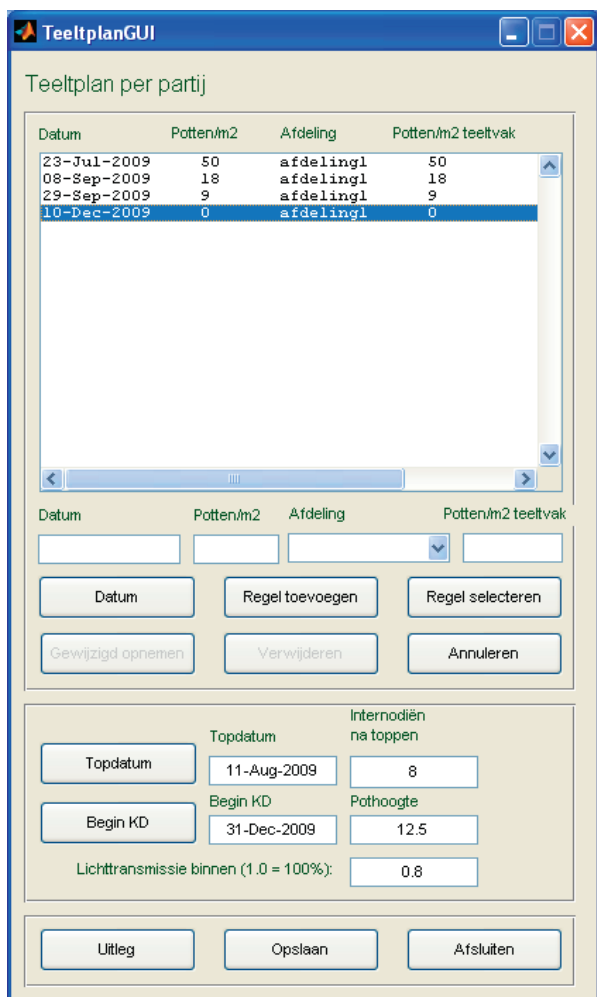
Uiteraard is het ook nodig om in de loop van de teelt de hoogteontwikkeling van de plant als geheel te kunnen monitoren. Om de berekende hoogte te kunnen vergelijken met de feitelijke situatie in het gewas kan de gebruiker de gemeten lengte registreren (Figuur 2.5.)



Figuur 2.5. Berekende hoogte van de hele plant inclusief pot (blauwe lijn), plus ingevoerde registraties van lengtemetingen in het gewas (rode sterretjes). De plotselinge vermindering van de lengte op 8 augustus is veroorzaakt door het toppen.

**Plantgewicht en groei** - Behalve ontwikkelingsprocessen zoals bladafplitsing, uitgroei en strekking van plantendelen, bloei-inductie en -realisatie is ook groei (gewichtstoename) van groot belang. Als groei en ontwikkeling goed op elkaar afgestemd zijn, ontstaat over het algemeen het gemakkelijkst een aantrekkelijk product. Groei is vooral afhankelijk van licht en CO<sub>2</sub>, ontwikkeling van temperatuur. Klimaatregelacties zoals stoken, schermen, CO<sub>2</sub> injecteren en ventileren hebben direct invloed op deze factoren. Daarnaast is beheersing van de luchtvochtigheid van belang in verband met het risico op Botrytisaantasting. Ook zijn dit typisch de regelacties die het energieverbruik van de kas bepalen. Vanwege de directe invloed op groei, ontwikkeling, afleverdatum en kwaliteit zijn dit ook de factoren die het teeltresultaat bepalen, en daarmee dus ook de energie-efficiëntie van de teelt.

Het gewicht per plant in de loop van de teelt werd berekend met behulp van een dynamisch (source/sink) groeiemodel. Het model berekent eerst lichtonderschepping afhankelijk van de bladbedekking (LAI), dan fotosynthese, respiratie en (potentiële en gerealiseerde) groei. Van groot belang hierbij is de onderlinge afstand tussen de planten, enerzijds in verband met de concurrentie om licht, anderzijds vanwege de ruimtebenutting en daarmee verbonden de energie-efficiëntie van de teelt. Figuur 2.6. laat de registratiemodule voor het teeltplan zien, inclusief het wijderzetschema, de eventuele verplaatsing per teeltfase, begin korte dag en het toppen.



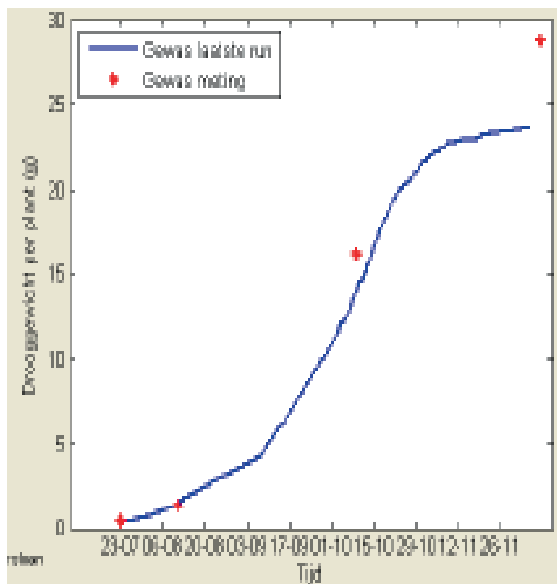
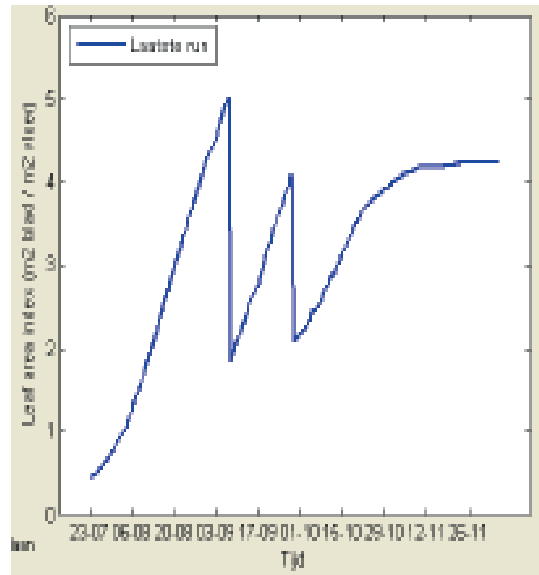
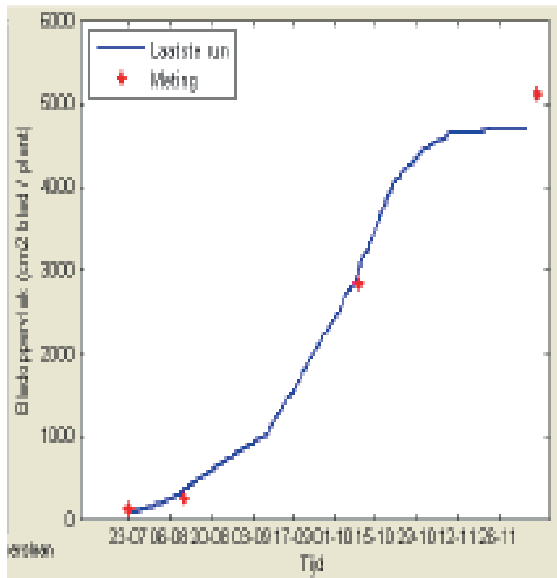
Figuur 2.6. De teeltplanmodule van het adviessysteem voor Poinsettia. In het bovengedeelte wordt het wijderzetschema ingevoerd, waarbij het geplande einde van de teelt wordt aangegeven als 0 potten/m<sup>2</sup>.

De knoppen en invulvelden in het middengedeelte dienen voor het invoeren of aanpassen van regels. De regels worden automatisch chronologisch geordend.

Per fase kan desgewenst een andere afdeling worden ingevuld (kolom 3). Bij de berekeningen gaat het systeem per fase uit van het gemeten of berekende kasklimaat van de afdeling die in het teeltplan staat aangegeven.

In het onderste deel kunnen teeltspecifieke details worden ingevuld. De gegevens worden zowel lokaal worden opgeslagen als ook op een webserver, zodat ze beschikbaar zijn voor de teeltadviseur en de overige leden van de bedrijfsvergelijkingsgroep.

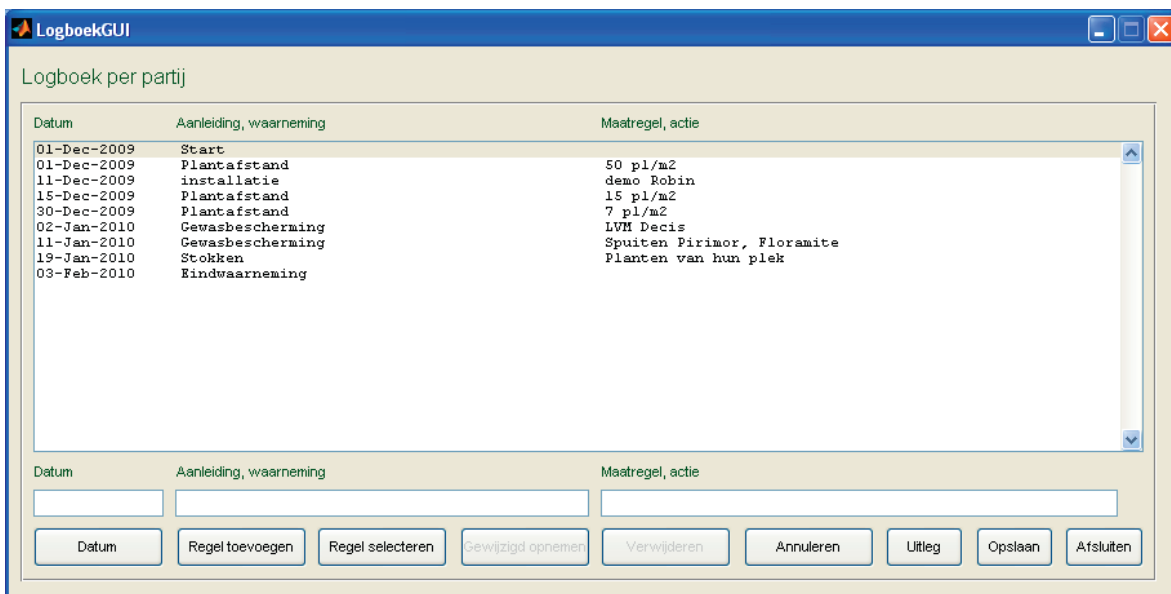
In Figuur 2.7. is een typische curve van de ontwikkeling van bladoppervlak per plant weergegeven. Onder invloed van het wijderzetschema schommelt de bladbedekking (LAI) tussen 2 en 4 m<sup>2</sup> blad per m<sup>2</sup> kas (Figuur 2.8.). Dit resulteert samen in de ontwikkeling van het plantgewicht die te zien is in Figuur 2.9., waarbij het ruimtebeslag bij een teeltduur van 137 dagen uitkomt op 1.37 week.m<sup>2</sup> per plant.



Figuur 2.7. (links boven) Typisch verloop van het bladoppervlak ( $\text{cm}^2$  per plant) berekend (blauwe lijn) en gemeten (rode sterretjes).

Figuur 2.8. (rechts boven) Verloop van de bladbedekking in de tijd ( $\text{m}^2$  blad per  $\text{m}^2$  bodem) in de tijd. De sprongen in de lijn op 8 en 29 september worden veroorzaakt door het wijderzetten.

Figuur 2.9. (links onder) Verloop van het plantgewicht (g droge stof per plant) berekend (blauwe lijn) en gemeten (rode sterretjes).



Figuur 2.10. De logboekfunctie van het systeem. De ingevoerde informatie wordt automatisch chronologisch weergegeven.

### 2.1.3 Registratiemodules

Daarnaast bevat het systeem modules voor het bijhouden van allerlei teeltgegevens een teeltlogboek (Figuur 2.10.) en voor het registreren van gewaswaarnemingen. Ook is er een module waarin kan worden aangegeven in welke periode de mobiele meetset, die bij een partij kan worden geplaatst om op gewasniveau het kasklimaat te meten (Figuur 2.11.), in welke afdeling is geplaatst.



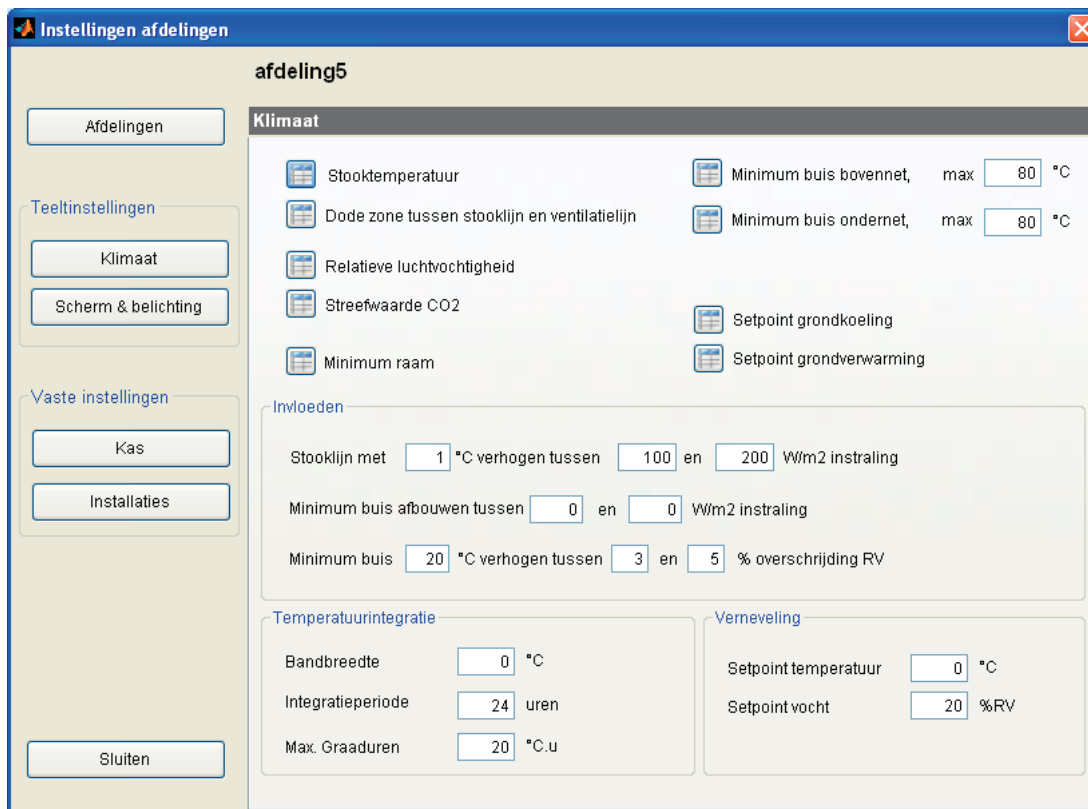
*Figuur 2.11. Overzicht van de meetveldjes met daarbij geplaatst de I4all mobiele meetsets. De te volgen partijen werden zorgvuldig in het juiste plantverband gehouden en omringd door randplanten van een vergelijkbare partij (zelfde ras en plantdatum).*

### 2.1.4 Module voor klimaatinstellingen

Voor het Kaspro-model is een aparte module ontwikkeld waarin per afdeling de klimaatinstellingen kunnen worden beheerd en de eigenschappen van de kas kunnen worden ingevoerd (Figuur 2.12.). Het scala aan instelvariabelen en invloeden voor verschillende tijdvakken per etmaal is vrijwel even uitgebreid als in gangbare klimaatcomputers. De instellingenmodule is in één opzicht zelfs meer uitgebreid, omdat namelijk ook het verloop van de instellingen gedurende de teeltperiode moet worden ingevoerd. Alleen op die manier kan Kaspro het kasklimaat en energieverbruik van een hele teelt correct berekenen. Een kopie van de file met instellingen wordt via een FTP-server gedeeld met de overige leden van de bedrijfsvergelijkingsgroep.

### 2.1.5 Bijhouden van realtime gegevens van de bedrijven

De rekenkern van het EZTP-systeem was via internet gekoppeld aan een real-time data-acquisitiesysteem (Figuur 2.13.). In dit project werden gegevens uit klimaatcomputers van de deelnemers eerst geëxporteerd naar de internet-database van LetsGrow.com, evenals de meetgegevens van de I4all mobiele meetsets die bij de te volgen partijen waren geplaatst. Een speciale PC van WUR-Glastuinbouw in Wageningen haalde per teelt de relevante gegevens uit deze database en zette ze op een webserver klaar voor het EZTP-systeem. De beschikbaarheid van gegevensbronnen werd gereguleerd via een set van toegangsrechten. Ten behoeve van verschillende projecten konden specifieke gebruikersgroepen worden geconfigureerd. De telers binnen de gebruikersgroepen konden elkaars gegevens bekijken, maar alleen hun eigen gegevens aanpassen. Deelnemende teeltadviseurs en onderzoekers konden gegevens van alle bedrijven aanpassen en uploaden zodat ze voor de hele gebruikersgroep beschikbaar waren.



Figuur 2.12. Het interactieve instellingenscherm voor het rekenmodel Kaspro.



Figuur 2.13. Een overzicht van de datastromen binnen het advies-systeem.

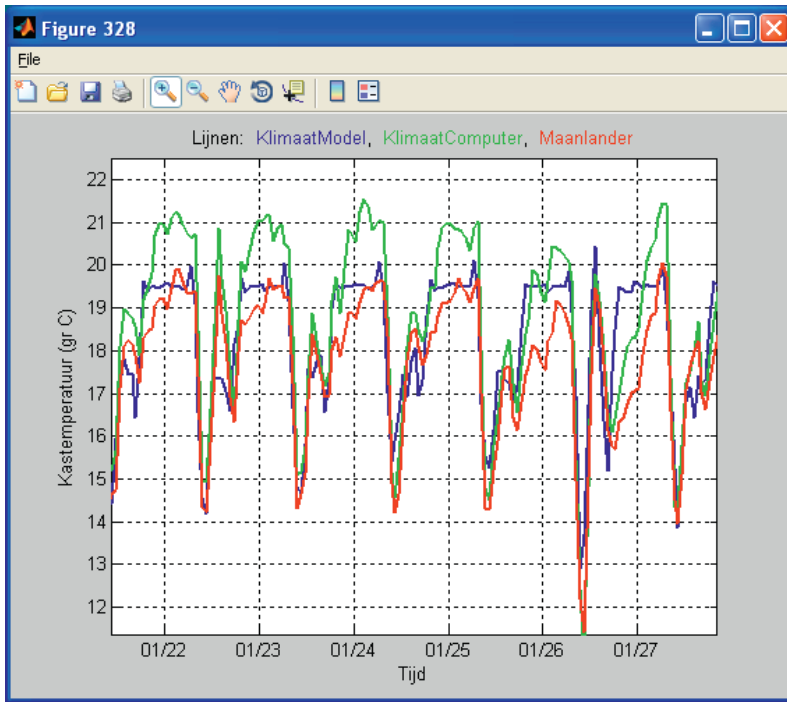
Gegevens worden opgehaald uit de klimaatcomputers op bedrijven en uit mobiele meetsystemen in het gewas en bewaard op de dataserver van LetsGrow.com

De gegevens worden bewerkt door een WUR-computer en klaargezet om te worden gebruikt door de lokaal draaiende adviesystemen op de deelnemende bedrijven.

## 2.1.6 Presenteren van resultaten

Het EZTP-systeem is uitgerust met uitgebreide grafische mogelijkheden voor het zichtbaar maken van resultaten (Figuur 2.14., 2.15.). Uitgangspunt hierbij is het streven naar maximale verifieerbaarheid door het gelijktijdig in beeld brengen van gegevens uit verschillende bronnen, zoals klimaatcomputer, mobiele meetset en de rekenmodellen, of registratiegegevens van verschillende bedrijven.





Figuur 2.14. Het systeem bevat uitgebreide mogelijkheden tot het zichtbaar maken van gegevens van verschillende herkomst. Deze grafiek toont de gemeten waarden voor de kastemperatuur uit de klimaatcomputer (groen), een mobiele meetset (I4all) in het gewas, en de door Kaspro berekende waarde (blauw). Het is mogelijk om in- en uit te zoomen en langs de tijd-as te scrollen. Regelmatig blijkt dat het meetsignaal uit de mobiele meetset behoorlijk kan verschillen van dat uit de meetbox van de klimaat-computer.

	Laatste teelt	Referentie-teelt
Berekende teelduur (dagen)	74	122
Berekende datum klaar	17-Oct	04-Dec
Datum klaar volgens teeltplan	09-Dec	09-Dec
Ruimtebeslag (week.m2 / plant)	0.53	1.27
Benutting zonlicht (gDW/MJ glob. stral.)	0.2	0.3
Energieverbruik (MJ / plant)	9.8	37.1
Energieverbruik (MJ / m2 kas)	122.4	304.5
Teeltkosten (euro per plant)	1.09	1.51

Figuur 2.15. Na elke simulatie toont het EZTP-systeem een tabel met kengetallen op basis waarvan de teelt snel kan worden beoordeeld. Het systeem biedt de mogelijkheid om een bepaald rekenresultaat 'vast te zetten' als referentierun, waarmee vervolgens alle latere resultaten worden vergeleken.

## 2.1.7 Economische module

Gelijktijdig met het programma dat klimaat, energie en teelt berekende is een aparte economische module ontwikkeld. Doel van deze module was om meer inzicht te krijgen in kosten en baten van verschillende teeltstrategieën. Vooralsnog is het niveau waarop EZTP van toepassing is, het partij niveau. Een partij is gedefinieerd als een groep planten die ongeveer gelijktijdig is opgepot en gedurende de teelt dezelfde bewerkingen ondergaat. In de economische module wordt het economisch resultaat van de betreffende partij bepaald. Dit gebeurt aan de hand van de berekening van verschillende kengetallen, die in de paragraaf model-output zijn behandeld. Behalve een gedetailleerde analyse van alle aspecten van de teeltkosten is voor dat doel ook een module voor prijsprognose ontwikkeld, afhankelijk van plantkenmerken en aanvoerweek. De economische module is bedoeld om te worden verbonden met het klimaat/energie/teelt rekenmodel via het uitwisselen van databestanden. Daarnaast krijgt de economische module gegevens via het invoerblok van partijgegevens.

### 2.1.7.1 Input

De inputstroom voor de economische module komt enerzijds van het inputblok van partijgegevens en anderzijds van de teeltmodule (berekende waarden). Daarnaast zijn voor de berekening specifieke gegevens nodig. Deze worden in eerste instantie uit een databank gehaald, maar kunnen door de gebruiker worden overschreven.

#### Opzet data bank

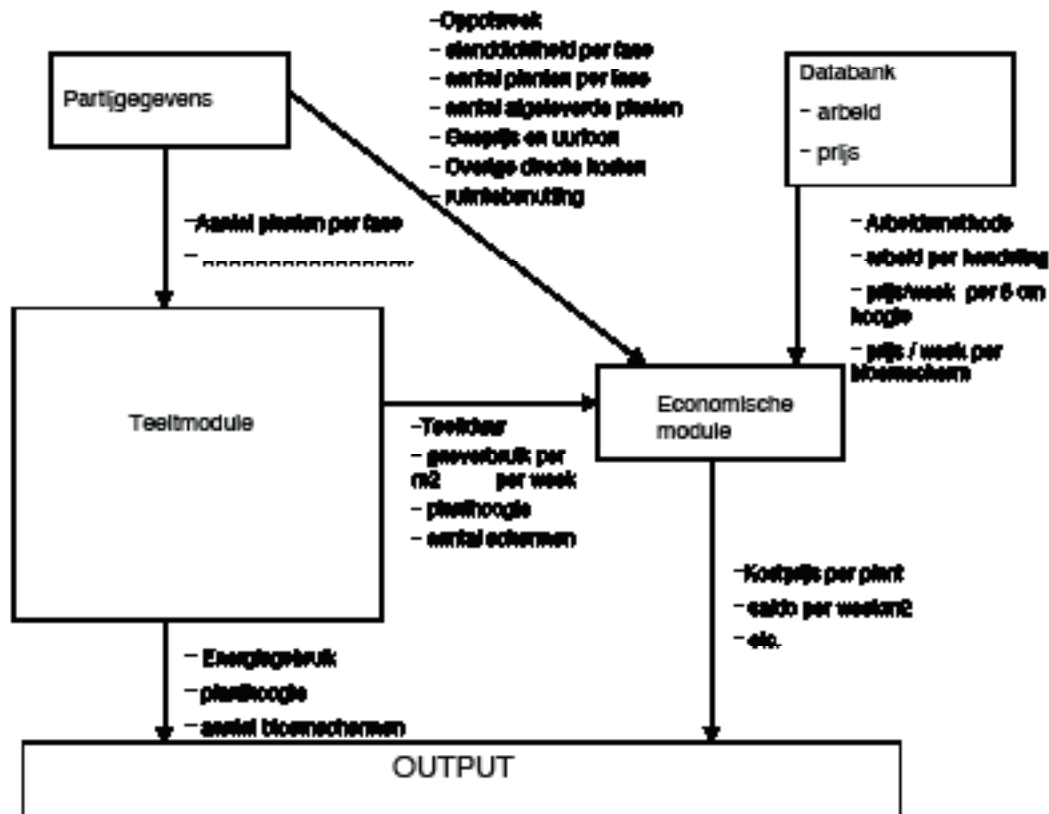
##### 1. Prijschatting

Om te corrigeren voor weekinvoer, is de index bepaald op basis van de gemiddelde prijs per jaar per potmaat. De algemene prijsindex per product per week zit in de databank (bron: Flora Holland; 2006, 2007 en 2008). De prijs wordt bepaald door middel van een functie waarbij de prijs wordt verklaard door de potmaat, de planthoogte en of het aantal bloemschermen. Tenslotte wordt deze prijs gecorrigeerd met de weekindex, die bepaald is door de afzetweek. De prijs kan ook direct door de gebruiker worden ingevuld.

De volgende formules zijn gebruikt:

$$\text{Poinsettia: } F(p) = -0,982 + 0,136 * \text{aantal bloemschermen} + 0,107 * \text{potmaat} + 0,085 * \text{planthoogte/potmaat}$$

Dit zijn schatters gebaseerd op veilinggegevens.



Figuur 2.16. Schematische weergave van de plaats van de economische module in het EZTP model. De economische module bestaat uit drie blokken: input, reken en output blok.

##### 2. Benodigde arbeid

De arbeid is in de databank gekoppeld aan de arbeidsmethode per teelthandeling.

Deze arbeidsmethoden dienen door de gebruiker ingevoerd te worden als deze gebruik wil maken van deze databank functie. De arbeid per teelthandeling kan ook direct door de gebruiker ingevuld worden (minuten per 1000 planten).

### Formules (van Rijssel 1993):

Handeling	Tijdsbeslag per teelthandeling (minuten per 1000 planten)
Oppotten	$F(A) = (5,32 + 0,24 * \text{afpakken} + 0,20 * \text{overzetten}) * 10$
Wijderzetten	$F(A) = (-1,64 + 0,09 * \text{uitzetten} + 0,04 * \text{transportafstand} + 0,47 * \text{potmaat}) * 10$
Afleveren	$F(A) = (-88,4 + 19,5 * \text{potmaat} + 15,5 * \text{grootte oogstploeg} + 0,34 * \text{oppakken pot} * 1,7 * \text{oppakken tray})$

### Verklaring:

#### Oppotten

- Afpakken: het aantal keren dat er over wordt gedaan om 100 potten op te pakken en weg te zetten. Bijvoorbeeld met een oppakvork worden 8 planten per keer van de transportband gepakt. De in te vullen waarde is dan  $100/8 = 12,5$ .
- Overzetten: alleen van toepassing als planten eerst in tray worden gezet dan worden getransporteerd en dan worden uitgezet. Dit komt in de praktijk eigenlijk niet meer voor, dus meestal wordt hier nul ingevuld.

#### Wijderzetten:

- Uitzetten; het aantal keren dat er over wordt gedaan om 100 potten op te pakken en weg te zetten.
- Transport afstand; het aantal transport meters voor 100 planten
- Voorbeeld: planten worden m.b.v. heftruck opgepakt (150 per keer) en worden dan over gemiddeld 150 m getransporteerd. De in te voeren afstand is dan  $100/150 * 150m = 100$  m.
- Potmaat; de opgegeven potmaat bij afleveren.
- Afleveren
- Oogstploeg; de grootte van de oogstploeg, inclusief verwerking in de schuur, het gereed maken van karren etc.
- Oppakken pot; het aantal keren dat er over wordt gedaan om 100 potten op te pakken en weg te zetten.
- Oppakken tray; Is van toepassing als de potten na de eerste keer oppakken nog een keer worden gapakt; veelal staan de potten dan in een tray maar dat hoeft niet het geval te zijn; is het aantal keren dat er over wordt gedaan om 100 potten op te pakken en weg te zetten; indien de potten één keer in handen worden genomen hier de waarde nul invullen.

#### Koppeling met de teeltmodule

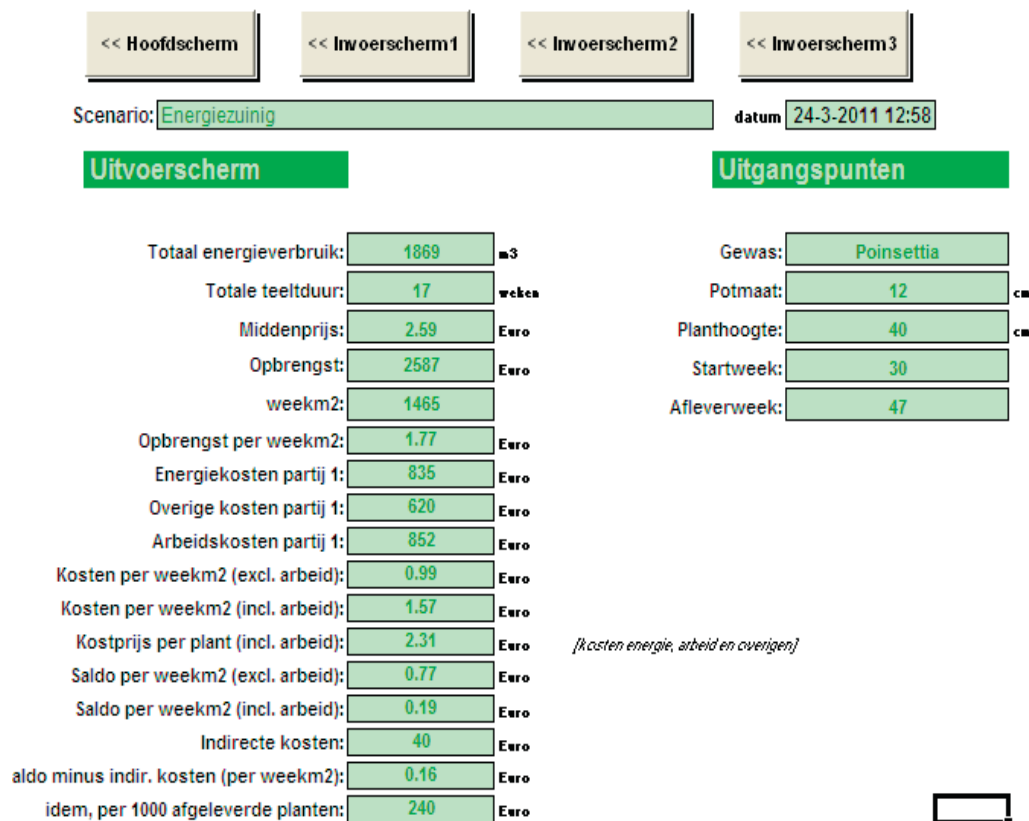
De koppeling met de teelt module vindt plaats via gegevens die vanuit de teeltmodule worden weggeschreven in een datafile. Deze gegevens kunnen door de economische vanuit deze files worden ingelezen.

#### 2.1.7.2 Rekenblok

De economische module is geprogrammeerd in Excel met als achterliggende programmeertaal Visual Basic. Dit houdt in dat de gebruikers mogelijkheden aan Excel gekoppeld zijn. Het houdt ook in dat de module gebruikt maakt van de mogelijkheden die Excel biedt wat betreft macro's e.d.

#### 2.1.7.3 Output

De output van de economische module dient het economische resultaat van een partij zo volledig mogelijk weer te geven. De structuur die hier in zit volgt de gedachte van stapsgewijze verfijning. De belangrijkste aspecten zijn weergegeven in de vorm van een zogenaamd economisch kengetal. Drie kengetallen staan centraal.



Figuur 2.17. Het output-scherm van de economische module.

Toelichting saldo (1) (exclusief kosten arbeid) en saldo (2) (inclusief kosten arbeid)

1. Saldo per week m<sup>2</sup> (1)
  - a. Opbrengst per weekm<sup>2</sup>; bestaat uit opbrengst per 1000 planten (prijs) maal het aantal afgeleverde planten van de betreffende partij,
  - b. de directe kosten exclusief de kosten voor arbeid en de weekm<sup>2</sup> die gebruikt zijn voor 1000 planten.
2. Saldo per weekm<sup>2</sup> (2)
  - a. Opbrengst per weekm<sup>2</sup>; bestaat uit opbrengst per 1000 planten (prijs) maal het aantal afgeleverde planten van de betreffende partij,
  - b. de directe kosten inclusief de kosten voor arbeid en de weekm<sup>2</sup> die gebruikt zijn voor 1000 planten.
3. Saldo inclusief de kosten van duurzame productiemiddelen

Een belangrijk kengetal in de output is het saldo per week.m<sup>2</sup>. Hierbij wordt verondersteld dat week.m<sup>2</sup> door het jaar heen eenzelfde waarde vertegenwoordigen. Dit hoeft in werkelijkheid niet het geval te zijn. Daarom is een extra kengetal toe gevoegd, n.l. een saldo waarbij de waarde van de benodigde week.m<sup>2</sup> in het saldo wordt verdisconteerd (saldo is opbrengst minus directe kosten). Feitelijk is dit de waarde van de duurzame productiemiddelen per week.m<sup>2</sup>. Duurzame productiemiddelen zijn kassen verwarmingsbuizen, teeltsysteem etc. Deze kosten worden toegerekend via de benodigde week.m<sup>2</sup> van een partij. De waarde per week.m<sup>2</sup> kan per week variëren. Theoretisch kan dit op twee wijzen worden benaderd:

- a. Vanuit de kosten (investeringslasten); er kan alleen variatie in waarde per week.m<sup>2</sup> optreden als er meerdere teeltsystemen (kassen) worden onderscheiden, waarin een partij staat
- b. Vanuit de potentiële opbrengst gedachte; Vanwege de marktsituatie levert een week.m<sup>2</sup> in kwartaal 4 meer op dan in kwartaal 3. Echter om in kwartaal 4 te kunnen leveren moet een beroep worden gedaan op m<sup>2</sup> in kwartaal 3. Veel bedrijven hebben vooral in de zomermaanden moeite hun oppervlakte vol gepland te krijgen en zouden daarom een lagere waarde aan week.m<sup>2</sup> in de zomer willen toekennen. Voor beide argumenten is wat te zeggen.

#### **2.1.7.4 Gebruiksmogelijkheden**

De gebruiksmogelijkheden van de economische module hangen samen met het gebruik van het EZTP model. Daarnaast kan de economische module afzonderlijk gebruikt worden. Hier volgen voorbeelden van concrete vragen die met EZTP of de economische module afzonderlijk doorgerekend kunnen worden.

1. Aanpassing kasklimaat met als doel vermindering energie behoefte bij een minimaal zelfde kwaliteit eindproduct; is typisch een probleem voor EZTP als geïntegreerd model.
2. Alternatief wijderzetschema, bijvoorbeeld één keer vaker wijderzetten, gecombineerd aan een minder arbeidsintensieve methode; verwacht worden diverse effecten, zoals op kwaliteit, ruimtebehoefte en arbeid.
3. Minder luchten en daarmee minder stoken voor CO<sub>2</sub> dosering.
4. Na oppotten eerst halve kap leeg laten liggen en na eerste keer wijderzetten kap volzetten.
5. Alternatieve arbeidsmethoden toepassen.
6. Vergelijking verschillende productiesystemen.

## **2.2 Praktijkproeven op deelnemende bedrijven**

Het systeem is ontwikkeld en getest in samenwerking met vijf kwekerijen:

Kwekerij Koningsrust in Maasland  
Kwekerij M. Vijverberg in Maasland  
Kwekerij T&M van den Berg in Est  
Hovaria in Bommel (Bergerden)  
Kwekerij A. Baas in Ens

De bedrijven werden regelmatig bezocht door onderzoekers/teeltadviseurs van DLV Plant. Regelmatig werden ook bijeenkomsten georganiseerd om de voortgang van de constructie van het adviessysteem met hen te bespreken. Door technische problemen is het uiteindelijk helaas niet gelukt om daadwerkelijk met partijen van Baas mee te rekenen.

### **2.2.1 Te volgen partijen**

Poinsettia is een seizoensproduct met een duidelijke einddatum. Het product moet voor de kerst klaar en verkocht zijn. Het product wordt opgekweekt uit stek en die stekken worden in de meeste gevallen getopt en na uitgroei van de scheuten wordt gebruik gemaakt van korte dag om de planten in bloei te trekken. De verduistering kan plaats vinden met zwarte schermen of er kan gebruikt gemaakt worden van natuurlijke korte dag. Eén van de kwekers teelde Poinsettia op stam. In dat geval wordt er eerst lengte gemaakt en daarna pas getopt om een bossige plant te maken.





*Figuur 2.18. Jonge Poinsettia's bij kwekerij Baas in Ens.*

## 2.2.2 Waarnemingen

Bij start, uitzetten, uitgroei bloemschermen en aan het eind werden 5 planten gesloopt, gemeten en per onderdeel gewogen per partij. Daarbij werd gemeten aan de lengte, aantal internodiën, aantal bladeren, versgewicht, drooggewicht en bladoppervlak. De teeltadviseurs bepaalden tijdens hun tweewekelijks bedrijfsbezoek de hoogte van het gewas en het aantal internodiën.

Aan het eind van de teelt werd aan vijf planten van de gevolgde partijen de naoogst-kwaliteit bepaald in de houdbaarheidsruimte van WUR-glastuinbouw in Bleiswijk. Hierbij werd wekelijks de sierwaarde bepaald door planten op uiterlijke kenmerken te beoordelen, namelijk geel blad, bladval, besval, Botrytis en algehele sierwaarde (Figuur 2.19.).



*Figuur 2.19. Opstelling van Poinsettiaplanten in de uitbloeirimte, in groepjes afkomstig van de verschillende deelnemende bedrijven. Wekelijks werd de sierwaarde vastgesteld op basis van een standaard scorelijst.*



## 3 Resultaten

Doel van het project was om samen met een representatieve groep poinsettiateelers en voorlichters een beslissingsondersteunend softwareprogramma te ontwikkelen en op de deelnemende bedrijven te testen. Het programma moet zowel vooraf (planning) als tijdens de teelt (teeltmonitoring en real-time beslissingsondersteuning) kunnen laten zien waar de kansen liggen voor energiebesparing en het energie-efficiënt realiseren van teelt doelstellingen.

### 3.1 Bedrijfsvergelijking

Voor Poinsettia is zowel in 2008 als 2009 een bedrijfsvergelijkingsgroep gevormd, bestaande uit 4 of 5 bedrijven, teeltadviseurs van DLV Plant en de betrokken onderzoekers van WUR-Glastuinbouw en LEI. Met de deelnemende bedrijven is in 2008 en 2009 een teeltproef uitgevoerd. In de proeven zijn steeds 2 partijen planten per bedrijf gevolgd en waargenomen. Deze informatie is gebruikt om een rekenmodel voor Poinsettia te ontwikkelen. Het model berekent teeltduur, hoogte-ontwikkeling, LAI en eindgewicht op basis van startdatum en gerealiseerd kasklimaat, afhankelijk van gewasmanagement-acties zoals verduisteren, toppen, wijderzetten en de toediening van remmiddelen. Van dag tot dag berekent het model de afsplitsing, ontwikkeling en uitgroei van afzonderlijke internodiën. Het gewasmodel is gekoppeld aan een rekenmodel voor kasklimaat en energie. Afhankelijk van kaseigenschappen, technische uitrusting (buizen, vloer, schermen, ramen, etc.) en instellingen van de klimaatcomputer berekent dit model een toekomstverwachting van kasklimaat en energiebehoefte. Alle berekeningen van het gewasmodel en het kasklimaatmodel kunnen worden vergeleken met registraties en meetwaarden. De registraties moet de gebruiker zelf invoeren, de meetwaarden worden automatisch opgehaald uit de klimaatcomputer en uit een mobiele meetset (LetsGrow I4all of GrowWatch). De uitwisseling van informatie wordt geregeld via Internet. Hierdoor is het mogelijk om altijd met recente gegevens te werken (maximaal een uur oud) en om binnen de bedrijfsvergelijkingsgroep de informatie over alle gevolgde teelten onderling uit te wisselen.

#### 3.1.1 Teeltresultaat

Tijdens het project is gebleken dat er vaak behoorlijke verschillen zijn tussen bedrijven in teeltduur, ruimtebeslag en energie-efficiënte, maar ook in het type plant (uitwendige kwaliteit) dat uiteindelijk werd geteeld. In Tabel 3.1. is een samenvatting weergegeven van de groei van Poinsettia per bedrijf en per cultivar. Voor een groot deel zijn de verschillen het gevolg van keuzes die de telers bewust hebben gemaakt. Kwekerij Vijverberg teelde een speciale plantvorm, Poinsettia op stam, die duidelijk meer teeltijd kostte dan een gemiddelde plant. Voor de extra hoogte van de stam waren extra afsplitsingen nodig, waarbij in de loop van de teelt twee keer het onderste blad werd gesnoeid. Kwekerij van den Berg heeft een reputatie opgebouwd met bijzonder zware planten, die eerder dan gebruikelijk worden opgezet, hoog worden getopt en ook in een wijder plantverband in de kas staan. De planten afkomstig van Koningsrust (van Uffelen) en Hovaria (Hofstede) waren minder onderscheidend. Dit laat zien dat er geen sprake is van een universeel teeltrecept voor Poinsettia. Telers kunnen kiezen voor het kweken van een apart type plant, ook als dit misschien hogere teeltkosten met zich meebrengt. Als vervolgens het product ook een betere prijs opbrengt kan die investering gerechtvaardigd zijn.

Tabel 3.1. Datum veilingrijp, aantal internodiën, eindlengte, aantal scheuten, versgewicht, drooggewicht en bladoppervlak per bedrijf en per cultivar. De gegevens hebben betrekking op de teelt van 2009.

Bedrijf	Cultivar	Datum eindmeting	Aantal internodiën*	Planthoogte (cm)**	Aantal zijzscheuten	Totaal vers Gewicht (g)	Totaal drooggewicht (g)	Totaal Bladoppervlak (cm <sup>2</sup> )
Vijverberg	Christmas feeling '1	18-11	22.50	48.1	8.3	176.0	50.6	5658
Van den Berg	Viking	18-11	17.00	30.2	12.3	267.2	43.4	8197
Van Uffelen	Premium	2-12	14.25	29.9	6.4	184.0	26.0	4830
Hofstede	Viking	9-12	17.75	25.4	9.3	150.4	23.2	5176
Hofstede	Premium Polar	9-12	16.25	23.9	7.3	184.6	28.7	5114
Van Uffelen	Viking	9-12	18.00	25.9	5.8	164.7	25.7	5094

\* aan de bovenste scheut uit een oksel met volledig blad.

\*\* exclusief pot.

De verschillen in eindhoogte op de bedrijven, dus tussen de verschillende bedrijven waren niet groot, er werd ook geremd naar ongeveer dezelfde eindlengte, uitgezonderd de planten op stam bij Vijverberg. De planten afkomstig van Van den Berg, blijken er inderdaad uit te springen met een groter aantal scheuten en een hoger totaal versgewicht, drooggewicht en bladoppervlak. Opvallend is ook dat de planten op stam qua versgewicht niet veel afwijken, maar wel in drooggewicht. Dit is terug te voeren op het hogere drogestofgehalte van de stam.

Tabel 3.2. - Kenmerken van de Poinsettiateelten in seizoen 2009. Per bedrijf en ras zijn weergegeven teeltduur (d), ruimtebeslag (week.m<sup>2</sup> per plant), lichtbenutting (gDW/MJ globale straling), energieverbruik (MJ/plant en MJ/m<sup>2</sup> kas) en teeltkosten (€ per plant op basis van nominale kostenposten).

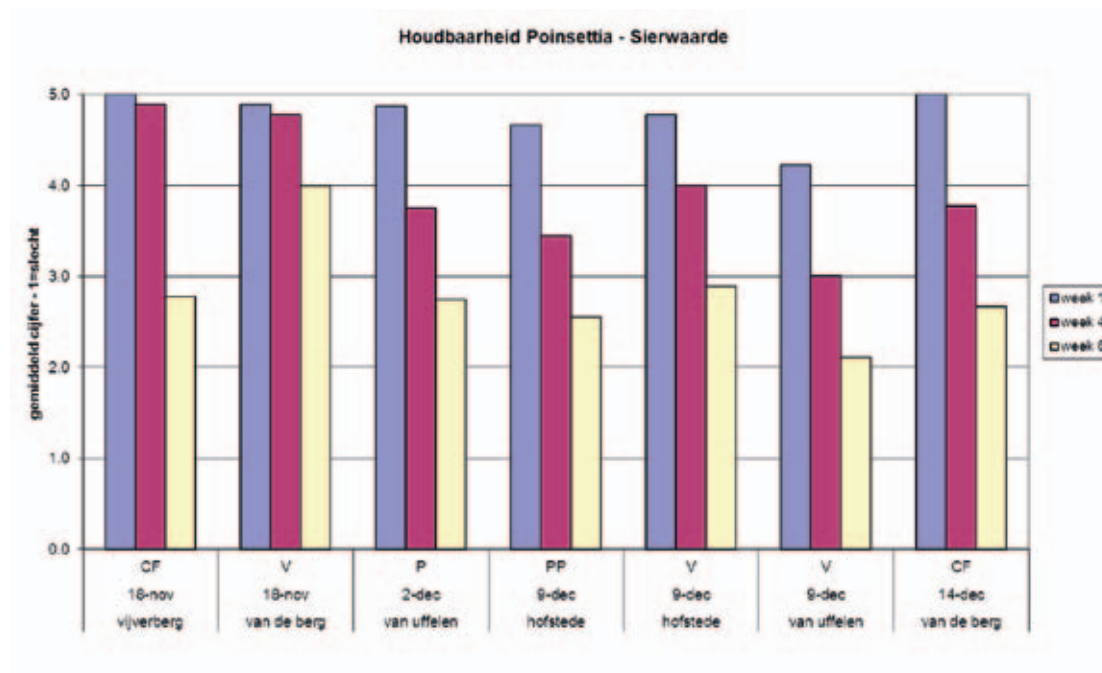
Bedrijf	Hovaria	Hovaria	Van Uffelen	Van Uffelen	Van den Berg	Van den Berg	Vijverberg
Cultivar	Premium Polar	Viking	Premium	Viking	Christmas-Feeling	Viking	Christmas Feeling stam
Berekende teeltduur	135	122	141	135	141	134	150
Startdatum	23-jul	05-aug	29-jul	29-jul	20-jul	13-jul	17-jun
Einddatum	07-dec	07-dec	07-dec	02-dec	11-dec	17-nov	17-nov
Berekende datum klaar	04-dec	04-dec	16-dec	10-dec	07-dec	23-nov	13-nov
Volgens teeltplan klaar	10-dec	04-dec	12-dec	2-dec	14-nov	14-nov	17-dec
Ruimtebeslag	1.4	1.3	1.7	1.4	2.5	1.7	1.4
Benutting zonlicht	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3
Energieverbruik per plant	38.6	37.1	25.6	40.8	68.8	34.1	31.5
Energieverbruik per m <sup>2</sup> kas	394	385	276	470	523	295	440
Teeltkosten	2.00	1.51	1.68	2.02	2.85	2.19	1.54

In Tabel 3.2. worden verschillende kengetallen met betrekking tot de teelt van 2009 weergegeven. Er zijn aanzienlijke verschillen aan te wijzen tussen de bedrijven en tussen partijen. Uitgaande van een stookwaarde van ca 35 MJ/m<sup>3</sup> aardgas is te zien dat een Poinsettia ongeveer 1 m<sup>3</sup> gas kost. Uiteraard hangt dit wel af van de teeltduur, en vooral hoe ver de teelt doorloopt in de stooktechnisch dure periode na half november. Verder is de plantafstand duidelijk van invloed: van de grote, ruim geteelde planten bij van den Berg passen er minder op een m<sup>2</sup> teeltoppervlak. Dit is ook te zien aan het grotere ruimtebeslag per plant bij dit bedrijf en verklaart ook voor een groot deel het hogere energieverbruik per plant.

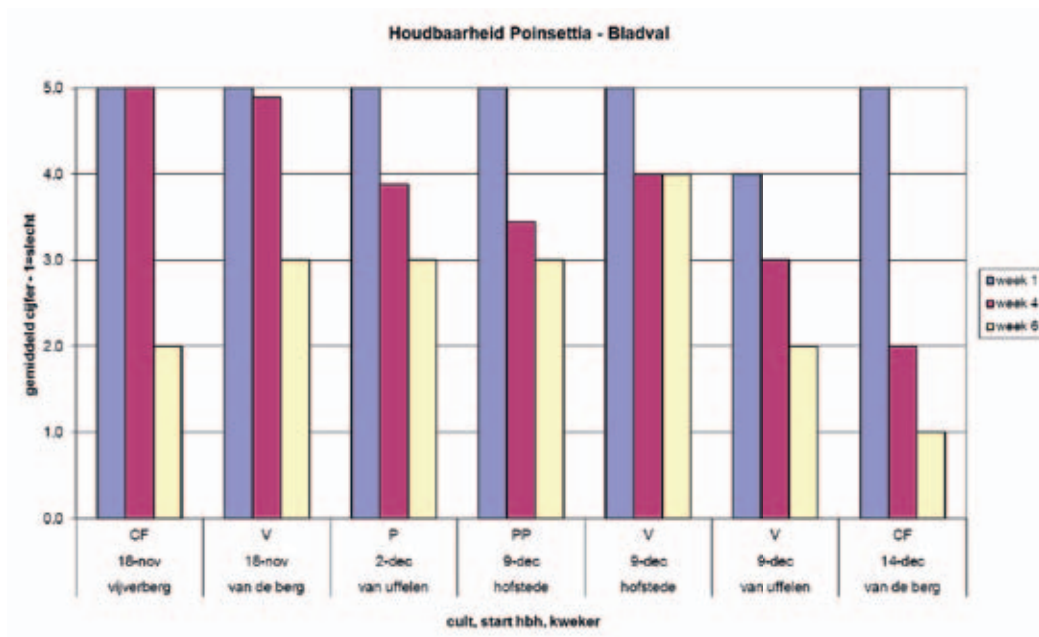
Vergelijking van geplande, gerealiseerde en berekende einddatum (Tabel 3.2.) laat zien dat de einddatum behoorlijk goed werd berekend. Hoewel de aanvoorschriften een duidelijke norm aangeven voor het afleverbare stadium (ontwikkelingsstadium van de bessen) hebben enkele dagen keuzevrijheid in het bepalen van de einddatum, afhankelijk van of de partij al is verkocht of niet. Hierdoor is moeilijk te beoordelen of verschillen tussen berekende en gerealiseerde einddatum veroorzaakt zijn door onnauwkeurigheden in de modelberekening of dat de afnemer het eindtijdstip heeft beïnvloed. De verschillen zitten dus in de marge. De deelnemende telers vonden deze bedrijfsvergelijking interessant, maar zagen hierin geen aanleiding tot grote aanpassingen in de eigen teeltstrategie. Wel gaf het gezamenlijk analyseren van de verschillen aanleiding tot leerzame discussies over de oorzaken en beschikbare keuze-opties.

### 3.1.2 Houdbaarheid

Na de teeltproef is een houdbaarheidsbepaling uitgevoerd. Kleine partijen planten van verschillende herkomst werden bijeen gebracht in de houdbaarheidsruimte van de Proeftuin van WUR glastuinbouw in Bleiswijk (Figuur 2.19.). Verschillende kenmerken van de planten weken werden wekelijks beoordeeld gedurende 6 weken, volgens algemeen gebruikte criteria. Figuur 3.2. toont het verloop van de score voor algemene sierwaarde, Figuur 3.3. de score voor bladval. De in november aangevoerde partijen hadden na 4 weken hun sierwaarde nog vrijwel volledig behouden. Na 6 weken was echter toch duidelijk sprake van verlies aan sierwaarde, waarbij bladval een belangrijke factor was. De in december aangevoerde planten gingen over het algemeen wat sneller achteruit. Er was niet echt een systematisch verschil tussen de bedrijven aan te geven. Het trekken van conclusies uit deze gegevens is niet mogelijk omdat de partijen op veel punten verschillen zoals cultivar, kwekerij, teeltduur en einddatum.



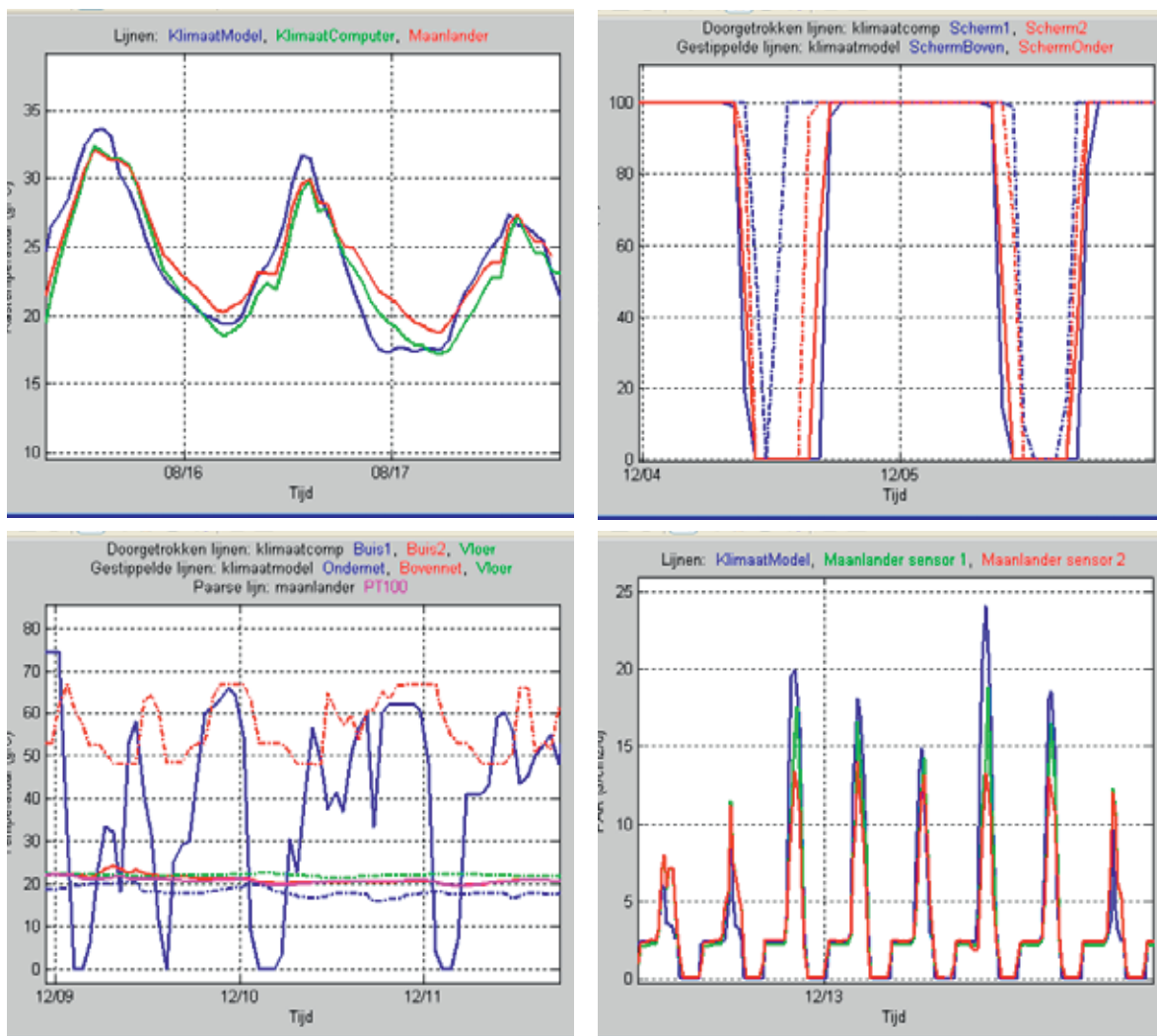
Figuur 3.2. Sierwaarde als onderdeel van de houdbaarheid Poinsettia in 2009 met cultivar, einddatum en kweker, Cf=Christmas feeling, V=Viking, P= Premium en PP=Premium Polar na 1, 4 en 6 weken in uitbloeirimte.



Figuur 3.3. Bladval als onderdeel van de houdbaarheid Poinsettia in 2009 met cultivar, einddatum en kweker, Cf=Christmas feeling, V=Viking, P= Premium en PP=Premium Polar na 1, 4 en 6 weken in uitbloeirimte.

## 3.2 Energieberekeningen

De berekening van het absolute energieverbruik bleek een erg gevoelig onderdeel van het systeem. Op zich is het Kaspro-model gebaseerd op solide fysische principes, het is uitgebreid gevalideerd en heeft al in vele onderzoeksprojecten zijn waarde bewezen. De kwaliteit van een simulatieresultaat hangt echter niet alleen af van de kwaliteit van het model zelf, maar ook van de instellingen waarmee het model rekent. Daarnaast is correcte informatie over de kas (hoogte, leeftijd, dekmateriaal, buisligging, schermtypen, etc) van groot belang. In de loop van het project is gebleken dat de deelnemers het te veel werk vonden om elke keer als ze in instellingen in de klimaatcomputer veranderden ook in het adviessysteem de instellingen aan te passen. Omdat het adviessysteem al een dataverbinding heeft met de klimaatcomputers op de deelnemende bedrijven zou het technisch in principe mogelijk moeten zijn om naast actuele meetwaarden ook de instelparameters te exporteren. In het kader van dit project was dat echter niet te realiseren. Helaas was het overnemen van klimaatinstellingen in het systeem daardoor handwerk, dat door de gebruikers als moeizaam en bewerkelijk werd ervaren.



Figuur 3.4. Grafieken op uurbasis van berekende en gemeten kasttemperatuur (links boven), schermstand (rechts boven), verwarmingstemperaturen (links onder) en groeilicht (rechts onder). De GrowWatch/14all mobiele meetsets die in het gewas stonden opgesteld werden 'maanlanders' genoemd. De gebruiker ziet aanvankelijk de complete teelt, maar kan daarop inzoomen (vergrootglasje) en scrollen (handje) om een bepaalde periode in detail te bekijken. De instellingen van het Kaspro klimaatmodel kunnen worden aangepast om de berekende lijnen in overeenstemming te brengen met de gemeten waarden. Hierbij is gezond verstand onmisbaar. Het is bijvoorbeeld onwaarschijnlijk dat de buistemperatuur inderdaad terugzakte naar 0 °C (grafiek links onder). Om de gewasgroei goed te kunnen berekenen is betrouwbare informatie over het licht op gewasniveau noodzakelijk. In potplantenkassen kunnen vele factoren het lichtniveau beïnvloeden, zoals assimilatiebelichting, de stand van de verschillende schermen en de eventuele aanwezigheid van een tweede teeltlaag (hangende potten).

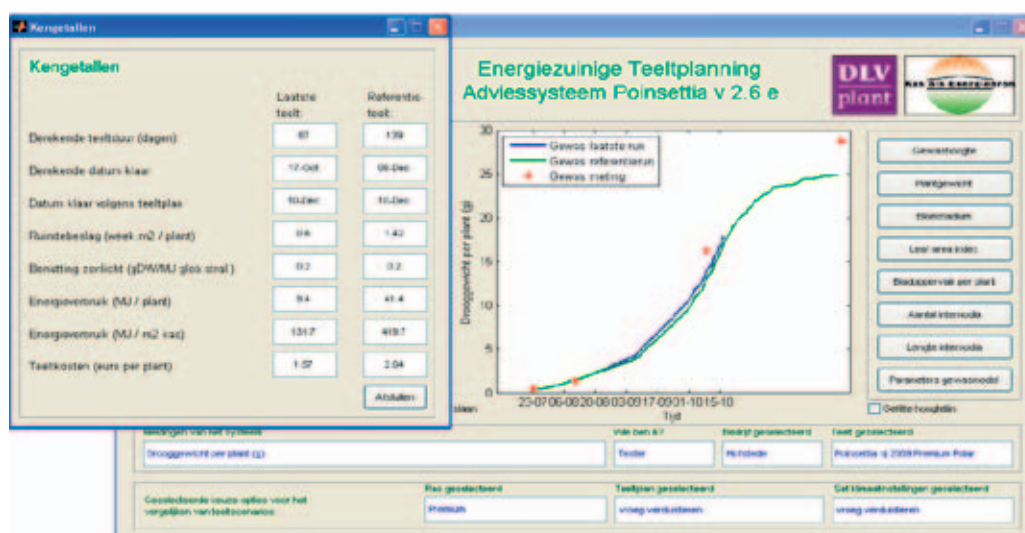
### 3.2.1 Reconstructie achteraf

In plaats van het precies bijhouden van de klimaatinstellingen is in dit project voor een andere benadering gekozen, waarbij de instellingen achteraf zo goed mogelijk werden gereconstrueerd aan de hand van gerealiseerde waarden. Voor dit doel zijn uitgebreide mogelijkheden ingebouwd om grafisch gerealiseerde waarden op uurbasis te evalueren. Het was niet alleen mogelijk om gerealiseerde waarden van licht, temperatuur, CO<sub>2</sub> en luchtvochtigheid in detail te vergelijken met modelsimulaties, maar ook van schermstanden, raamstanden, buis- en vloertemperaturen en de status van eventuele assimilatielampen. Omdat zowel de werkelijk bestaande kas als ook de gesimuleerde kas zich aan de spelregels van de natuurwetten moeten houden zou het in principe mogelijk moeten zijn om uit de registraties en de weersgegevens het verloop van de instellingen van de klimaatcomputer precies te reconstrueren. Voorwaarde hierbij is uiteraard dat alle informatie die als input wordt gebruikt correct is. Als bijvoorbeeld een temperatuursensor een graad afwijkt (en dat komt voor) is het vrijwel onmogelijk om de berekening sluitend te krijgen. Ook het controleren van de fysische eigenschappen van de kas, verwarmingssysteem en plaatsing van de meetpunten voor de temperatuur van het circulatiewater, de scherminstallatie etc. bleek erg kritisch. Ook de configuratie van de data-export via LetsGrow.com moest goed worden gecontroleerd. Een complicatie was dat op bedrijven vaak ingewikkelde scherminstallaties aanwezig zijn, met bijvoorbeeld meerdere doeken op een dradenbed. Het Kaspro-model voorziet in de mogelijkheid met twee enkelvoudige schermen te rekenen. In dergelijke gevallen kan de feitelijke situatie in de kas allen worden benaderd in de berekening. In de loop van het project is met name aan het simuleren van het schermen veel verbeterd. Echter ook in situaties waarin geen onduidelijkheid bestond over schermtype, schermstanden en datacommunicatie is dit aspect relatief lastig gebleven om correct in te stellen.

### 3.2.2 Relatieve effecten van veranderde instellingen

Ondanks dat het lastig was om de instellingen van het klimaatmodel precies in te stellen werden de energieberekeningen door kwekers toch als waardevol ervaren. In scenarioberekeningen kon namelijk altijd een indicatie worden gekregen van het relatieve effect van een veranderde instelling, ook wanneer de absolute waarde niet helemaal correct was.

## 3.3 Energiezuinige scenario's

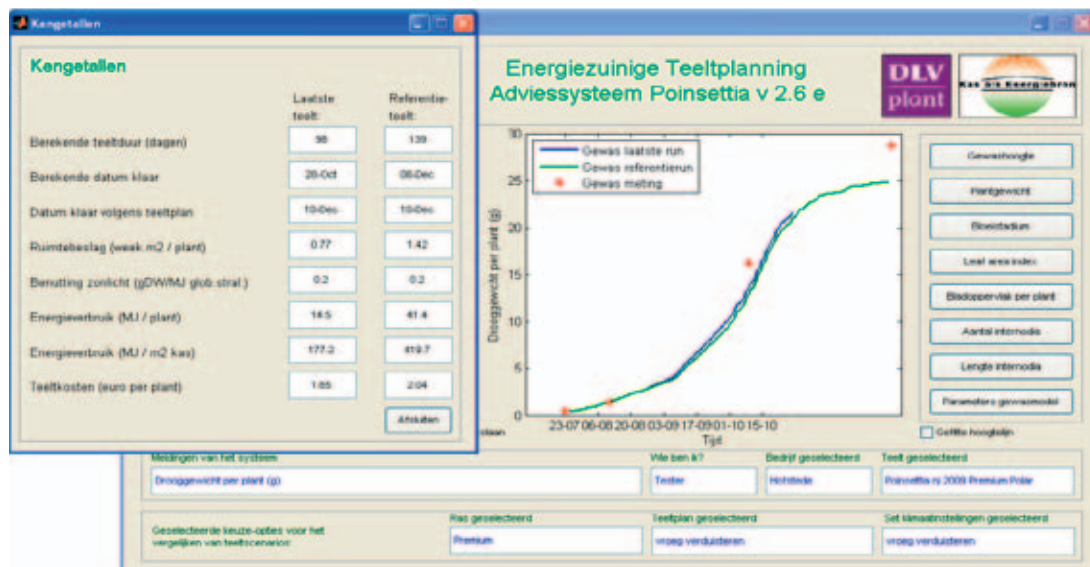


Figuur 3.5. Scenarioberekening met een vervroegd begin van de korte dag op 21 augustus (blauw, laatste run), vergeleken met een normaalteelt met natuurlijke korte dag (groen=natuurlijke korte dag, referentierun).

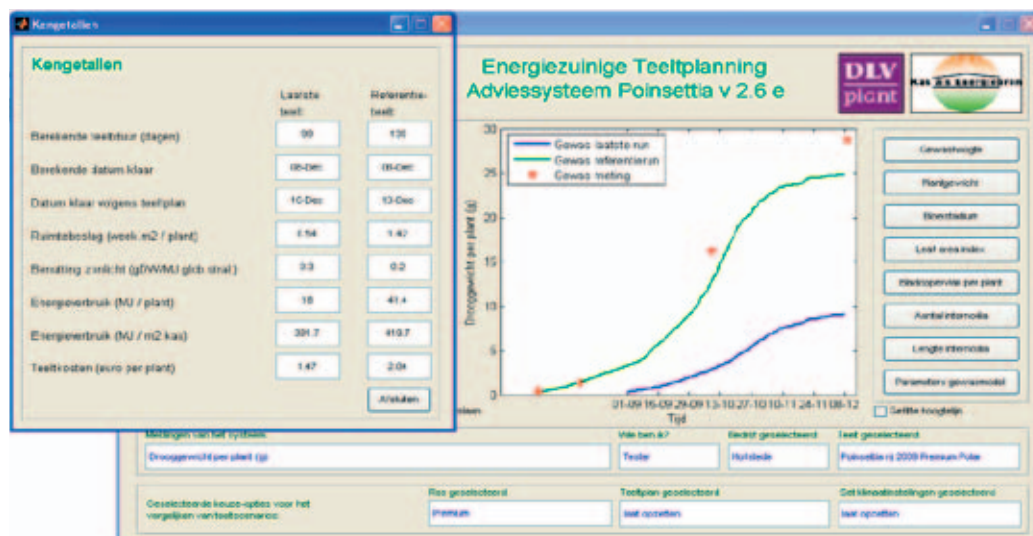


Door te variëren met de instellingen van het adviessysteem kan vooraf worden bekeken of een bepaalde teeltmaatregel zin heeft of niet. Vooraf was de algemene verwachting dat temperatuurverlaging het belangrijkste ingrediënt van een energiezuinige teeltstrategie zou zijn. Deels bleek dat ook wel zo te zijn, maar lang niet altijd, en verder bleek ruimtebenutting erg belangrijk. Ook het startmoment en het begin van de korte dag bleken van invloed. Om dit soort effecten te kunnen afwegen moesten instellingen van het model of het teeltplan worden gevarieerd. In de praktijk was het daarbij bezwaarlijk dat de oorspronkelijke instellingen hierdoor in de war konden raken. Daarom is er in het laatste stadium van het project nog een speciale scenariomodule aan het adviessysteem toegevoegd. Aangepaste instellingen kunnen nu onder een aparte naam worden opgeslagen, terwijl de oorspronkelijke instellingen ('Standaard') steeds weer kunnen worden teruggehaald.

### 3.3.1 Effect van vroeg verduisteren ten opzichte van natuurlijke korte dag



Figuur 3.6. Een week later verduisteren dan het vorige concept (vanaf 28 augustus) geeft meer energieverbruik en meer ruimtebeslag, maar ook duidelijk een zwaardere plant. Op deze manier zijn de keuze-opties wat betreft de start van het verduisteren door te rekenen.



Figuur 3.7. Door later te starten is het in principe mogelijk om met een verkorte teelt toch op tijd klaar te zijn. De planten blijven dan wel bijzonder klein.

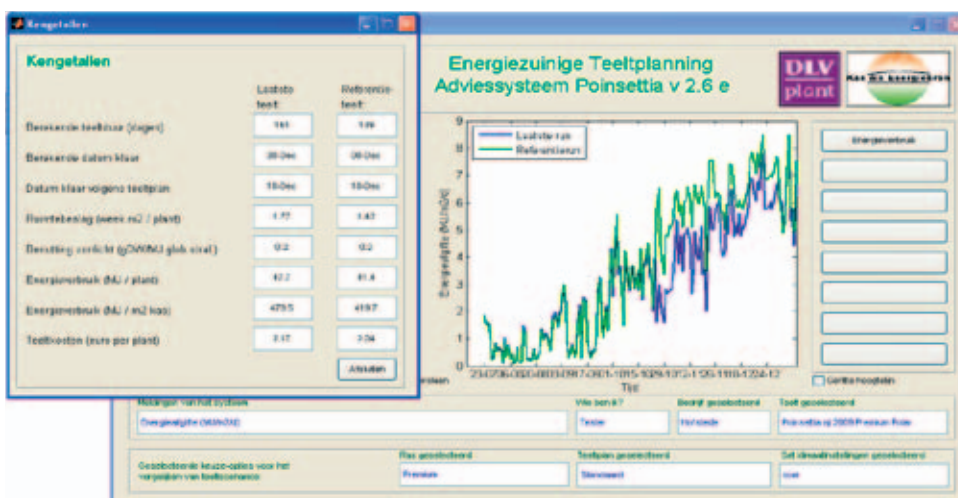
Vroeg verduisteren gaf in dit voorbeeld een energiebesparing in MJ/plant van meer dan 75% ten opzichte van een normaalteelt met natuurlijke korte dag (Figuur 3.5.). Dit eenvoudige voorbeeld maakt echter meteen duidelijk dat energiebesparing nooit een doel op zich kan zijn. De plant zou erg klein blijven en de teelt zou veel te vroeg klaar zijn; in oktober is er vrijwel geen vraag naar kerststerren. De kunst is juist om dit seizoensproduct in de periode van eind november tot half december te kunnen leveren. Een week later verduisteren zou een grotere plant opleveren die later klaar zou zijn, ten koste van meer energie en met een duidelijk toegenomen ruimtebeslag (Figuur 3.6.). Een andere optie is terugrekenen vanaf het gewenste moment van afleveren. Door later te starten met de teelt is het mogelijk om op de zelfde einddatum klaar te zijn als de oorspronkelijke partij. Doordat nu een groter deel van de teelt in de relatief dure maanden november en december valt, is het effect op het energieverbruik per m<sup>2</sup> kas zeer beperkt. Wel kan vanwege de kleine planten een keer wijderzetten worden uitgespaard, waardoor het ruimtebeslag per plant sterk vermindert. Door de hogere gemiddelde plantdichtheid komt het energieverbruik per plant wel aanzienlijk lager uit (Figuur 3.7.).

Deze voorbeelden laten zien dat kleinere planten zijn dus over het algemeen energiezuiniger kunnen worden geteeld dan grote. Het is echter zo dat de markt niet alleen om kleine planten vraagt. Omdat de stookbehoefte van de Poinsettiateelt vooral in de periode van half oktober tot in december valt heeft de keuze van start- en einddatum een grote invloed op het energieverbruik; planten die in oktober klaar zijn kunnen in principe zelfs geteeld worden zonder te stoken. Deze planten zijn echter helaas vrijwel onverkoopbaar; er is in Nederland eigenlijk alleen vraag in de aanloop naar de feestdagen.

### 3.3.2 Effect van verlagen stooklijn

In tegenstelling tot wat velen zouden verwachten leidt het verlagen van de stooklijn lang niet altijd tot meer energie-efficiëntie. Minder stoken zorgt voor een lagere kastemperatuur en een afname van de ontwikkelingssnelheid. Als een partij eenmaal is opgezet zorgt een temperatuurverlaging er voor dat die partij later klaar is. Per dag wordt wel minder gestookt, maar doordat er aan het eind van de teelt extra stookdagen bij komen wordt de winst vaak weer ingeleverd. Hierbij vallen die extra dagen over het algemeen in de relatief dure periode van eind november/begin december (Figuur 3.8.). Het netto effect is uiteindelijk averechts: een toename van het energieverbruik met 14-15%. Verder valt de einddatum van de teelt ruim na de kerst, waardoor de kansen om nog een goede prijs voor de partij te krijgen al sterk afnemen.

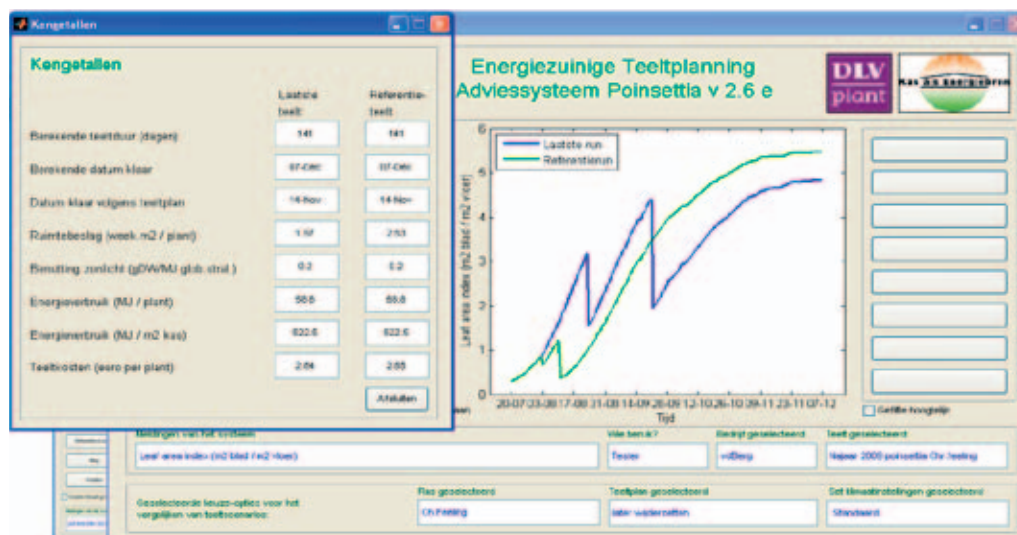
Aan de andere kant: als al bij de planning rekening wordt gehouden met een lagere teelttemperatuur, dan zal de teler besluiten om eerder op te zetten om op tijd klaar te zijn. De extra teeltdagen vallen dan aan het begin van de teelt, waardoor ze eigenlijk geen extra energie kosten. Deze optie is al beschreven door Benninga *et al.* (2005), en komt grotendeels overeen met het scenario dat in paragraaf 3.3.4 wordt besproken.



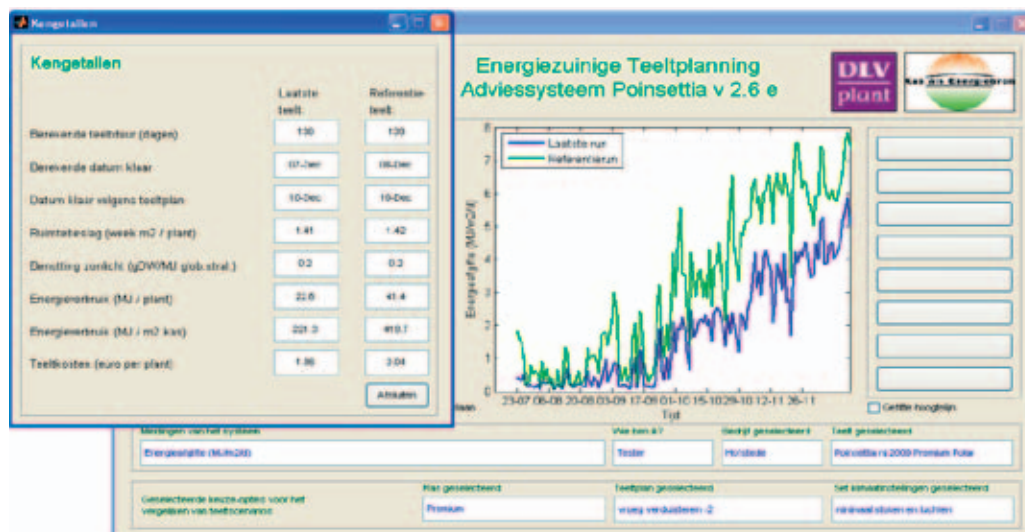
Figuur 3.8. Scenario-berekening met een verlaging van de stooklijn tot 15 °C vanaf 25 oktober. Hoewel het energieverbruik per dag vermindert, neemt de teeltduur toe, waardoor er in december stooktechnisch dure teeltdagen bijkomen.

### 3.3.3 Aanpassen wijderzetschema

In Figuur 3.9. is een voorbeeld te zien van het effect van een aangepast wijderzetschema. De verbeterde ruimtebenutting levert bijna 15% verlaging van de energiebehoefte per plant. Dit gaat echter wel ten koste van een vermindering van het eindgewicht met eveneens 15%, terwijl het gewas ook 4 cm langer werd. Om de zelfde eindlengte te bereiken zou er dus meer moeten worden geremd (dit is in dit voorbeeld niet meegenomen in de berekening van de teeltkosten). Een lager eindgewicht zou kunnen leiden tot een lagere verkoopprijs, maar die relatie is niet eenduidig, omdat bij potplanten het gewicht niet een primair beoordelingscriterium is (VBN, 2006; Benninga, 1997a).



Figuur 3.9. Een aangepast wijderzetschema voor Christmas Feeling in teeltseizoen 2009 bij van den Berg.



Figuur 3.10. Een extreem energiezuinig scenario, waarbij de stooklijn continu op 14 °C stond ingesteld en de luchtingslijn op 30 °C, vloerverwarming op 18 °C vanaf 1 oktober, verder alleen stoken op vocht (grenswaarde ingesteld op 85%). De planten zijn op tijd klaar als vanaf 29 augustus wordt verduisterd.

### 3.3.4 Laat luchten en sterk verlaagde stooklijn

Tot slot een radicaal besparings scenario: het verlagen van de stooklijn tot 14 °C en het verhogen van de luchtingslijn tot 30 °C (Figuur 3.10.). Hierbij werd wel het vocht begrensd op 85% RV met behulp van het ondernet. Ook werd vanaf 1 oktober de betonvloer op 18 °C verwarmd. In de tweede helft van de teelt resulteert deze strategie in een sterk verlaagde ontwikkelingssnelheid, waardoor bij natuurlijke korte dag de einddatum in januari uit blijkt te komen. Echter wanneer wordt verduisterd kan het scenario zo worden berekend dat het effect op de einddatum weer wordt opgeheven. Er moet hiervoor op 29 augustus worden begonnen met de korte dag. Met deze strategie blijkt het energieverbruik bijna te kunnen worden gehalveerd. De planten blijven wel 20% lichter en aanzienlijk korter, omdat 8 internodia minder worden afgesplitst. Dit zou eventueel kunnen worden opgevangen door enkele weken vroeger te beginnen met de teelt. Hierdoor neemt het ruimtebeslag van de partij wel toe, maar de extra teeltdagen zouden in de zomer vallen. In die periode brengt kasruimte weinig op en hebben veel kwekerijen delen van de kas leeg liggen. Ook de extra stookkosten zullen in de zomer (vrijwel) nihil zijn. Saldoberekeningen van een dergelijk scenario zijn te vinden in een LEI-rapport (Benninga *et al.* 2005). Hoewel de energiebesparing aanzienlijk is, brengt deze strategie ook een zeker risico met zich mee. Een groter deel van de totale gewasontwikkeling wordt namelijk in al in de zomer en vroege herfst gerealiseerd, daarna is de uitdaging om het gewas zo langzaam mogelijk af te telen, bij een zo laag mogelijke temperatuur. Een warme periode in oktober zou daarbij roet in het eten kunnen gooien als het gewas door de hogere temperatuur voortijdig in bloei komt. In een minder extreme variant zou deze benadering echter met een beperkt risico tot een structurele energiebesparing kunnen leiden.

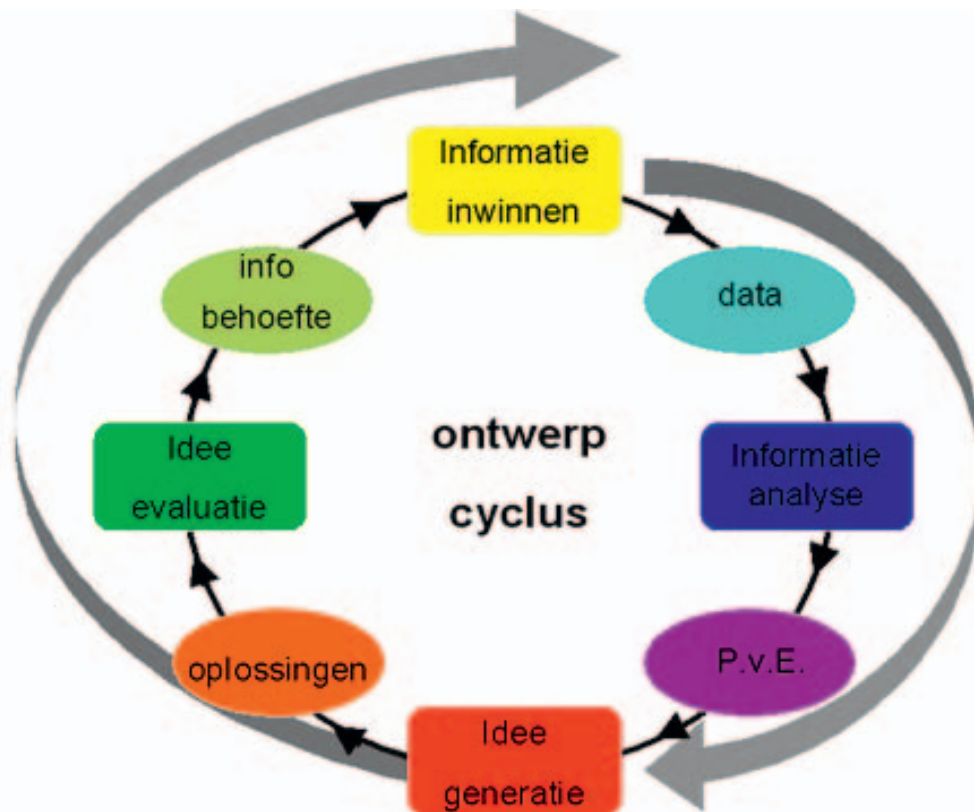
### 3.3.5 Samenvatting energiezuinige scenario's

- Temperatuur in het begin hoger dan in latere fase, omdat dan de buiteninstraling en daardoor de temperatuur nog flink hoger is.
- Bij het zelfde energieverbruik per m<sup>2</sup> teeltoppervlak resulteert een hogere plantdichtheid in een vermindering van de hoeveelheid energie per plant
- Dichter plantverband geeft meer strekking, dus meer remmen
- Voor de beste kwaliteit: niet te hoge plantdichtheid, rustig telen, voldoende licht toelaten.
- Rustig aan geeft hoogste energie-efficiëntie maar niet altijd de beste planten.
- Kleinere planten zijn met minder energie per plant te telen dan grote
- Met een betrouwbare prognose van het eindtijdstip kan worden voorkomen dat op het laatst nog flink moet worden gestookt om een reeds verkochte partij op tijd te kunnen leveren.



## 4 Discussie

Een modern tuinbouwbedrijf, met kassen en bijbehorende meet- en regelapparatuur en technische voorzieningen en de verschillende partijen planten die er worden gekweekt is te beschouwen als een complex systeem. Modellen spelen een belangrijke rol bij het verkennen van nieuwe mogelijkheden van voor de tuinbouw in de vorm van scenariostudies. In dergelijke studies wordt meestal uitgegaan van een representatieve, gemiddelde kas en standaard weer (bijvoorbeeld het SELjaar, Breuer & van de Braak 1989). De meeste telers in de praktijk vinden echter de stap te groot om van het lezen van een onderzoeksrapport te komen tot een beslissing over de beste optie in de eigen, actuele bedrijfssituatie. Door modellen niet met op basis van standaardweer te laten rekenen aan een modelbedrijf, maar te voeden met actuele, bedrijfsspecifieke gegevens kan duidelijk worden wat de kennis, vervat in de modellen, van dag tot dag te betekenen heeft voor het eigen bedrijf (Buwalda *et al.* 2010). Met dit idee is in eerdere projecten ervaring opgedaan. In het project 'Kijk in de Kas' gaven 5 voorbeeldtelers hun commentaar op de eigen teelt en het energiegebruik in de vorm van weblogs (Buwalda *et al.* 2009). Hoewel belangrijke elementen uit deze benadering later zijn gebruikt door de website Energiek2020.nu voor het stimuleren van kennisdoorstroming op het gebied van Het Nieuwe Telen, kon op deze manier niet worden voorzien in de behoefte aan modelgebaseerde beslissingsondersteuning voor de eigen specifieke teeltsituatie. In het project 'Model-gebaseerde teeltadvisering voor paprika ' werd wel met actuele bedrijfsspecifieke gegevens meegerekend, maar werd geconcludeerd dat het ontbreken van een duidelijke interactieve gebruikersinterface mogelijk nog de belangrijkste missende schakel was (Buwalda *et al.* 2010). Dit werd inderdaad bevestigd in de projecten '40 kg paprika' (Eveleens *et al.* 2010) en 'Topmodel4all' (Arkesteijn 2010).

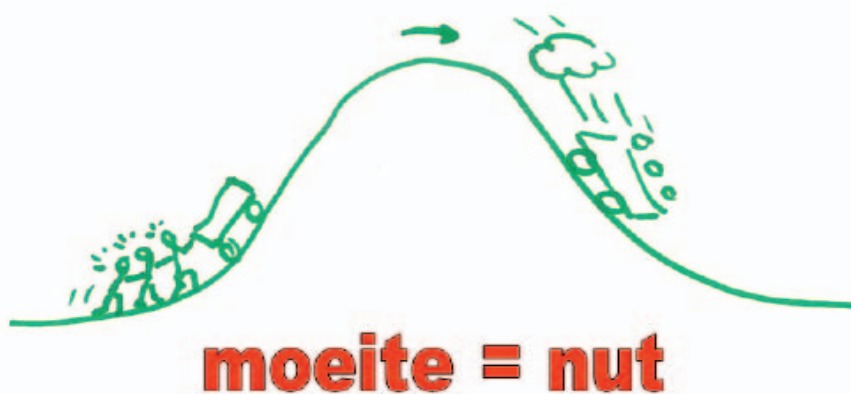


*Figuur 4.1. Een schema van de stappen in het proces van participatief ontwerpen. Om er zo veel mogelijk zeker van te zijn dat het uiteindelijke ontwerp aansluit bij de behoeften van de doelgroep worden de beoogde gebruikers bij verschillende fasen van het proces betrokken.*

## 4.1 Participatief ontwerpen

Ook onder potplantentelers bleek er behoefte te bestaan aan een systeem voor interactieve, bedrijfsspecifieke beslissingsondersteuning op het gebied van teelt en energie (Buwalda *et al.* 2009). In vergelijking met snijbloemen en vruchtgroenten bestaat er in de potplantensector een specifieke informatiebehoefte op het gebied van het teeltplanning, ruimtebenutting, op tijd kunnen leveren en het tot stand komen van sierwaarde, zoals gevuldheid, verhouding bloem/blad, aantal 'koppen', hoogte/breedteverhouding. Daarnaast is het gewasmanagement in de potplantenteelt over het algemeen vrij intensief, met fase-afhankelijke klimaatzonering, wijderzetten, toppen, korte dag behandeling en het toedienen van groeiregulatoren (rembehandelingen). Al deze aspecten stellen hoge eisen aan het beoogde adviessysteem en de interactie met de gebruiker. Bij het bouwen van iets nieuws, vooral als het een relatief complex systeem betreft, is een fundamenteel probleem dat het haast onmogelijk is om van tevoren alles te bedenken. Om te bereiken dat het systeem inderdaad goed aansluit bij de beslisprocessen op de bedrijven is gekozen voor een interactieve/participatieve benadering, waarbij een opeenvolgende serie prototypen werd ontwikkeld. De reactie van de betrokken telers vormde daarbij een leidraad voor de volgende ontwikkelingsstap, uiteraard zonder de doelstelling van het project binnen het programma 'Kas als energiebron' uit het oog te verliezen.

Het adviessysteem is zo gebouwd dat het in principe op glastuinbouwbedrijven op een normale PC kan worden geïnstalleerd en door telers kan worden gebruikt. Daarnaast is de interactie met de teeltadviseur en met de overige bedrijven binnen de vergelijkingsgroep van belang. Enerzijds vanwege de mogelijkheid om efficiënter te werken door taakverdeling, anderzijds omdat het werken met het systeem voor de teler interessanter wordt naarmate meer informatie door collega's is ingevoerd. Hierbij lijkt er sprake te zijn van een omslagpunt, waarbij de aandacht die het kost om met het systeem te werken en informatie in te voeren opweegt tegen de meerwaarde aan inzicht en energie-efficiëntie die dat oplevert (Figuur 4.2.). Regelmatig is daarbij gebleken dat elk antwoord dat het systeem oplevert weer nieuwe vragen oproept. Als dat inhoudelijk interessante vragen zijn dan werkt dat positief en kan er binnen de deelnemersgroep een levendige discussie ontstaan, waardoor het niet moeilijk is om de belangstelling vast te houden. Voor zover het echter vragen betreft op het gebied van mogelijkheden en gebruikersvriendelijkheid van de software of beperkingen van de modellen, dan kan de belangstelling ook weer wegzakken. Het systeem moet wel voldoende werken en kloppen voordat het overtuigt. De uitdaging voor de onderzoekers / ontwikkelaars is dan om op tijd met oplossingen te komen zodat de betrokkenheid behouden blijft en het proces niet spaak loopt.



*Figuur 4.2. Het omslagpunt in het ontwikkeltraject van een adviessysteem is bereikt als de hoeveelheid moeite die het kost om het systeem van de juiste informatie te voorzien en de uitkomsten te controleren en interpreteren opweegt tegen de waarde van die uitkomsten. Tot dat punt is bereikt moet het motief om er moeite voor te doen van buitenaf komen. Een heldere lange termijnvisie kan een goede bron van motivatie zijn.*

Het merendeel van de telers heeft de overtuiging dat “we uiteindelijk wel die kant op moeten”. Tot nu toe blijkt echter dat maar weinig telers zelfstandig alternatieve scenario's gaan doorrekenen. Aanzienlijk meer gebruikers voeren wel zelfstandig logboekgegevens in, zoals zaken met betrekking tot teeltmanagement en bijzondere gebeurtenissen. Daarnaast blijkt dat binnen de gebruikersgroepen het vergelijken van meetgegevens binnen LetsGrow wordt gewaardeerd.

Het effect van de opeenvolgende aanpassingen is dat het adviessysteem uiteindelijk realistisch genoeg is geworden om dicht in de buurt te komen van de afwegingen die telers zelf maken bij het kiezen van energie-efficiënte klimaatinstellingen. Aan de andere kant is het systeem helaas ook steeds ingewikkelder geworden, waardoor sommige telers ervoor terugdeinzen om de energie-efficiëntie van hun klimaatregelstrategie te analyseren. Op dit punt lijkt binnen de meeste gebruikersgroepen een sleutelrol te zijn weggelegd voor de teeltadviseur.

Uit de voorstudie (Buwalda *et al.* 2009) kwam de wens naar voren om een Economische module aan het systeem toe te voegen. In de uitvoering van het project bleek dit onderdeel echter moeilijk in te passen. Dit kwam enerzijds omdat lange tijd de berekende teeltprognoses nog niet realistisch genoeg waren, anderzijds omdat de telers uiteindelijk toch niet bereid waren om gedetailleerde bedrijfskundige en financiële informatie met elkaar te delen. In het adviessysteem is daarom gekozen voor het hanteren van een eenvoudige tabel met nominale teeltkosten, die voor alle bedrijven werd toegepast. Elke teler kon dan voor zichzelf op basis van deze getallen de vertaling maken naar de feitelijke kosten op het eigen bedrijf. Het ontwikkelen van de aparte Economische module moet echter niet worden beschouwd als verloren moeite: de module draait ook stand-alone en kan desgewenst in een later stadium nog worden geïntegreerd.

## **4.2 Beslissen in een complexe situatie**

De productie van potplanten op een tuinbouwbedrijf is een complex proces, waarbij vele verschillende factoren en wisselwerkingen tussen factoren een rol spelen. In de klimaatcomputer kunnen honderden verschillende instellingen worden gedaan, en het aantal mogelijke combinaties van instellingen is nog veel groter. Ook op het gebied van teeltplanning en -management zijn er vele keuzemogelijkheden. Daar bovenop is er sprake van dynamiek: het gewas ontwikkelt zich, en de effecten van nu genomen beslissingen werken vaak nog een tijd door in de toekomst. Het teeltdoel ligt over het algemeen in de toekomst, maar het enige dat een teler kan doen om het realiseren van dat doel te beïnvloeden zijn maatregelen die op dat moment in het heden worden genomen. Het traject van het moment ‘nu’ tot aan de oogst bevat nog heel wat onzekere elementen, zoals het wisselvallige weer, de ontwikkeling van de marktcondities, de kans op uitbraak van ziekten en plagen, etc.

Hoe kan er in een dergelijke complexe situatie toch worden geadviseerd over een meer energiezuinige teeltwijze?

Er is niet zomaar één optimale teeltwijze die op alle bedrijven tot een succes leidt. Door de vele wisselwerkingen en de invloed van toevallige omstandigheden is het moeilijk om een advies in simpele vuistregels te vatten. De beste keus hangt af van de actuele situatie op het bedrijf en de gevolgde strategie. Doordat de situatie zich voortdurend ontwikkelt zal de beste keus ook steeds net iets anders zijn. De oplossing die in dit project is ontwikkeld is om een dynamisch adviessysteem op basis van real-time informatie met het actuele ontwikkelingen mee te rekenen, zodat op elk gewenst moment een bijgewerkt beeld van de realisatie tot nu toe in het licht van het teeltplan kan worden berekend, zodat ook inzicht ontstaat in de opties voor het resterende deel van de teelt.

## **4.3 Planning per partij of op bedrijfsniveau**

Hierbij moet overigens de kanttekening worden gemaakt dat het systeem alleen de gevolgen voor één enkele partij doorgerekend, terwijl wijzigingen in het teeltklimaat gevolgen hebben voor alle partijen die op dat moment in de kas staan. Dat met EZTP op dit moment alleen berekeningen op partijniveau uitgevoerd kunnen worden, is een gevolg van de afbakening die is gemaakt als eerste stap. In deze fase van de ontwikkeling van het adviessysteem zullen dergelijke afwegingen op een hoger niveau moeten worden gemaakt.



Als de teeltduur van een partij langer wordt ten opzichte van een standaard situatie, door bijvoorbeeld een lagere stooktemperatuur, heeft dit tot gevolg dat er op jaarbasis minder planten van dezelfde teelt of andere soorten potplanten kunnen worden afgeleverd. Het resultaat van de betreffende partij kan bevredigend zijn, terwijl op bedrijfsniveau het gevolg tegenvalt. Hier kan op twee manieren mee om worden gegaan:

- a. Door vooral waarde te hechten aan de saldo's per weekm<sup>2</sup> en per 1000 planten inclusief indirecte kosten (uitgangspunt gedeerde opbrengsten per weekm<sup>2</sup>; hier zitten de kosten van gedeerde opbrengsten van andere partijen immers al in verdisconteerd.
- b. Door uit te gaan van een productplan met meerdere partijen en voor meerdere oppotweken achtereenvolgens te simuleren kan een teeltplan-resultaat worden berekend. Dit kan alleen als het teeltplan bestaat uit één soort potplant.

Het wijderzetschema wordt vooraf in model ingevoerd. In de praktijk zijn groei en ontwikkeling van de planten bepalend voor en door het wijderzetschema en dus afhankelijk van wat het model genereert. Dit lijkt op een spagaat, maar in de praktijk kan de gebruiker van het model hierop inspelen, het wijderzetschema aan te passen en een nieuwe modelrun te doen.

## 4.4 Bedrijfsvergelijking

De mogelijkheden voor bedrijfsvergelijking die het adviessysteem biedt werden door de deelnemers zeer op prijs gesteld. Doordat het systeem allerlei aspecten van de teelt met elkaar in verband brengt en in concrete getallen en grafieken uitdrukt wordt het onderling vergelijken van teelten als bijzonder leerzaam ervaren. Over het algemeen bleek dat de telers zich maar weinig van de samenhang tussen teeltstrategie en energiebehoefte hadden gerealiseerd. Omdat de bedrijven en de gevolgde teeltstrategieën onderling voldoende verschillen ontstond een goed beeld van de keuzemogelijkheden en de effecten daarvan op de plantopbouw en de energiebehoefte. Vooral uitgedrukt per plant bleken de verschillen in energiekosten aanzienlijk te zijn, waarbij het zuinigste en het minst zuinige bedrijf een ruime factor 2 bleken te verschillen (Tabel 3.2.). Dit contrast was bij Poinsettia grotendeels toe te schrijven aan de instellingen van de klimaatregeling en verder aan verschillen in ruimtebenutting. Scenarioberekeningen bij Hortensia lieten zien dat het optimaliseren van het wijderzetschema al snel leidt tot een verbetering van de energie-efficiëntie van de teelt met 20% (Buwalda *et al.* 2012a). Bij Poinsettia was dat effect wat kleiner, maar modelberekeningen lieten zien dat op dit punt ook bij Poinsettia nog wel 10% winst te behalen valt (bijv. Figuur 3.9.)

## 4.5 Het vertalen van kwaliteit in prijs

Het resultaat van de teeltmodule is naast een effect op de teeltduur een effect op lengte en gewicht per plant. Uit deze getallen is een indicatie voor de uitwendige kwaliteit af te leiden. Doordat de technische ontwikkeling van het systeem binnen het project relatief veel tijd heeft gekost was er helaas geen gelegenheid meer om precieze relaties tussen lengte, gewicht en directe aspecten van kwaliteit vast te stellen en te valideren. De uitwendige kwaliteit heeft op haar beurt weer consequenties voor de prijs. Los daarvan heeft de afzetweek een effect op de prijs. In de economische module worden deze zaken berekend in het databank onderdeel prijs. De gebruiker kan de waarden uit de databank overschrijven. De kenmerken die in de databank een relatie hebben met de prijs zijn kenmerken die op de veilingbrief staan vermeld en die een statistisch betrouwbare relatie hebben met de prijs. Enkele kenmerken die waarschijnlijk wel invloed hebben op de prijs zijn dus niet in de databank opgenomen.

## 4.6 Betrouwbaarheid van de rekenresultaten

Om in detail met een complexe situatie van een potplantenteelt mee te kunnen rekenen zijn de gebruikte modellen ook relatief gedetailleerd en complex geworden. Daar bovenop komt nog de wisselwerking tussen kas- en gewasmodel. Om het model real-time met actuele bedrijfssituaties mee te kunnen laten rekenen is vrij veel informatie over het weer, de instellingen van de klimaatregelaar, het partijplan, ras en potmaat, kenmerken van de startplant, teeltmanagementmaatregelen over het toppen, begin korte dag, wijderzetschema en dosering van groeiregulatoren als input nodig. Daarnaast is nog veel informatie nodig over bedrijfskenmerken zoals ouderdom van de kas, goothoogte, kapbreedte, verwarmingsnetten, schermen, luchtramen en eventuele belichtingsinstallatie, warmtebuffer, type ketel, aansluitcapaciteit, etc. Het is erg bewerkelijk gebleken om per bedrijf al deze informatie te verzamelen en te controleren, en regelmatig zijn daarbij achteraf nog fouten en onnauwkeurigheden geconstateerd.

Het bleek daarom erg belangrijk om de berekeningen regelmatig te controleren. Om dit te kunnen doen moest nog extra informatie te worden verzameld. Wat betreft de klimaatregeling ging het om bijvoorbeeld het verloop van buistemperaturen, raam- en schermstanden, het gemeten kasklimaat, inclusief PAR (groeilicht) op gewasniveau. Doordat voor elke kas uiteraard de natuurwetten gelden is het zo dat bij gegeven weersomstandigheden (vooral buitentemperatuur, instraling en wind) en buistemperaturen, scherm- en raamstanden de kastemperatuur wordt bepaald door de energiebalans die daaruit volgt. Klopt deze temperatuur niet met de door KASPRO berekende temperatuur of de gemeten kastemperatuur, dan is er aanleiding om te gaan uitzoeken wat de oorzaak van deze afwijking kan zijn. Vaak blijken dat de instellingen van KASPRO niet overeen te komen met de instellingen van de klimaatcomputer, maar vooral in de aanloopfase is ook vaak gebleken dat technische eigenschappen van de kas, de buizen of schermen niet correct waren, of dat de meetsignalen waarmee werd vergeleken niet correct waren, bijvoorbeeld door een afwijkende plaatsing van de temperatuursensor in een verwarmingsbuis, een slecht geijkte meetbox, of fouten in de configuratie van de data-export via LetsGrow.com. Met name als het gaat om complexe scherminstallaties die op sommige bedrijven aanwezig zijn, bijv. met drie schermen of verschillende schermen op het zelfde dradenbed, is ook het klimaatmodel KASPRO te beperkt om een exacte berekening uit te kunnen voeren (KASPRO kan met maximaal twee schermen rekening houden). Verder is tot nu toe gebleken dat het systeem als geheel wel zo logisch in elkaar zat dat de bron van de afwijking op basis van systematische analyse kon worden opgespoord en aangepast.

Voor het gewasmodel gold eigenlijk het zelfde, en bleek het belangrijk om regelmatig de planthoogte, het aantal afgesplitste bladeren en het bloeistadium te registreren in het adviessysteem. Ook zijn enkele malen complete planten gesloopt en in detail opgemeten. Daarnaast was informatie nodig over de gerealiseerde rembehandelingen, wijderzetacties en eventuele verplaatsing naar een andere afdeling. Omdat er aan het begin van het project eigenlijk nog geen sprake was van een functionerend gewasmodel was voor het bijhouden en registreren van al deze informatie veel discipline, geduld en lange-termijn-visie nodig. Overigens bleek ook regelmatig, vooral nadat het gewasmodel geleidelijk meer betrouwbare resultaten ging berekenen, dat de registraties zelf fouten kunnen bevatten. Voor een deel konden die worden opgevangen door in de registratieschermen input-checks in te bouwen. Het gewasmodel zelf is uiteindelijk toch een vereenvoudigde afspiegeling van een levend gewas gebleven, waarbij de reacties van het gewas op de condities alleen konden worden ingebouwd binnen de range aan klimaatcondities die daadwerkelijk op de deelnemende bedrijven zijn gerealiseerd, en voor zover ze eenduidig aan een bepaalde factor of een bepaald principe of bekend mechanisme konden worden toegeschreven. Uit de eindevaluatie van het adviessysteem bleek dat er behoefte is aan transparantie en een duidelijke afbakening op dat gebied. Met name bij het scenariorekenen is het van belang om duidelijk aan te geven wanneer een rekenresultaat buiten de bandbreedte van bekende klimaatomstandigheden of gewascondities uitkomt. In principe kan het model ook worden begrensd tot range van bekende teeltcondities en berekende gewaskenmerken. Dit zou echter de waarde van het systeem voor het exploreren van nieuwe mogelijkheden belangrijk beperken. Dit is een aandachtspunt bij de verdere ontwikkeling van dit - of een vergelijkbaar - systeem.

## 4.7 Terugkoppeling met doelstelling

In het hier gerapporteerde project was de bedoeling om samen met een representatieve groep telers een beslissingsondersteunend instrument te ontwikkelen en op de deelnemende bedrijven te testen. Het instrument maakt op tactisch (planning) en operationeel niveau (teeltmonitoring en real-time beslissingsondersteuning) inzichtelijk waar de kansen liggen voor energiebesparing en het energie-efficiënt realiseren van teelt doelstellingen.

Hoofddoel was aantonen dat energiezuinig telen niet ten koste hoeft te gaan van productie, kwaliteit of bedrijfseconomisch rendement. Integendeel:

- \* Verwacht kan worden dat op korte termijn voor de deelnemende gewassen een energiebesparing van 20% realiseerbaar is (met behoud van kwaliteit) op basis van benchmarking, vergelijken van energie-efficiëntie tussen de deelnemende bedrijven onderling, een efficiëntere teeltplanning en rationalisering van energiegebruik op basis van de inzichten die het systeem oplevert.
- \* Daarnaast kan het systeem voor een aantal voor de hand liggende teeltmaatregelen zoals verlaagde teelttemperatuur, meer met het weer mee regelen en langer schermen de effecten op energiebehoefte en teeltresultaat laten zien. Deze mogelijkheden kunnen zowel op plannings- als op operationeel niveau worden gerealiseerd.

Na afloop van de praktische fase is het project geëvalueerd met de deelnemers en de opdrachtgevers. Het eindoordeel was dat er veel is bereikt en dat project de waarde van deze benadering voor de praktijk inderdaad heeft aangetoond. Vastgesteld werd dat de rekenresultaten voldoende realistisch zijn om voor de telers en teeltadviseurs in de praktijk van waarde te zijn. Hierbij werd wel opgemerkt dat de overzichtelijkheid, de gebruikersvriendelijkheid en de snelheid nog kunnen worden verbeterd. Ook moet nog meer aandacht worden gegeven aan het voorkomen dat gebruikers met onrealistische of onmogelijke instellingen gaan rekenen. Met de opdrachtgevers is afgesproken om te kijken wat hieraan kan worden verbeterd nadat de parallel lopende projecten voor Hortensia en Ficus ook zijn afgelopen. Het is de bedoeling dat het adviesstelsel in de nabije toekomst nog op beperkte schaal op bedrijven zal worden getest.

## 4.8 EZTP en het nieuwe telen

Een belangrijke ambitie van het transitieprogramma Kas als Energiebron is om de Nederlandse glastuinbouw minder afhankelijk te maken van fossiele brandstoffen. Hiervoor is het nodig om af te wijken van de gangbare teeltwijze. Het aantal mogelijkheden om af te wijken van de gangbare teeltrecepten is in principe onbeperkt. Welke van deze mogelijkheden zijn kansrijk? Buiten de gebaande paden liggen kansen, maar ook risico's. In ieder geval geldt dat de voorspellende waarde van de ervaringskennis van telers en voorlichters snel afneemt naarmate meer wordt afgeweken van de gangbare praktijk. Bedrijven kunnen zich over het algemeen geen (grote) mislukkingen veroorloven. Dit maakt dat telers geneigd zijn om voorspelbaarheid te verkiezen boven onzekerheid, ook als ze daarmee de kans op rendementsverbetering en energiebesparing laten liggen. Op zich is dat begrijpelijk. Het telen van tuinbouwgewassen in een kas is een complex proces, dat zich niet gemakkelijk in vuistregels laat vangen. Acties die onder bepaalde omstandigheden effectief zijn werken onder andere omstandigheden niet. Ook kan een maatregel die op korte termijn een gewenst effect heeft op langere termijn juist averechts uitpakken.

Belangrijke thema's binnen Het Nieuwe Telen zijn (1) het leren omgaan met technische innovaties zoals extra schermen, vernevelen, koelen, luchtbeweging, semi-gesloten telen, (2) verminderen van energieverbruik in verband met ontvochtiging door het toelaten van hogere vochniveaus in combinatie met luchtbeweging, en (3) met de klimaatregeling meer 'de natuur volgen' door minder zonwering in te zetten, en grotere temperatuurverschillen toe te laten tussen dag en nacht, zonnig en bewolkt weer en naar gelang van de seizoenen. Inderdaad bleek uit berekeningen dat het aanhouden van bredere temperatuurgrenzen tot een verlaging van de energiebehoefte met maar liefst 50% kan leiden (Figuur 3.7.).

Onderdeel van het adviessysteem is het rekenmodel KASPRO dat op basis van fysische wetten allerlei verschillende aspecten van de energiestromen en het klimaat in een glastuinbouwkas dynamisch en in onderlinge samenhang kan berekenen. Het programma wordt in verschillende onderzoeksprojecten ingezet en daarbij ook voortdurend getoetst en verder ontwikkeld. Omdat KASPRO als een losse module met het adviessysteem is verbonden is het technisch eenvoudig om steeds de laatste versie van het model te gebruiken. Op die manier profiteert het adviessysteem direct van andere ontwikkelingen. Aan de andere kant vormt het inzetten van KASPRO onder zeer uiteenlopende praktijkomstandigheden ook een doorlopende impuls tot verdere ontwikkeling van het model. Wat betreft de hardware en technische innovaties kan de KASPRO-versie die in het adviessysteem draait momenteel al omgaan met verneveling, dubbele schermen en meerdere functies per scherm (inclusief vochtregeling), temperatuurintegratie, bodemkoeling en -verwarming, warmtepompen, WKK, rookgascondensor, deksproeiers, warmtebuffer, aquifers. Door de opzet van het model betekent dat automatisch dat het ook in staat is om verschillende regelstrategieën door te rekenen.

Wat betreft de ontwikkeling van het gewasmodel hebben de gekozen gewassen voor behoorlijk wat uitdaging gezorgd. Om in de informatiebehoefte van de telers te kunnen voorzien bleek het nodig te zijn om naast de klassieke groei- en ontwikkelingsfuncties modules te ontwikkelen voor mobilisatie van reservestoffen, invloed van lichtintensiteit, LAI, temperatuurniveau, temperatuurprofiel binnen het etmaal en dosering van diverse groeiregulatoren op de strekkingsgroei, effecten van source/sink op ontwikkelingssnelheid, lichtbeschikbaarheid in verschillende gewaslagen, abortie van bloemen en het triggeren van de uitloop van okselknoppen. Langzamerhand is voor alle voorbeeldgewassen voldoende voorspellende waarde van de berekeningen bereikt dat die door telers serieus worden genomen. In het geval van Poinsettia bleken op de deelnemende bedrijven verschillende rassen Poinsettia te worden geteeld, die duidelijk verschillende parameterinstellingen nodig hadden om te zorgen dat een teelt goed door het model kon worden nagerekend. Door de kleine schaal van de proefopzet en de verschillen per teeltseizoen en per bedrijf was het qua modelontwikkeling niet mogelijk om veel verder te komen dan het optimaliseren van de parameters. Een methodische validatie zou meer zekerheid over de betrouwbaarheid van de voorspellingen hebben opgeleverd. Dit zal nu moeten wachten tot een eventueel volgend project.

## **4.9 Bruikbaarheid voor andere gewassen**

Potplantentelers blijken over het algemeen niet erg te zijn geïnteresseerd in groei in de zin van absolute biomassa-productie. Een situatie zoals in de vruchtgroententeelt, waar iedere teler precies weet hoeveel kg hij produceert, is in de potplantenteelt haast ondenkbaar. De belangrijkste aspecten zijn over het algemeen de einddatum en de hoogteontwikkeling in samenhang met een goede kwaliteit. Daarnaast op intensief werkende bedrijven ruimtebenutting. Het is de vraag of telers van andere gewassen zelfstandig met het systeem aan de slag zullen gaan op basis van rekenvoorbeelden van de drie voorbeeldgewassen Hortensia, Poinsettia en Ficus. Daarvoor is hun informatiebehoefte waarschijnlijk te specifiek en de hoeveelheid tijd die moet worden geïnvesteerd om het systeem te voeden met specifieke teeltinformatie te groot. Wel bieden de mogelijkheden die het systeem momenteel kent voldoende aanknopingspunten om allerlei aspecten van de samenhang tussen teeltstrategieën, energieverbruik en teeltresultaat duidelijk te maken in de vorm van vakbladartikelen, korte educatieve communicaties, nieuwsflitsen en blogs. Een nuttig referentiekader daarbij vormen de resultaten uit de proeven met Het Nieuwe Telen met uiteenlopende potplantensoorten bij drie contrasterende regelstrategieën die in 2009 en 2010 werden uitgevoerd in Bleiswijk, onder de vlag van Kas als Energiebron.

Omdat het gewasmodel een zelfstandige standaardmodule binnen het adviessysteem vormt zijn aanpassingen aan bestaande modellen of het opnemen van nieuwe modellen vrij eenvoudig door te voeren. Het is daarom denkbaar dat voor verschillende nieuwe gewassen eenvoudige, generieke modellen en registratiemodules worden ontwikkeld.

De economische module is voor het grootste deel generiek, en dus geldig voor meerdere soorten potplanten. Uitzondering is het deel van de databank waar de productprijs wordt geschat aan de hand van plantkenmerken. De geschatte prijs kan echter door de gebruiker worden aangepast, zodat dit geen onoverkomelijk probleem is.

## 4.10 Conclusies

Door modellen voor gewas en kasklimaat/energie te koppelen aan bedrijfskenmerken, actuele meetgegevens en teeltregistraties ontstaat een bruikbaar inzicht in de samenhang tussen energiebehoefte, klimaatregeling, teeltplanning en gewasmanagement.

Het EZTP adviessysteem is op twee manieren te gebruiken: globaal en exact. Een globale berekening op basis van redelijk herkenbare standaardinstellingen geeft een bruikbare indicatie van de relatieve effecten van keuzes op het gebied van teeltplanning, klimaatregeling of gewasmanagement op energieverbruik en energie-efficiëntie van de teelt. Een exacte berekening is alleen mogelijk als alle ingevoerde gegevens qua instellingen, meetgegevens en gewasmanagement precies kloppen. Om dit te bereiken is een aanzienlijke inspanning nodig om systematisch en gedisciplineerd gewasregistraties, gewasmanagement-acties en aangepaste klimaatinstellingen in te voeren, anders heeft het geen meerwaarde ten opzichte van een globale berekening. Verder moet rekening worden gehouden met het feit dat de modellen over het algemeen niet snel meer dan 90% verklarende kracht hebben.

De grootste energiewinst is in de Poinsettiateelt te behalen door meer groei en ontwikkeling in de eerste helft van het teeltseizoen te laten plaatsvinden, en in de tweede helft van de teelt de temperatuur te verlagen. Verder laten berekeningen zien dat met een set extreme klimaatinstellingen HNT-stijl het energieverbruik kan halveren, zonder dat dat invloed heeft op de teeltduur, het ruimtebeslag of het eindgewicht. Deze strategie is echter niet experimenteel bevestigd.

Door met verlaagde temperatuur te telen wordt de teeltduur verlengd. Wanneer dit bij een gegeven opzetdatum zou leiden tot extra teeltdagen in de stooktechnisch dure periode rond begin december heeft dit voor energiebesparing geen zin. Aan de andere kant: wanneer van tevoren rekening wordt gehouden met de teeltduurverlenging door de partij eerder op te zetten en eerder in de korte dag te doen kan met temperatuurverlaging een energiebesparing tot 50% worden bereikt. Energieverbruik voor vochtregulatie blijft daarbij wel nodig.

Kleinere planten kunnen energiezuiniger worden geteeld dan grotere planten.

Met het optimaliseren van het wijderzetschema kunnen enkele procenten energiewinst worden geboekt.

Het is mogelijk gebleken om binnen een bestek van twee teeltseizoenen een gewasmodel te ontwikkelen dat voor telers herkenbare resultaten berekent. Bij de eindpresentatie voor een bredere groep poinsettiateelers bleef echter een deel van mening dat de teelt van Poinsettia zo ingewikkeld is dat ze niet verwachten dat een rekenmodel daar ooit voldoende betrouwbare voorspellingen over zal kunnen doen. Natuurlijk is er in elke doelgroep een grote middenmoot aan te wijzen die de ontwikkelingen met redelijke belangstelling volgt maar zich verder voorlopig afwachtend opstelt. Daarnaast zijn er aan de ene kant de enthousiaste pioniers en aan de andere kant de sceptische 'remmers'. Zodra de pioniers succes krijgen gaat de middenmoot serieus overwegen om ook in te stappen. De remmers kunnen soms een nuttige rol spelen in de discussie, maar vaak is het verstandig om te voorkomen dat ze de agenda gaan bepalen.

In het algemeen heeft het project heeft bevestigd dat telers meer geneigd zijn om over energiebesparende maatregelen en strategieën na te denken naarmate het verband met de effecten op het gewas en de verkoopbaarheid duidelijker inzichtelijk zijn. "Power, Plant en Portemonnee" dus.

## 4.11 Aanbevelingen

Een belangrijke beperking van het EZTP-systeem is dat het alleen inzicht geeft op het niveau van afzonderlijke partijen. Op de meeste bedrijven staan tientallen partijen, vaak verschillend wat betreft ras en stadium, bij elkaar in een afdeling. Telers zullen niet snel teeltmaatregelen doorvoeren die gunstig zijn voor een bepaalde partij, zolang niet duidelijk is wat de gevolgen zullen zijn voor alle overige partijen in de zelfde afdeling. Om echt bruikbaar te worden zou EZTP dus moeten worden gekoppeld aan planningssystemen voor ruimte, interne logistiek en afzet.

Ook het integreren van arbeidsfilm en marktsituatie zou de waarde van de adviezen in principe kunnen verhogen. Dit heeft echter pas zin als de betrouwbaarheid van de basis-uitkomsten van gewassimulaties inderdaad met meer zekerheid is vastgesteld.

De teeltadviesmodule van het huidige EZTP is gebaseerd op plantkenmerken die het gewasmodel direct kan berekenen. Deze verschillen nog deels van de kenmerken op de veilingbrief staan vermeld. De teeltmodule levert ook plantkenmerken die invloed hebben op de prijs, die niet op de veilingbrief staan vermeld. Het verdient aanbeveling de relatie tussen deze kenmerken en de prijs nader te bestuderen en ook in het model op te nemen.

Er moeten nog meer beveiligingen in het systeem worden ingebouwd om te voorkomen dat de modellen aan onrealistische of onmogelijke scenario's gaan rekenen, of aan extreme condities waarvoor ze niet zijn gevalideerd. Ook moet het systeem duidelijk aangeven waar en wanneer rekenresultaten buiten het domein van bekende gewas- of teeltcondities uitkomen. De bewerkelijkheid van het invoeren van registratiegegevens en klimaatinstellingen en het vergelijken en controleren van meetgegevens en berekende waarden vormt een belangrijke belemmering voor het breed invoeren van het adviesstelsel. Twee verbeteringen die technisch relatief gemakkelijk kunnen worden gerealiseerd zijn automatische controleprocedures en het direct overnemen van de instellingenhistorie uit de klimaatcomputer.

Er zal waarschijnlijk altijd inhoudelijke en technische ondersteuning nodig blijven bij het toepassen van het systeem door telers. Dit kan alleen duurzaam worden gerealiseerd op basis van een realistisch exploitatiemodel. Essentieel voor de acceptatie zal daarbij zijn dat de meerwaarde van de informatie uit het systeem duidelijk inzichtelijk gemaakt wordt. Behalve uitgespaarde kosten voor energie kan die waarde bestaan uit een efficiëntere bedrijfsvoering, het nauwkeuriger kunnen leveren op contract, gemiddeld betere kwaliteit en betere ruimtebenutting. Voor een bedrijf met een productiewaarde van 1 miljoen per jaar liggen de productiekosten (exclusief energie) vaak ongeveer op een zelfde niveau. Een procent verbetering is dan al 10.000 €/jr waard. Bij energiekosten van 10 €/m<sup>2</sup>/jr zal een besparing van 10.000 €/jr ook snel zijn gevonden (bedragen gebaseerd op gegevens van het LEI - van der Velden 2008). Dit geldt vooral voor energie-intensieve bedrijven met een relatief hoog investeringsniveau. In de poinsettiateelt zijn echter ook meer extensief werkende bedrijven te vinden, vaak ook met een wat lager investeringsniveau. Op dergelijke bedrijven wordt vaak al weinig gestookt. Daarom zal de te behalen winst wat betreft efficiëntere bedrijfsvoering en energiebehoefte, beslist kleiner zijn.

Het leren werken met het systeem vraagt een aanzienlijke inspanning van teeltadviseurs en eindgebruikers. Bedrijven zullen alleen geneigd zijn om deze investering te doen als er voldoende garanties kunnen worden gegeven wat betreft beschikbaarheid en onderhoud van de software (minimaal 5 jaar ondersteuning), betaalbaarheid, een helpdesk-functie en het oplossen van knelpunten die in het gebruik zeker zullen opduiken.

Duurzame exploitatie, ondersteuning en continuïteitsgarantie zijn waarschijnlijk gemakkelijker te realiseren binnen een dienstverlenend bedrijf dan bij een projectgebaseerde organisatie als Wageningen UR. De inhoudelijke betrokkenheid van onderzoekers zou daarbij dan apart moeten worden georganiseerd.

Het denken in termen van flexibele teeltscenario's en alternatieve opties vraagt een andere manier van kijken ('mindset') van de gebruiker dan het telen op basis van vaste teeltrecepten. Zowel telers als teeltadviseurs hebben op dit gebied nog een slag in maken. Het zou verstandig zijn om hier van meet af aan ook het groene onderwijs bij te betrekken. Technisch biedt de internet-gebaseerde uitwisseling van data binnen bedrijfsvergelijkingsgroepen al voldoende basis om scholen op deze informatiestromen aan te sluiten.

Om EZTP op grote schaal toepasbaar te krijgen, dient EZTP geschikt gemaakt te worden voor in elk geval de top-10 potplanten.





## 5 Referenties

- Arkesteijn M. (2010). Je kunt terug en vooruit kijken met het nieuwe zettingsmodel. *Onder Glas* 12(2010): 52-53.
- Benninga, J., Plantkenmerken, plantwaardering en prijsvorming bij Azalea. PBN rapport 209, Aalsmeer 1995.
- Benninga, J., Plantkenmerken in relatie tot plantwaardering door consumenten en handel en in relatie tot de veilingprijs bij Hortensia, PBG rapport 78, Aalsmeer 1997a.
- Benninga, J., Plantkenmerken in relatie tot plantwaardering door consumenten en handel en in relatie tot de veilingprijs bij Poinsettia, PBG rapport 111, Aalsmeer 1997b.
- Benninga, J., Het economisch perspectief van energiebesparing door het aanhouden van lagere stooktemperaturen bij potplanten, LEI rapport 2.05.10, Den Haag 2005.
- Breuer, J.J.G. en Van de Braak N.J., 1989. Reference Year for Dutch Greenhouses. *Acta Hort.* 248:101-108.
- Buwalda F, Benninga, J, Buurma J, Verberkt H. en van Noort F (2009). Energiezuinige teeltplanning voor potplanten - Een systeemontwerp. Wageningen UR Glastuinbouw Rapport 226.
- Buwalda F., van der Mark C., Swinkels G.J., de Zwart F., van Gastel T., Burema C., Kamminga, H. en Kipp j. (2009). Kijk in de Kas - een interactieve leeromgeving over tuinbouw en energie. Wageningen UR Glastuinbouw Rapport 247.
- Buwalda, F., de Zwart, H.F., van Henten, E.J., de Gelder, A., Hemming, J., Bontsema J., Lagas P. & van der Mark, C. (2009a). Proof of Principle - Testen van dynamische optimalisatie als methode om doelgerichte sturing van de teelt te combineren met energiebesparing. Wageningen UR Glastuinbouw Rapport 238.
- Buwalda F., de Zwart F., Swinkels G.J., Bontsema J., Elings A., de Gelder A., Sterk F en van der Mark C. (2010). Model-gebaseerde teeltadvies voor paprika. Wageningen UR Rapport GTB-1052.indd
- De Zwart, H.F. 1996. Analyzing energy-saving options in greenhouse cultivation using a simulation model. PhD Thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands
- Eveleens-Clark, B.A.; Lagas, P.; Driever, S.M.; Swinkels, J.; Bij de Vaate, J.; Kaarsemaker, R.C. (2010). 40 kg Paprika. Wageningen UR Glastuinbouw/DLV Plant/Groen Agro Control.
- Fisher, P.R. and Heins, R.D. 2002 - UNH FloraTrack for Poinsettia: Graphical tracking plant height on computer. Michigan State University.
- Klapwijk, A.P., Bedrijfs-economische kostenanalyse van de teelt van *Hydrangea Macrophylla* (Hortensia), Landbouw Universiteit Wageningen 1996.
- Kromwijk, A., van der Wurff, T. 2002. Toetsing planmatige remstrategie Poinsettia. PPO Rapport GT 12011, Aalsmeer.
- Rijssel, E. van, Normen afleiden uit arbeidsregistratie, PBN rapport, Aalsmeer 1993.
- Snipen, L.G., Moe, R., Sùreng, J.S., 1998. Predicting the time to flowering in poinsettia using a first passage time model. *Acta Hort.* 456, 151-159.
- Uitermark, C.G.T., B.J.H. van der Geest, Kostprijsberekening potplanten, ATC Wageningen 1994.
- VBN 2006. Productspecificatie *Euphorbia pulcherrima* (Poinsettia), Verenigde Bloemenveilingen Nederland.
- Van der Velden, N.J.A., 2008. Effecten stijgende energieprijzen voor de Nederlandse glastuinbouw. Rapport VR2008018. LEI, Den Haag.



# Bijlage I      Communicatie

## Handige software helpt Poinsettia-telers bij energiebesparing

donderdag, 09 september 2010

### **Wageningen UR Glastuinbouw**

Er zijn flinke verschillen tussen potplantenbedrijven als het gaat om teeltduur, ruimtebeslag en energie-efficiënte. Dit blijkt uit het project Energiezuinige Teeltplanning voor Poinsettia. De software die in dit project werd ontwikkeld, is nu gereed en de deelnemers gaan ermee in de praktijk verder werken. De onderzoekers hebben deze week de programmatuur aangeboden de Landelijke Gewascommissie Poinsettia aan.

WUR-Glastuinbouw heeft samenwerking met DLV-Plant en het LEI twee jaar gewerkt aan een adviessysteem voor de Poinsettiateelt. Dit systeem is ontwikkeld in het kader van het programma Kas als Energiebron, in opdracht van het Productschap Tuinbouw en het Ministerie van LNV, en is nu gereed.

In het systeem zijn rekenmodellen voor gewas, kasklimaat en energiebehoefte real-time gekoppeld met meetgegevens en registraties afkomstig van de deelnemende bedrijven. Via internet wisselen deelnemers informatie uit, zodat verschillende partijen op de deelnemende bedrijven kunnen worden gevolgd en vergeleken.

### **Energiebesparen**

Tijdens het project bleek dat door te spelen met de instellingen van het adviessysteem een teler vooraf bekijken of een bepaalde teeltmaatregel zin heeft of niet. Zo blijkt bijvoorbeeld dat het verlagen van de teelttemperatuur lang niet altijd leidt tot energiebesparing omdat de teelt dan ook langer duurt. Per dag wordt wel minder gestookt, maar doordat er meer stookdagen nodig zijn wordt de winst vaak weer ingeleverd.

Ook werd duidelijk dat met een goed uitgekiend wijderzetschema is veel efficiëntiewinst te behalen. Met een goede voorspelling van de einddatum kan worden voorkomen dat op het laatst nog flink moet worden gestookt om een partij op tijd te kunnen leveren.

*Categorie: Het Nieuwe Telen, potplanten*

# Energiezuinig kerststerren kweken



Fokke Buwalda,  
Wageningen UR Glastuinbouw  
donderdag, 18 november 2010

*Categorie: Het Nieuwe Telen, potplanten*

Poinsettia is een typisch seizoensproduct. Alleen in de aanloop naar de feestdagen is er vraag naar. Partijen worden vaak al verkocht ruim voordat ze klaar zijn. Het is daarbij belangrijk om de einddatum goed te kunnen voorspellen.

Poinsettia is een korte dag (KD) plant. Dat betekent dat de bloei-inductie begint zodra het aantal uren licht per dag onder een bepaalde kritische daglengte komt. Vanaf dat moment valt het eindpunt te voorspellen. Wel is het ene ras wat sneller dan het andere. Voor dit doel bestaan tabellen met daarin per cultivar de te verwachten teeltduur. Zolang de teeltomstandigheden niet teveel afwijken van de standaard vormen deze tabellen een bruikbare leidraad.

De glastuinbouw moet minder afhankelijk worden van fossiele brandstoffen. Voor een massaproduct als Poinsettia is kostprijsbeheersing ook erg belangrijk en energie vormt een belangrijk deel van de productiekosten. Een relevante vraag is daarom: 'hoe kun je bij de kerstster energiekosten besparen?' Gewoon met een lagere temperatuur telen, blijkt niet te werken. De teelt duurt dan langer, en wat je wint aan stookkosten per dag lever je weer in aan extra stookdagen, met het risico dat de partij ook nog te laat klaar is.

## **Vochtbeheersing**

Veel van het energieverbruik in de KD-fase hangt samen met vochtbeheersing in verband met Botrytis. Wij zien daarom perspectief in alternatieve manieren van vochtbeheersing, zo mogelijk in combinatie met Botrytis-resistente rassen. Wat betreft het verbeteren van de vochtbeheersing kan worden gedacht aan het inblazen van buitenlucht, die bij opwarming in de kas een hoop extra vocht kan opnemen. De ervaring uit teeltproeven bij lage temperatuur leert dat daarbij een gelijkmatige horizontale temperatuurverdeling een belangrijke voorwaarde is. Temperatuur bepaalt de einddatum en alleen bij een gelijkmatige temperatuur zullen alle planten van een partij gelijktijdig klaar zijn. Dat wil overigens niet zeggen dat er met slimme aanpassingen in de temperatuurstrategie geen energiewinst valt te behalen. Hier komen we op terug in volgende weblogs.

In het onderzoek zullen wij ons het komende teeltseizoen richten op het verder praktijkrijp maken van het voorspellende en verklarende model voor een energiezuinig teeltplanningsadviesstelsel (EZTP). Daarnaast zullen collega's van Wageningen UR Glastuinbouw doorgaan met hun onderzoek aan buitenluchtaanzuiging. Kennis uit andere teelten kan worden vertaald naar de potplantenteelt. Samen ontwikkelen we zo een teelt die minder afhankelijk is van de inzet van fossiele brandstoffen. De komende maanden zullen potplantentelers, adviseurs en onderzoekers op deze plaats verslag doen van hun bevindingen met EZTP in de teelt van poinsettia én van andere potplanten.

Met een goede teeltnavigator is winst te behalen

# Potplantentelers kunnen 40% energie besparen met slimmer telen

POTPLANTEN  
ENERGIEBESPARING



Fokke Buwalda en Helma Verberk: "Met het model kunnen potplantentelers op korte termijn 20% energie besparen en op middellange termijn 40% ten opzichte van 2008."

De Nederlandse meteoroloog Frits Koek mocht de vierde etappe van de Volvo Ocean Race navigeren, vanwege zijn succes in de BrunelSunergy, een eerdere zeilrace om de wereld. Als je een teelt vergelijkt met een zeilrace over de oceaan, waarin zou je dan moeten investeren: in een betere boot of een betere navigator? Goed navigeren, kan winst opleveren. Niet alleen bij het zeilen rond de wereld, ook bij alle soorten potplanten.

TEKST EN BEELD: MARLEEN ARKESTIJN

teeltnavigatie

Plantenfysioloog en modelbouwer Fokke Buwalda werkt aan een 'teeltnavigator' voor potplantentelers. Het is een beslissingsondersteunend systeem dat telers helpt om te zien wat de gevolgen zijn van een teeltdoel of instelling in hun kas. "Je moet het gebruik zien als een nieuwe tak van sport. Je kunt de teeltnavigator in het bedrijf mee laten rekenen en advies laten geven."

Dit onderzoek vindt plaats in het kader van het project 'Energiezuinige teeltplannen voor de potplantenteelt', gefinancierd door PT en LNV in het kader van het programma 'Kas als Energiebron'. Buwalda werkt in een multidisciplinair team van onderzoekers van Wageningen

energie-  
oefdracht

UR Glastuinbouw, LEI en DLV Plant en drie telersgroepen.

## Teeltdoelen voorop

Teeltdoelen staan voorop, ook al is de in steek energiebesparing. Energiebesparing hoeft niet ten koste te gaan van de productie. Op korte termijn is een energiebesparing van 20% te realiseren met behoud van kwaliteit. "Dit kunnen we realiseren op basis van 'benchmarking': het vergelijken van de energie-efficiëntie tussen de deelnemende bedrijven onderling, een efficiëntere teeltplanning en rationalisering van het energiegebruik op basis van de inzichten die het systeem oplevert."

Volgens de fysioloog is voor de middellange termijn een energiebesparing tot 40% mogelijk ten opzichte van 2008. Een deel van deze besparing schrijft hij direct toe aan een meer rationele inzet van fossiele brandstoffen.

## Het planningssysteem

Buwalda heeft losse modules gebouwd, zoals een kasmodel, gewasmodel, teeltmanagementmodel, een module voor kosten en baten en modules die het model met gegevens voeden en de resultaten zichtbaar maken.

"Het systeem berekent per partij een teeltprognose uit, rekening houdend met kaseigenschappen, het weer, de klimaatinstellingen en bijzonderheden zoals opstartdatum, topdatum, het wijderzetschema en het begin van de korte dag. We brengen verschillende soorten gegevens met elkaar in verband. Op basis daarvan berekent het systeem per partij allerlei nuttige kengetallen, zoals de energie-efficiëntie, de ruimtebenutting, de lichtbenutting en het economische rendement."

Door het berekenen van verschillende combinaties krijgt een teler inzicht in de verschillende mogelijkheden. Door van alle resultaten de kosten en baten te berekenen, kan hij per scenario een saldo berekenen. De teler bepaalt uiteindelijk zelf voor welk scenario hij kiest. Het beslissingsondersteunende systeem kan een teler vóór, tijdens of na de teelt gebruiken.

## Praktisch systeem

Helma Verberk, manager onderzoek bij DLV Plant, is vanaf het begin betrokken bij het opzetten van dit model. "Wageningen UR werkt fundamenteel. Wij hebben een groot aantal adviseurs en onderzoekers, die fundamentele kennis goed kunnen vertalen naar de praktijk en praktijkvragen kunnen vertalen naar onderzoek. Doordat wij vanaf het begin betrokken zijn, wordt het een praktisch model en geen ingewikkeld model dat op de plank blijft liggen. Het moet vragen van telers oplossen, die aansluiten op de bedrijfsdoelen."

Energie, teeltplanning en -sturing, kwaliteit en marktontwikkelingen ziet zij als belangrijke componenten voor een prak-

losse  
modules

energie-  
efficiëntie

vertalen  
naar praktijk

Vervolg op  
pagina 24





Hortensiateler Leen van Dijk:

## 'Je kunt vooraf beter toetsen wat je beslissingen zijn'

Leen en zijn zoon Robin van Dijk zijn eigenaar van hortensielokwerkerij Dijk van Dijk in De Lier: 5 ha kas en 4 ha containerveld. De teelt bestaat uit twee fasen: de opwekk van driekwart jaar en na een rustfase in de kooicaal, een relatief korte afweek. Van Dijk is een van de pilottelers.

"We starten met stek beworken in de zomer, waarna we ze één keer toppen. Tot half januari blijven ze in de koude kas staan. Daarna ze gaan voor drie tot vier maanden de kooicaal in. Vanaf mei potten we de stekken op om ze zowel binnen als buiten tot trekbare plant op te laten groeien."

In oktober gaan de planten de koude kas of de kooicaal in. Vanaf half november zetten ze wakkels een partij warm."

Vader en zoon hebben zowel de op- als afweek in eigen hand. "Met name in de tweede, intensieve fase, als we wakkels planten opzetten en dagelijks afvoeren, zijn er grote verschillen in energieverbruik, afweektijd en plantdichtheid tussen de telers onderling. Jubit dan kunnen we een goed beslissingsondersteunend systeem goed gebruiken. De hortensiatelers is wat dat betreft de meeste teelt om te zien hoeveel energie je kunt besparen."

### Objectieve navigator

Van Dijk: "Uit de eerste resultaten blijkt dat er binnen de groep verschillen zijn tussen plantvorm en energiebehoefte. We hebben elkaar niet alle vragen gesteld die nodig zijn om producttechnisch hetzelfde product te krijgen. Een voorbeeld. Als we als hortensiatelers met elkaar de teeltzaken vergelijken, zeggen we wel: we hebben de temperatuur op 20 graden ingesteld. Niemand vraagt: hoe warm was jouw bus gisterenavond om half zevent? Welk schermdoek gebruik je? Hoe licht was het? We stellen waarden in, maar niemand weet precies wanneer en hoe ze gerealiseerd worden. Ook raselgenschappen en het gebruik van remstoffen zijn van invloed." Van Dijk ziet het beslissingsondersteunende systeem daarom als een objectieve navigator. "Je kunt vooraf beter de invloed van beslissingen beoordelen en er str-

toegisch mee omgaan. Je kunt bijvoorbeeld zien welk prijskaartje er aan je doeltellingen hangt en vervolgens een plan trekken. Als je energie bespaart, maar slechts drie in plaats van vier keer op dezelfde plek kunt telen, beïnvloedt dat de winstverwachting. In de loop van de teelt kan je ook monitoren of je de goede weg naar het teeltdoel volgt en zo nodig bijsturen. We deden dat tot nu toe op ons gevoel. Met het model kunnen we meer gefundeerde beslissingen nemen."



Leen van Dijk: "Er zijn bij de telers van hortensia grote verschillen in energieverbruik, afweektijd en plantdichtheid. Met een beslissingsondersteunend systeem kan ik zien hoeveel energie ik kan besparen."

maar liefst 40% verschil energieverbruik per plant tussen de bedrijven. Op het bedrijf met de hoogste CO<sub>2</sub>-concentratie, leverde de hoge lichtbenutting de zwaarste planten op met het hoogste percentage droge stof en het hoogste aandeel generatief gewicht."

### Verbeteren energie-efficiëntie

Bij een efficiënt gebruik van energie (gas en elektriciteit) speelt ook de ruimtebenutting een grote rol. De onderzoeker: "Bedrijf 1 verbruikt de meeste energie door de relatief hoge teelttemperatuur. In combinatie met een relatief lage ruimtebenutting, komt het energieverbruik per plant het hoogst uit. Ondanks het laagste energieverbruik per m<sup>3</sup> op bedrijf 4, zorgt de relatief lage ruimtebenutting voor een tweede plaats op de ranglijst van energieverbruik per plant." Buwalda verwacht dat de beslissingson-

dersteunende systemen voor hortensia en poinsettia in de loop van dit jaar aardig zullen vorderen. "We moeten het systeem met de verschillende modellen nog in elkaar zetten, testen, ermee om leren gaan, kritisch de rekenresultaten controleren, de resultaten tussen de bedrijven uitwisselen en dit alles bespreken in de excursiegroep."

Hij vervolgt: "Als met behulp van het systeem de verschillen in onderlinge teeltresultaten zijn te verklaren, kunnen we misschien de helft daarvan omzetten in een structurele verbetering van de energie-efficiëntie. Dan heeft het project zijn nut ruimschoots bewezen. Daarnaast kunnen telers het systeem gebruiken om de mogelijkheden te verkennen van nog zuiniger scenario's."

Terug naar de vraag over de eilrace over de oceaan: waar zou je als eerste extra in investeren als je wilt winnen: een betere

boot of een betere navigator? Dit project suggereert dat met het laatste meetende de meeste winst is te behalen."

Modelbouwer Fokke Buwalda werkt aan een "teeltnavigator" voor potplantentelers. Dit beslissingsondersteunend systeem helpt telers de gevolgen van een teeltdoel of instelling in hun kas in kaart te brengen. Het model kan rekenen en adviseren. Het is opgebouwd uit losse modules: een kasmodel, gewasmodel, teeltmanagementmodel en een module voor kosten en baten. Pilotgewassen zijn poinsettia, hortensia en ficus. Met het model is op korte termijn 20% energie te besparen en op middellange termijn 40% ten opzichte van 2008.

### SAMENVATTING

ruimte-  
benutting

betere  
navigator





