



Energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten

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

Fokke Buwalda¹ Filip van Noort¹ Bert Houter^{1,3} Jan Benninga² Teake Dijkstra⁴ Erik de Rooij⁴

¹ Wageningen UR Glastuinbouw ² LEI ³ GreenQ (huidige functie) ⁴ DLV Plant



Referaat

In het kader van het project Energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten is gewerkt aan een adviessysteem dat potplantentelers 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 met teeltadviseurs en binnen bedrijfsvergelijkingsgroepen. Het systeem 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 systeem, 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
Internet : 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 Gewasmodel	14
	2.1.2 Groei	14
	2.1.3 Ontwikkeling	14
	2.1.4 Hoogte	15
	2.1.5 Registratiemodules	17
	2.1.6 Module voor klimaatinstellingen	18
	2.1.7 Bijhouden van realtime gegevens van de bedrijven	18
	2.1.8 Presenteren van resultaten	18
	2.2 Economische module	20
	2.2.1 Input	20
	2.2.2 Rekenblok	22
	2.2.3 Output	22
	2.2.4 Gebruiksmogelijkheden	23
	2.3 Praktijkproeven op deelnemende bedrijven	23
	2.3.1 Te volgen partijen	23
	2.3.2 Waarnemingen	24
3	Resultaten	27
	3.1 Onderzoeksvragen	27
	3.2 Klimaat en energie	30
	3.3 Energiezuinige scenario's?	34
4	Discussie	41
	4.1 Participatief ontwerpen	42
	4.2 Beslissen in een complexe situatie	43
	4.3 Planning per partij of op bedrijfsniveau	43
	4.4 Bedrijfsvergelijking	44
	4.5 Het vertalen van kwaliteit in prijs	44
	4.6 Betrouwbaarheid van de rekenresultaten	44
	4.7 Terugkoppeling met doelstelling	45
	4.8 EZTP en het nieuwe telen	46
	4.9 Bruikbaarheid voor andere gewassen	47
	4.10 Conclusies	47
	4.11 Aanbevelingen	48
5	Referenties	51

Bijlage I	Eindworkshop	53
Bijlage II	Weblogs op www.Energiek2020.nu	55

Telerssamenvatting

In het kader van het project energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten is gewerkt aan een adviessysteem dat Hortensiatelers 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 met teeltadviseurs en binnen bedrijfsvergelijkingsgroepen. Dit rapport beschrijft de werking van het systeem, de resultaten op 4 hortensiabedrijven, 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

Op basis van bedrijfsgegevens en opplantingen op vier bedrijven in 2008 en 2009 is een gewasgroeimodel gemaakt die op basis van de uitgangssituatie (struikje uit de koeling) een voorspelling doet van de groei en ontwikkeling door rekening te houden met uitgroei van het aangelegde blad en bloemscherm op basis van aangeboden licht- en temperatuur (kasklimaat), wijder zetten, gewasacties en invloed van groeiregulatoren. Dit model levert informatie op over einddatum, eindhoogte, bladoppervlak (LAI) en eindgewicht. 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. Uit analyse van de gegevens is gebleken dat einddatum, eindhoogte, bladoppervlak en eindgewicht redelijk goed voorspeld worden.

Resultaten

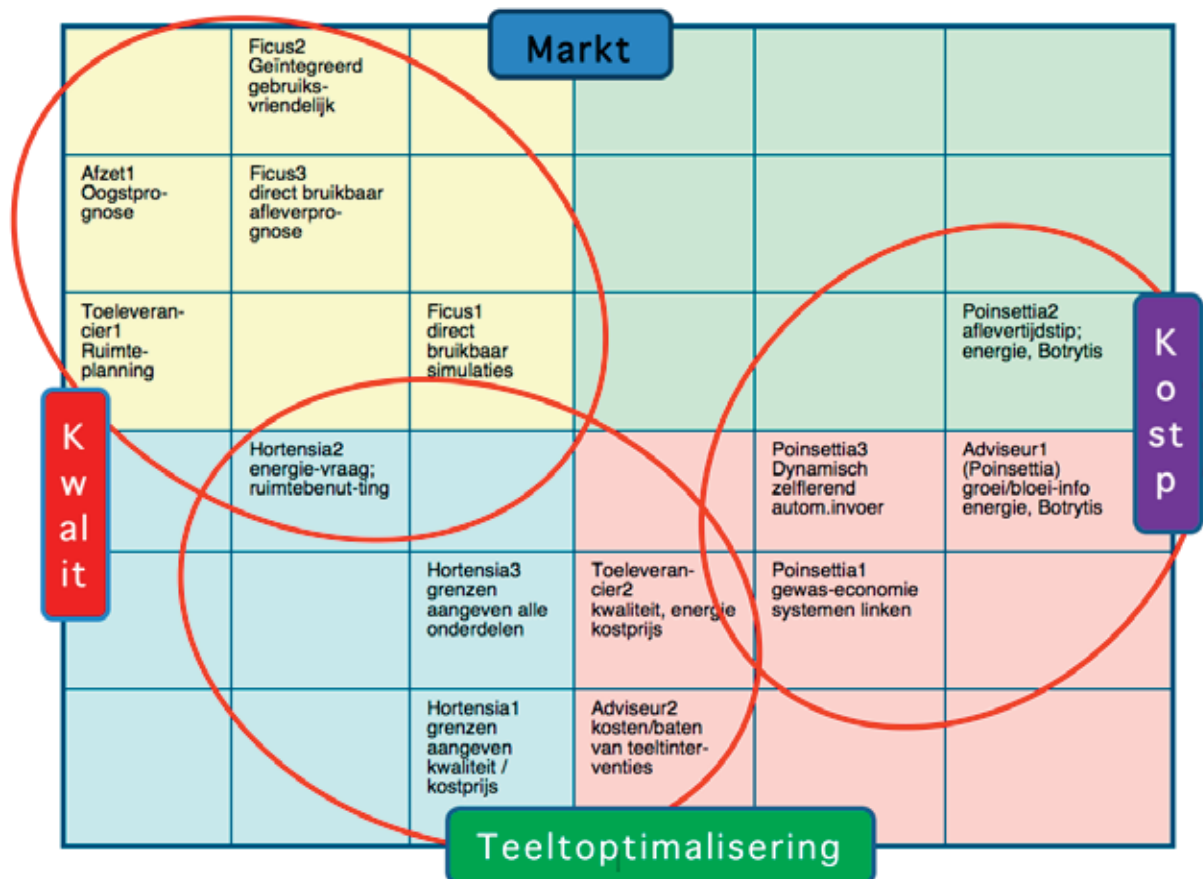
- Uit de rekenvoorbeelden is te leren dat energiebesparing niet eenvoudigweg te bereiken valt met minder stoken. Het is een complex verhaal waarbij het stoken moet worden gezien in relatie met teelt, teeltsnelheid en afzet. Modelleren van deze processen geeft meer inzicht in deze lastige materie.
- Voor hortensia lijkt de winst niet te zitten in temperatuurverlaging, omdat de teeltduur dan toeneemt, waardoor de energiekosten toenemen.
- Verhoging van de energie-efficiëntie kan ontstaan door het meer toelaten van zonnewarmte, dus het meer 'loslaten' van de temperatuur vanaf februari, waardoor minder stookenergie verbruikt kan worden, zonder nadelige effecten op groei en kwaliteit.
- Uit bedrijfsvergelijking bleek dat de deelnemende bedrijven aanzienlijke verschillen lieten zien wat betreft energie-efficiëntie.
- Bij het zelfde energieverbruik per m² 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.
- 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 dit EZTP-model is het mogelijk gemaakt om dieper inzicht te verkrijgen in de complexe situatie van aanpassen van teeltomstandigheden in relatie met teeltsnelheid en de consequenties daarvan op energie. Deze tool maakt het mogelijk om teelten met elkaar te vergelijken van verschillende kwekers, verschillende jaren etc. Door die inzichten kunnen beter onderbouwde beslissingen genomen worden in de bedrijfsvoering.
- 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 sneller meer 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.
- Wat betreft Hortensia is gebleken dat in het struikje dat voor de trek uit de koeling wordt gehaald nog duidelijke invloeden aanwezig zijn van eerdere teeltfasen, waardoor de nauwkeurigheid die met de modelberekeningen kan worden bereikt minder groot is dan bij andere gewassen. (1) Het gaat hierbij om de leeftijd van het struikje, (2) de rembehandelingen die in de laatste teeltfase voor de koeling zijn gegeven, (3) de effectiviteit van de doorbreking van de knoprust tijdens de koelfase. Dit betekent dat het adviessysteem voor praktisch gebruik door Hortensiatelers eigenlijk zou moeten worden uitgerust met een terugkoppeling van gewaswaarnemingen op de berekeningen. Het systeem corrigeert dan tussentijds de berekeningen op basis van gewasregistraties.
- 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 adviessysteem. Er zullen waarschijnlijk altijd deskundigen bij betrokken moeten blijven om storings-, 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 blijven stijgen. Anderzijds nemen de kansen om een goede prijs te realiseren door precies op de marktvrage 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).

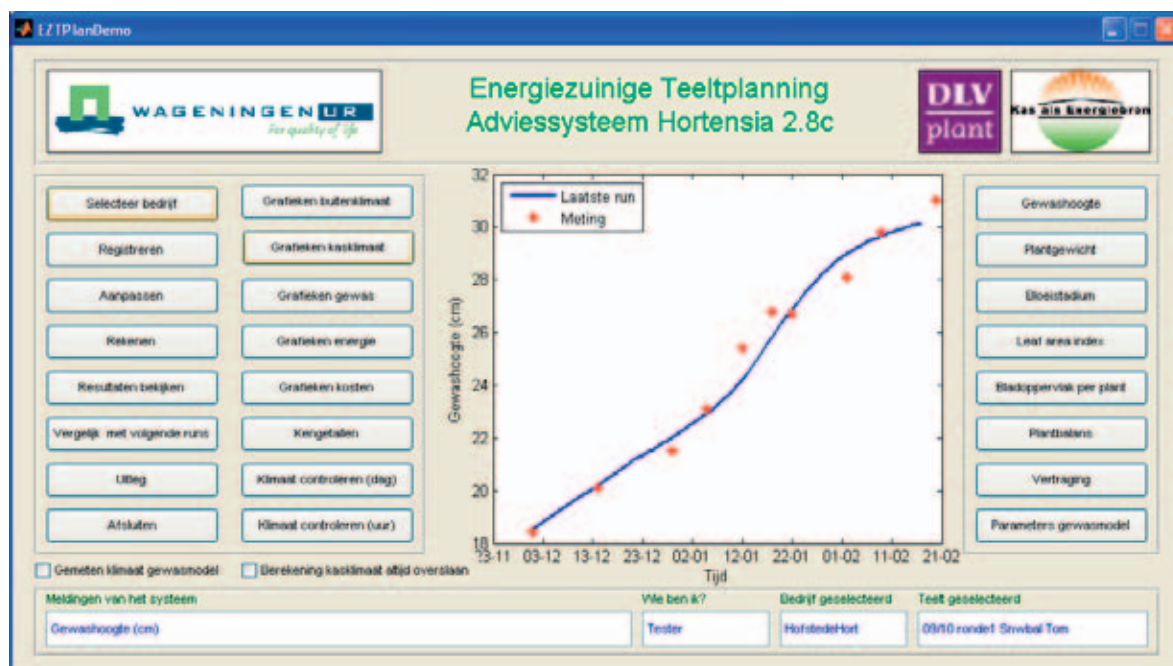
1.1 Energie, teelt en bedrijfseconomie in samenhang

Uit een in 2007 uitgevoerde interviewronde onder telers en teeltadviseurs was 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). 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. 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. Om in deze informatiebehoefte te voorzien is een modelgebaseerd adviessysteem ontworpen (Buwalda *et al.* 2009), dat in het kader van het hier gerapporteerde project Energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten is gebouwd en getest.

1.2 Kennis op de werkvloer brengen

Het ontwikkelde adviessysteem vult de praktijkkennis van de telers en teeltadviseurs aan met procesgebaseerde 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 onderzoekstellingen 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 Hortensia. Het systeem wordt bediend door middel van muisklikken op knoppen. Er is sprake van een hiërarchische menu-structuur, waarbij de knoppen in de linkerkolom het hoofdmenu vormen. Afhankelijk van de gekozen menu-optie wordt de rol van de knoppen in de tweede en derde kolom ingevuld. De getoonde grafiek laat het berekende verloop van de gewas hoogte zien tot aan de berekende einddatum (blauwe lijn). De rode symbolen geven de gemeten planthoogte weer, die via een ingebouwd gewasregistratiesysteem zijn ingevoerd.

Met behulp van het EZTP-adviesysteem 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, Figuur 2.11.), 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 (bijv. 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 performance 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 ² 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 ² kas (gas en electriciteit samen, zonder WKK)
Teeltkosten	€ per plant

1.3 Keuze pilotgewassen

In het onderzoek is gekozen voor de pilot gewassen Hortensia, Poinsettia 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 Hortensia (Figuur 1.1.) en Poinsettia, terwijl het project voor Ficus een jaar later is 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. De gewasmodellen zijn als uitwisselbare modules in het systeem ingebouwd. Zodra voor nieuwe gewassen modellen zijn ontwikkeld kunnen deze ook geschikt worden gemaakt om in het adviessysteem te draaien. Ter illustratie: er is inmiddels ook een versie voor potanthurium ontwikkeld.

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: m³ gas per m² 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 Hortensia 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).

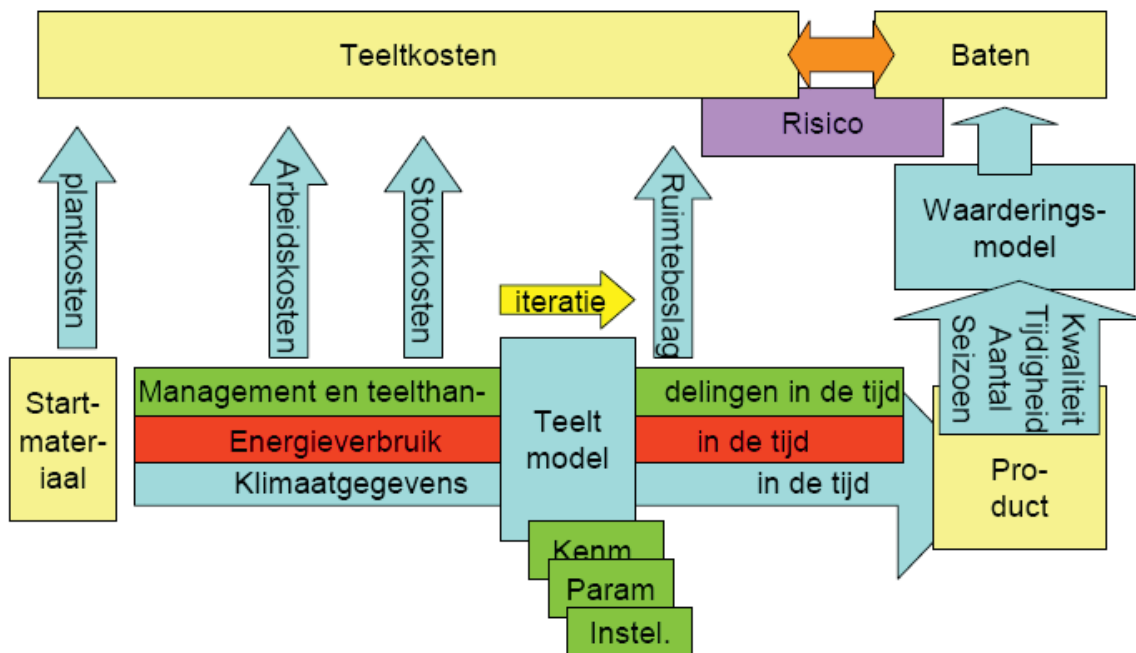
Technische doelstellingen

- Real-time verzameling van gegevens uit de klimaatcomputers van de deelnemende bedrijven, sensordata (lokale RV, temperatuur, CO₂, 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.

Energiedoelstellingen

- 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 weersverloop (SEL-jaar). 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

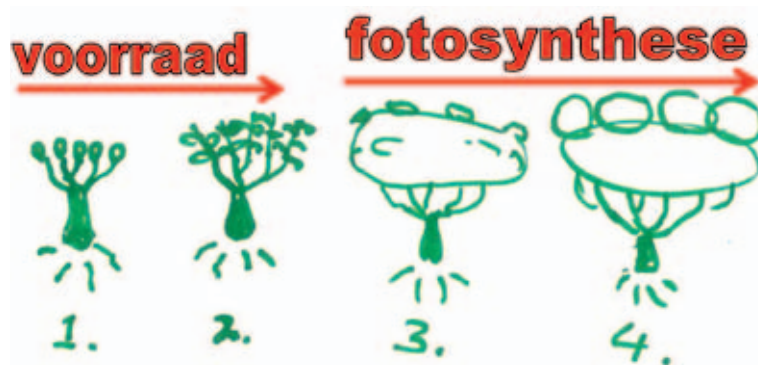
De kern van het systeem wordt gevormd door de koppeling van twee rekenmodellen: KASPRO voor kasklimaat en energie (de Zwart, 1996), en een gewasmodel. Het gewasmodel in het hortensiasysteem is in de loop van dit project ontwikkeld, omdat er geen rekenmodel voor Hortensia voor handen was. Het systeem is zo ontworpen 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.

2.1.1 Gewasmodel

Een partij Hortensia's 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). Behalve de groei (biomassaproductie per plant of per m² teeltoppervlak) moet het gewasmodel dus in ieder geval ook de hoogteontwikkeling, het bloeistadium en de einddatum kunnen berekenen. Wat betreft bladschade heeft Hortensia soms last van een specifiek probleem: 'bladrandjes'. Er was aan het begin van het project geen duidelijk idee over de mogelijke oorzaak daarvan. Totdat die oorzaak is vastgesteld is het niet mogelijk om het risico van het optreden van bladrandjes met behulp van een model te voorspellen.

2.1.2 Groei

Vrijwel direct nadat een struikje uit de koeling in de kas is gezet begint het te groeien. Het struikje heeft dan geen blad, en het kleine beetje bladgroen in de knoppen kan die snelle begingroei niet verklaren. Zoals het geval is bij veel winterharde houtige gewassen kan Hortensia reservestoffen opslaan in het hout van de stonk. Na de kunstmatige winter in de koelcel komen deze vrij en stellen de plant in staat om snel uit te groeien. Zodra de bladeren zijn gevormd wordt de fotosynthese de belangrijkste motor van de groei (Figuur 2.2.).

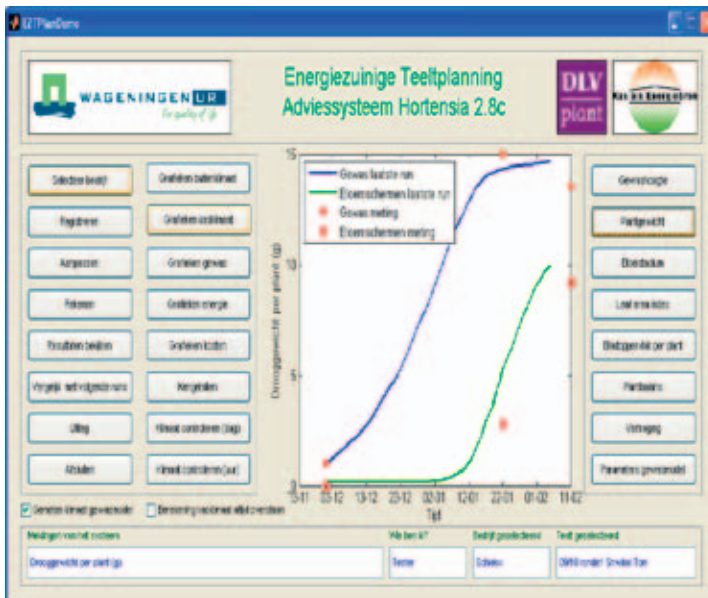


Figuur 2.2. De belangrijkste fasen in het groeiproces van Hortensia tijdens de trek: 1. Direct uit de koelcel zijn de struikjes bladerloos, en voor groei aangewezen op opgeslagen reservestoffen. 2. Zodra de eerste bladeren zijn gevormd kan de assimilatie ook voor groei gaan zorgen. 3. Met een volledig ontwikkelde bladerkroon is de assimilatie maximaal. 4. Zodra de bloemschermen zijn gevormd is er sprake van enige lichtwegname, waardoor de groei weer wat afneemt.

In het gewasmodel is rekening gehouden met de opslag in het hout in de vorm van een assimilatenbuffer, die in het begin wordt leeggetrokken door de assimilatenvraag van de knoppen, en zich later weer geleidelijk vult, zodra de assimilatenproductie op gang is gekomen. Voor het overige maakt het model gebruik van elementaire functies voor lichtonderschepping, fotosynthese, ademhaling, assimilatenverdeling en groei, zoals ook in eerdere modellen toegepast (Buwalda *et al.* 2004, 2006, 2009a). Het groeimodel berekende over het algemeen realistische gewichten (Figuur 2.3.).

2.1.3 Ontwikkeling

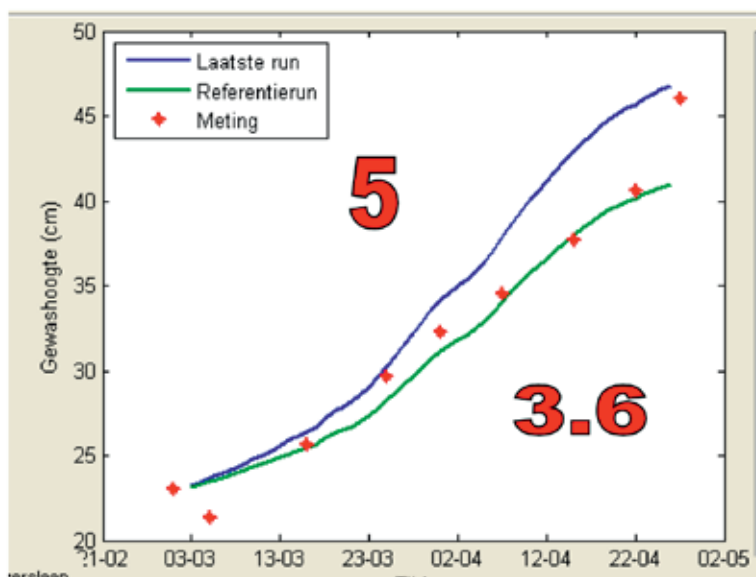
Rekenen aan de ontwikkeling (teeltsnelheid) van Hortensia in de trekfase is een vrij uitzonderlijke uitdaging, omdat het uitsluitend om uitgroei gaat. Bladafplitsing of bloei-inductie spelen niet; alle plantdelen die uitgroeien zijn al voor de koelfase aangelegd. De uitgroei van de bloemschermen vindt grotendeels plaats als de bladeren al volgroeid zijn (Figuur 2.2.). Dit effect kon worden nagebootst in het model door voor de uitgroei-curve van de bloemschermen enkele extreme parameterwaarden te kiezen (Figuur 2.3.). Het ontwikkelingsstadium dat het volgen van de uitgroei-curve in de tijd bepaalt werd berekend op basis van graaddagensommen. Daar overheen berekent het model een vertraging van de ontwikkelingsnelheid afhankelijk van de source/sinkverhouding van het gewas; hoe lager de source/sink des te meer vertraging op zal treden.



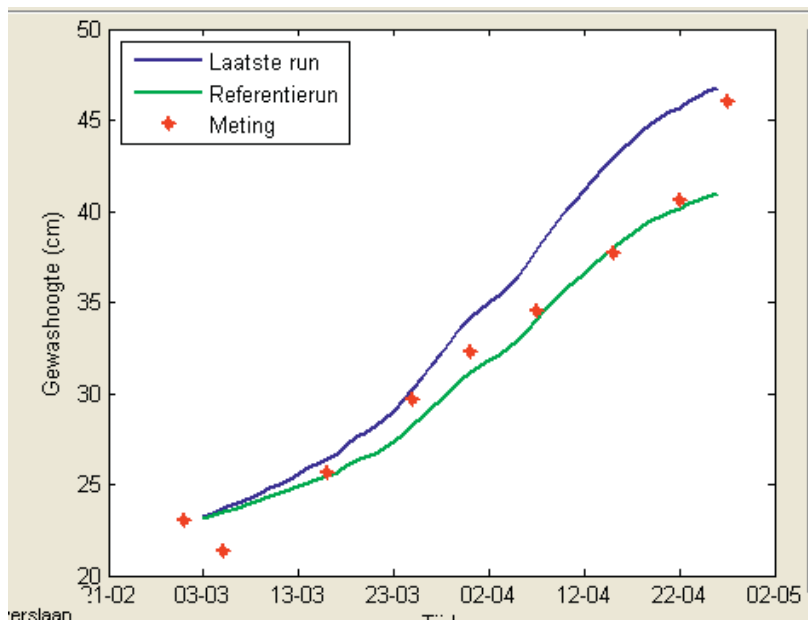
Figuur 2.3. Berekende en gemeten groei van vegetatieve delen (takken en bladeren) en bloemschermen.

2.1.4 Hoogte

Een aspect van de hortensiateelt waarmee bij de opzet van het project geen rekening was gehouden was de hoogteontwikkeling. De markt waardeert een plant die qua hoogte/breedteverhouding in evenwicht is. Vooral 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 Dazide, CCC en TILT of 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 adviesysteem dus een waardevol hulpmiddel zijn bij het beoordelen in welk teeltstadium 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. Figuur 2.6. laat het registratiescherm voor remmiddelen zien, en Figuur 2.4. een typische hoogteontwikkeling. Te zien is dat het aantal bladparen onder het bloemscherm van grote invloed is op de berekende hoogtelijn. Elk internodium draagt weer enkele centimeters bij aan de potentiële eindhoogte. Daarnaast spelen concurrentieverhoudingen tussen de scheuten van een struikje een rol bij de strekkingsgroei. Hoe meer scheuten, hoe minder energie de plant per scheut te besteden heeft aan strekkingsgroei (Figuur 2.5.).



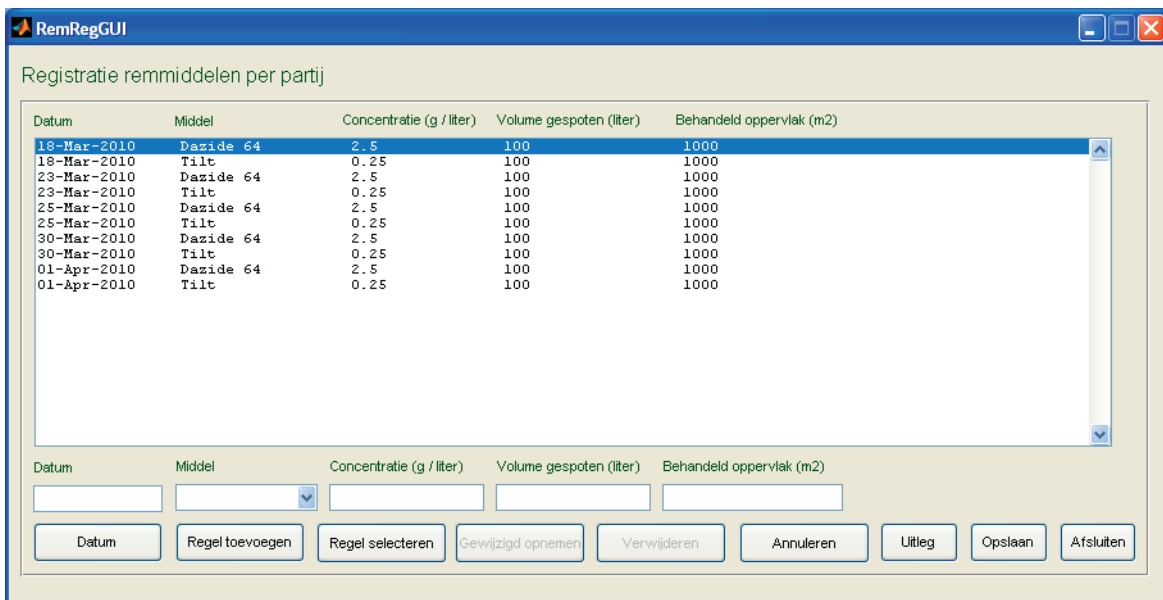
Figuur 2.4. Het verloop van de gewashoogte bij Hortensia is sterk afhankelijk van het aantal bladparen onder het bloemscherm. Hoe meer bladeren onder de bloem, des te meer internodiën er zijn om bij te dragen aan de strekkingsgroei. In de grafiek zijn berekende waarden weergegeven als lijnen (blauw = 5 bladparen onder de knop, groen = 3.6 bladparen). Horizontale as is tijd (datum).



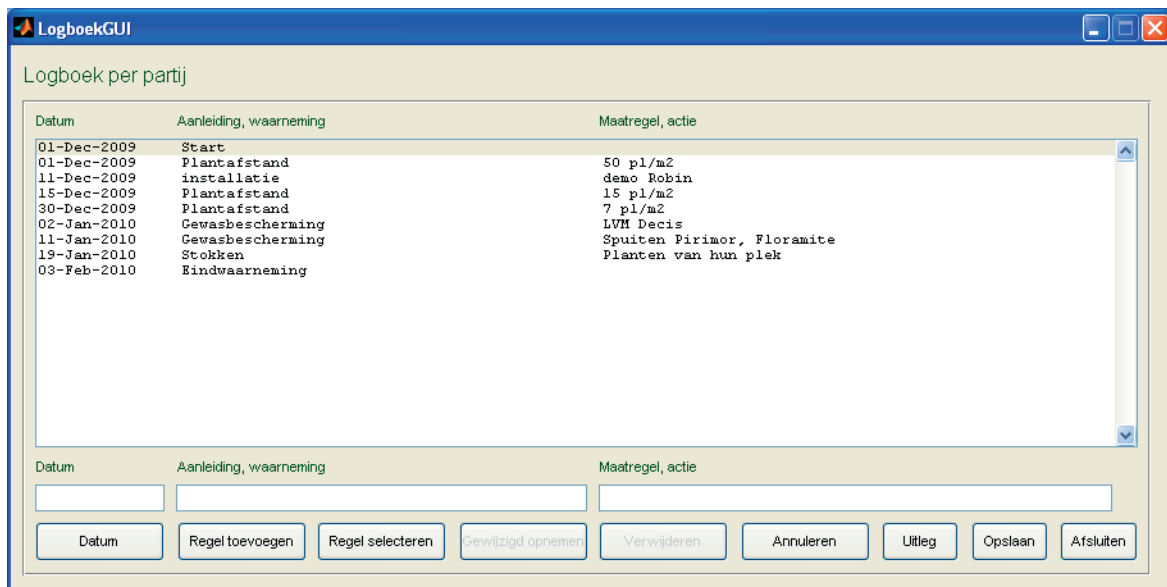
Figuur 2.5. Het verloop van de gewashoogte bij *Hortensia* wordt bij een gegeven platdichtheid beïnvloed door het aantal scheuten per plant. Hoe meer scheuten, des te meer concurrentie, waardoor de internodiën korter worden.

Conclusie: startplant goed waarnemen is cruciaal als je hoogte goed berekend wilt zien.

Gebruikswaarde kan verbeteren wanneer de berekende hoogtelijn wordt aangepast op basis van ingevoerde hoogtemetingen. In het afgeronde project is geen automatische correctie van berekende groei en strekking ontwikkeld, omdat dat technisch vrij ingewikkeld is en te ver voerde met het oog op de doelstelling van het project. Wel zijn in de loop van het project de modelparameters enkele malen geoptimaliseerd op basis van een vergelijking tussen rekenresultaten en ingevoerde metingen.



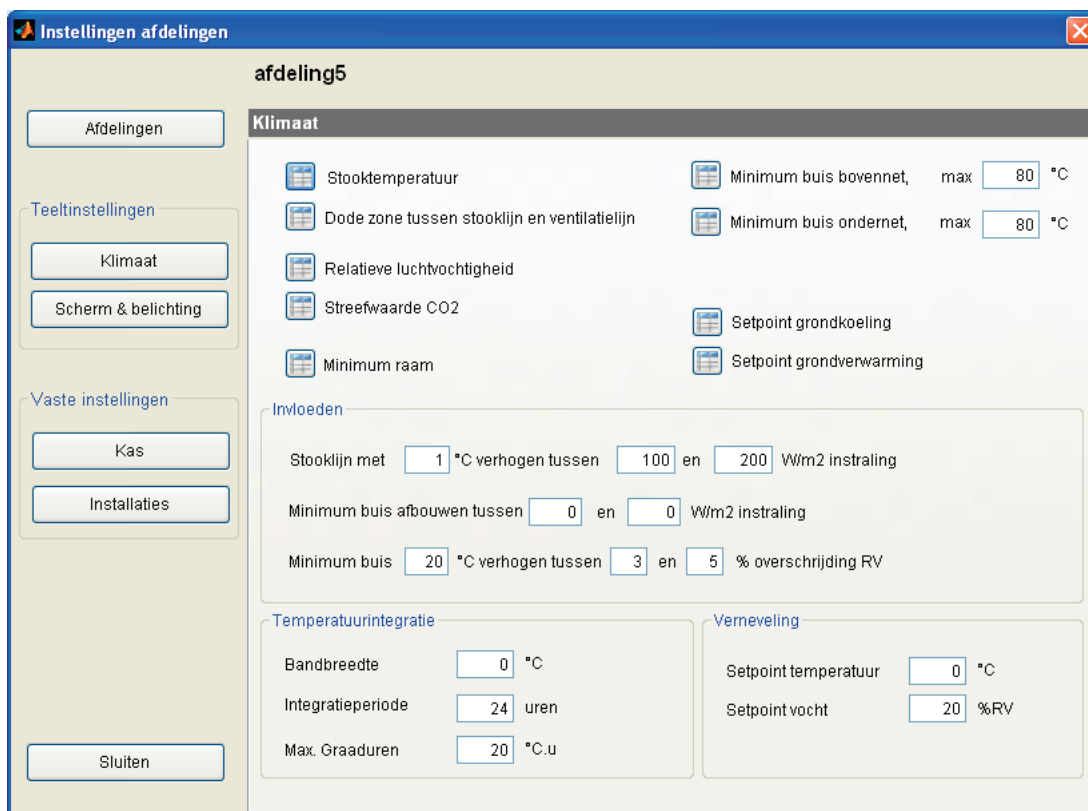
Figuur 2.6. Registratiescherm voor remmiddelen. De tijdlijn met remstofdoseringen had invloed op de door het model berekende strekkingsgroei.



Figuur 2.7. De logboekfunctie van het systeem. De ingevoerde informatie wordt automatisch chronologisch weergegeven.

2.1.5 Registratiemodules

Daarnaast bevat het systeem modules voor het bijhouden van allerlei teeltgegevens en teeltmanagement-handelingen zoals wijderzetten, stokken, clippen, en gewasbescherming een teeltlogboek (Figuur 2.7.). Daarnaast bevat het systeem aparte modules voor het registreren van gewaswaarnemingen, het registreren van groeiregulatoren (Figuur 2.6), en het invoeren van het teeltplan (wijderzetschema, klimaatzones, potmaat, begin korte dag, topdatum, etc). 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, in welke afdeling is geplaatst.



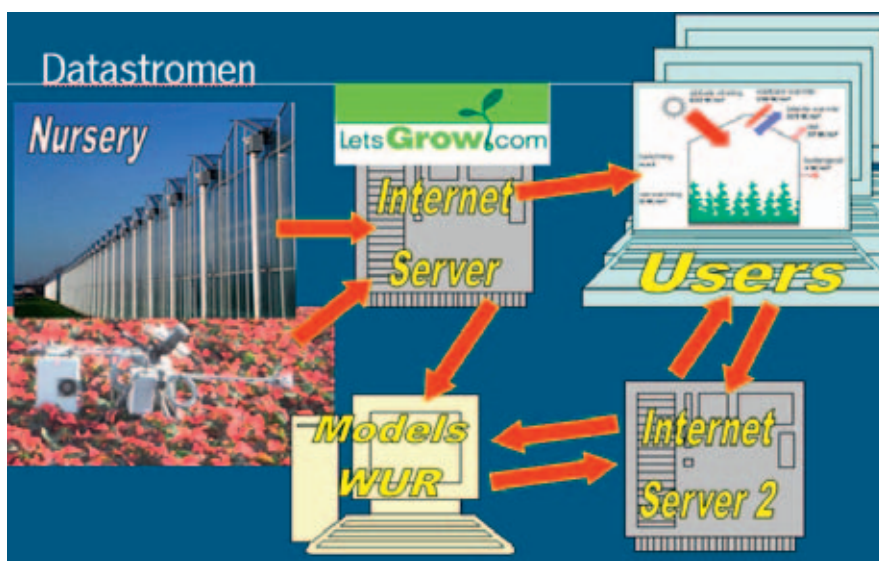
Figuur 2.8. Het interactieve instellingscherm voor het rekenmodel Kaspro.

2.1.6 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 2.8.). 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.

2.1.7 Bijhouden van realtime gegevens van de bedrijven

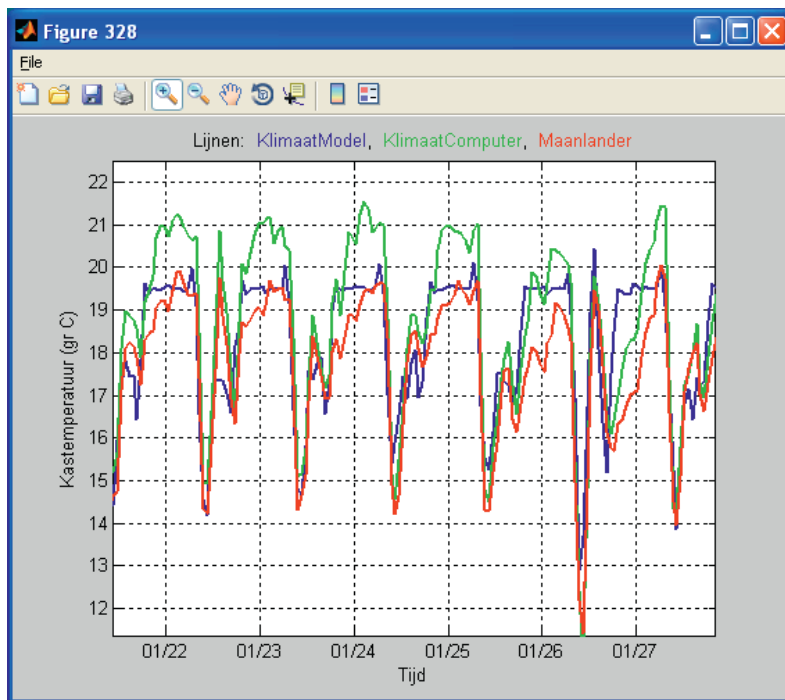
De rekenkern van het EZTP-systeem was via internet gekoppeld aan een real-time data-acquisitiesysteem (Figuur 2.9.). In dit project werden gegevens uit klimaatcomputers van de deelnemers eerst geëxporteerd naar de internet-database van LetsGrow.com, evenals de meetgegevens van de I4all mobiele meetsets 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 2.9. Een overzicht van de datastromen binnen het advies-systeem. Gegevens worden opgehaald uit de klimaatcomputers op bedrijven en uit mobiele meet-systemen 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 adviessystemen op de deelnemende bedrijven.

2.1.8 Presenteren van resultaten

Het EZTP-systeem is uitgerust met uitgebreide grafische mogelijkheden voor het zichtbaar maken van resultaten, zie bijvoorbeeld Figuur 1.1, 2.4 – 2.6, 2.10, 2.11. Uitgangspunt hierbij is het streven naar maximale verifieerbaarheid door het gelijktijdig in beeld brengen van gegevens uit verschillende bronnen, zoals klimaatcomputer, mobiele meetset en klimaatrekenmodel, rekenresultaten afkomstig uit verschillende scenario-runs of gegevens van verschillende bedrijven.



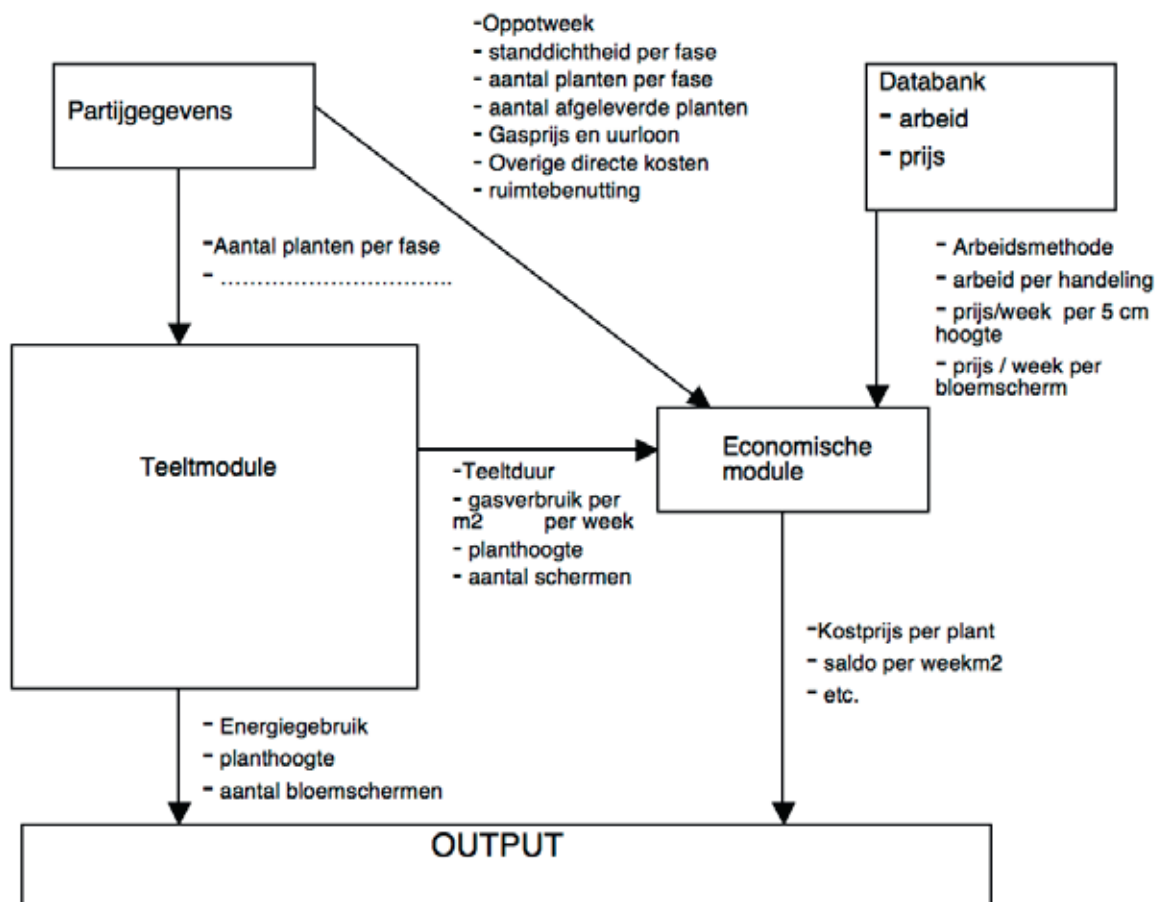
Figuur 2.10. Het systeem bevat uitgebreide mogelijkheden tot het zichtbaar maken van gegevens van verschillende herkomst. Deze grafiek toont de gemeten waarden voor de kastemperatuur uit de klimaatcomputer (groen), een mobiele meetset (I4all) in het gewas, en de door Kaspro berekende waarde (blauw). 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 teeltduur (dagen)	64	65
Berekende datum klaar	02-Feb	03-Feb
Datum klaar volgens teeltplan	02-Feb	03-Feb
Ruimtebeslag (week. m2 / plant)	0.8	0.86
Eindgewicht (g droge stof / plant)	28.1	22.5
Energieverbruik (MJ / plant)	35.3	35.8
Energieverbruik (MJ / m2 kas)	389.3	373.3
Lichtbenutting (g droog / MJ globale straling)	124.7	74.2
Teeltkosten (euro per plant)	1.59	1.53

Figuur 2.11. 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.

2.2 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 partijniveau. Een partij is gedefinieerd als een groep planten die ongeveer gelijktijdig is opgepot en gedurende de teelt dezelfde bewerkingen ondergaat. Met behulp van 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.



Figuur 2.12. Schematische weergave van de plaats van de economische module in het EZTP model. De economische module bestaat uit drie blokken: input, rekenen en output.

2.2.1 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 formule is gebruikt:

$$\text{Hortensia: } F(p) = -0,231 + 0,283 * \text{aantal bloemschermen} + 0,1 * \text{potmaat} + 0,066 * \text{planthoogte/potmaat}$$

Dit is een schatter gebaseerd op veilinggegevens (Benninga 1997a), geactualiseerd op basis van recente gegevens beschikbaar gesteld door de VBA.

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 $100/150 * 150\text{m} = 100\text{ m}$.
- 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 gepakt; 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

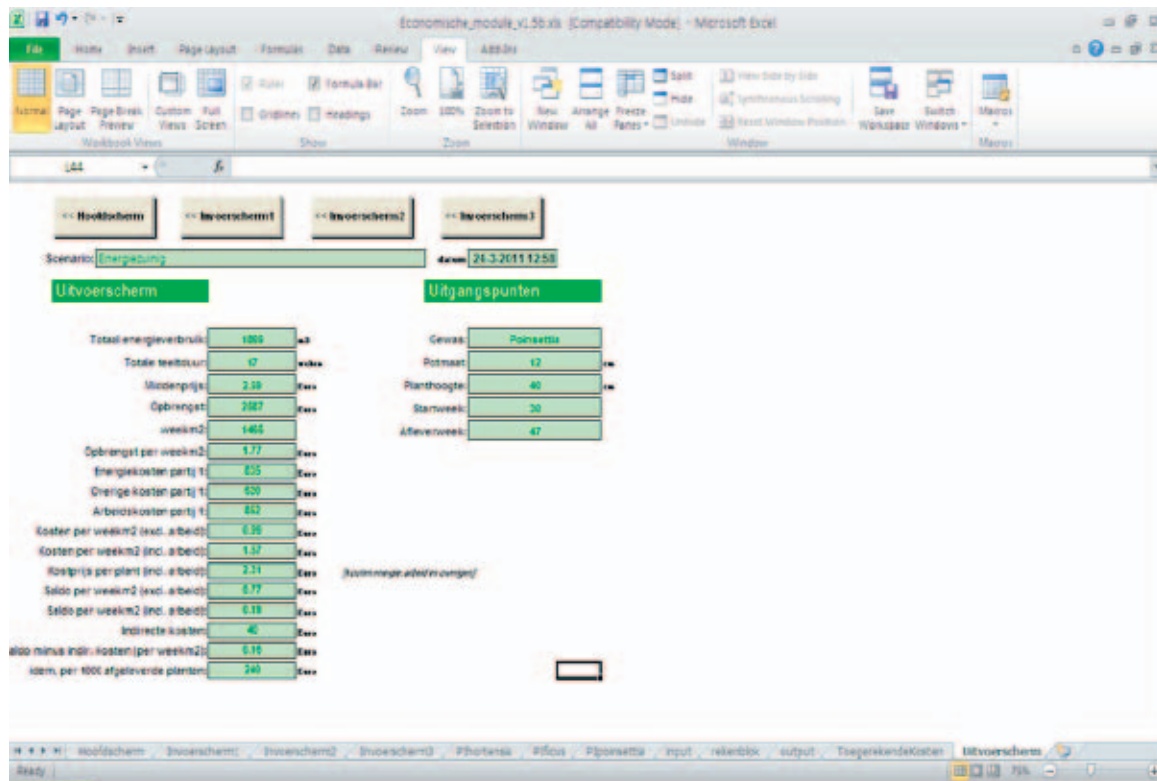
De koppeling met de teelt module vindt plaats via gegevens die vanuit de teeltmodule worden weggeschreven in een datafile. Deze gegevens kunnen door de economische vanuit deze files worden ingelezen.

2.2.2 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.

2.2.3 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 2.13. Het output-scherm van de economische module.

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

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

Een belangrijk kengetal in de output is het saldo per week. m^2 . Hierbij wordt verondersteld dat week. m^2 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^2 in het saldo wordt verdisconteerd (saldo is opbrengst minus directe kosten). Feitelijk is dit de waarde van de duurzame productiemiddelen per week. m^2 . Duurzame productiemiddelen zijn kassen verwarmingsbuizen, teeltsysteem etc. Deze kosten worden toegerekend via de benodigde week. m^2 van een partij. De waarde per week. m^2 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.m² optreden als er meerdere teeltsystemen (kassen) worden onderscheiden, waarin een partij staat
- b. Vanuit de potentiële opbrengst gedachte; Vanwege de marktsituatie levert een week.m² in kwartaal 4 meer op dan in kwartaal 3. Echter om in kwartaal 4 te kunnen leveren moet een beroep worden gedaan op m² 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.m² in de zomer willen toekennen. Voor beide argumenten is wat te zeggen.

2.2.4 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 CO₂ 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.

2.3 Praktijkproeven op deelnemende bedrijven

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

Sjaak van Schie bv in Maasdijk
Dijk van Dijk in De Lier
Kwekerij T&M van den Berg in Est
Hovaria in Bemmelen (Bergerden)

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.

2.3.1 Te volgen partijen

Hortensia is een bijzonder gewas, omdat het tijdens het productieseizoen van begin december tot eind april eigenlijk alleen om een trek gaat. In de zomer staan de struikjes buiten. In deze fase vinden belangrijke processen zoals groei, toppen, en bloemaanleg plaats. Vervolgens is er een rustfase, waarbij de struikjes in donkere koelcellen worden bewaard. Een belangrijke functie van het koelen is het doorbreken van de knoprust. Als de struikjes uit de koeling komen zijn ze kaal, maar hebben wel knoppen waar bladeren en bloemschermen al in aanwezig zijn, en die over het algemeen snel uitlopen zodra ze in een verwarmde kas worden geplaatst.

Voor het teeltresultaat zijn dus twee factoren van belang: de voorgeschiedenis (buitenteelt en koelfase) en de teeltcondities in de kas. Om verschillen te kunnen herleiden tot geschiedenis of teelt is gekozen voor een proefopzet waarbij struikjes werden uitgewisseld tussen bedrijven, zodat op elk van de bedrijven gelijktijdig partijen planten afkomstig van alle vier de bedrijven werden opgekweekt (Figuur 2.14.). Een van de bedrijven leverde meer planten dan de overige drie, om in de loop van de teelt genoeg materiaal beschikbaar te hebben voor regelmatige destructieve waarnemingen. In het teeltseizoen werden twee van dergelijke teeltproeven uitgevoerd.

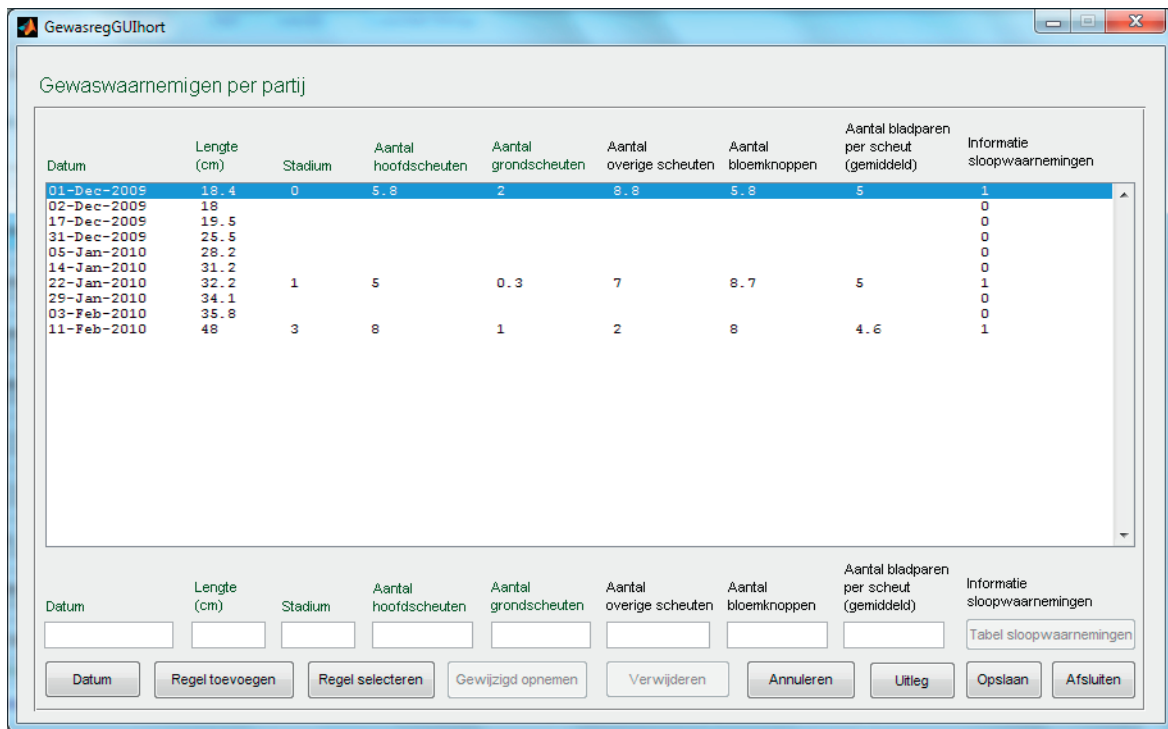
2.3.2 Waarnemingen

Bij het uitzetten van de partijen werden van elke partij 5 planten gesloopt, gemeten en per onderdeel gewogen. Vervolgens werden de monsters gedroogd in een droogstoof voor de bepaling van het drooggewicht. Verdere destructieve waarnemingen werden verricht in het stadium dat het blad grotendeels was uitgegroeid maar de bloem-uitgroeï nog grotendeels moest beginnen, en aan het eind (in het veilbare stadium). Van de ene grotere partij zijn tussentijds nog extra destructieve waarnemingen uitgevoerd. De teeltadviseurs bepaalden tijdens hun tweewekelijks bedrijfsbezoek de hoogte van het gewas. Alle meetresultaten werden ingevoerd in de gewasregistratiemodule van het systeem (Figuur 2.15.), zodat ze ook als rode symbooltjes zichtbaar werden in de grafieken met rekenresultaten. Alle registraties waren via de webserver direct automatisch zichtbaar voor alle deelnemers.

Aan het eind van de teelt werd aan 5 struikjes van de gevolgde partijen een houdbaarheidsbepaling gedaan in de houdbaarheidsruimte van WUR-glastuinbouw in Bleiswijk. Hierbij werd wekelijks de sierwaarde bepaald door planten op 6 uiterlijke kenmerken te beoordelen, namelijk optreden van bladranden, slappe bloemschermen, verdroogde bloemschermen, bruine bloemen in het scherm *Botrytis* en algehele sierwaarde.



Figuur 2.14. 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).



Figuur 2.15. Registratiescherm voor het invoeren van gewaswaarnemingen.

3 Resultaten

Doel van het project was om samen met een representatieve groep hortensiatelers 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. Voor Hortensia 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 Hortensia te ontwikkelen. Het model berekent teeltduur, hoogte-ontwikkeling, LAI en eindgewicht op basis van startdatum en gerealiseerd kasklimaat, afhankelijk van gewasmanagement-acties, wijderzetten en de toediening van remmiddelen. Van dag tot dag berekent het model de 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 Onderzoeksvragen

Energie-efficiëntie betekent het behalen van een bepaald teeltresultaat bij een efficiënt gebruik van (stook)energie. Het is dus van belang om goed te bestuderen hoe het teeltresultaat tot stand komt, en welke invloed teeltmanagement en klimaatregeling daar op hebben. Het rekenmodel Kaspro kan dan worden gebruikt om de energiekosten 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 Hortensia groeit, (2) wat bepaalt wanneer de plant het afleverbare stadium bereikt, en (3) welke processen en kenmerken bepalend zijn voor de kwaliteit het eindproduct. Door deze processen en eigenschappen vast te leggen in een gewasmodel kunnen teeltprognoses worden berekend en effecten van sturingsacties vooraf worden ingeschat.

Teeltduur		Bedrijf afweek:				<i>Gemiddeld per partij:</i>
Ronde	Herkomst	1	2	3	4	
1	1	97	106	87	86	94
1	2	95	99	93	99	96
1	3	103	101	92	101	99
1	4	100	100	96	101	99
2	1	107	98	105	103	103
2	2	112	102	107	109	107
2	3	107	118	102	105	108
2	4	108	113	103	105	107
<i>Gemiddelde per bedrijf:</i>		104	105	98	101	

Tabel 3.1. Berekende teeltduur (d) als percentage van de waargenomen duur. Ronde 1 vond plaats tussen 1 december 2009 en begin februari 2010, ronde 2 van 3 maart 2010 tot begin mei 2010. Op alle 4 de afweekbedrijven werd gestart met partijen planten afkomstig van elk van de 4 bedrijven. De rechterkolom (cursief) geeft het gemiddelde per partij en herkomst, de onderste regel (cursief) het gemiddelde per afweekbedrijf.

Tabel 3.1. laat zien dat de berekende einddatum redelijk goed overeen kwam met de geregistreerde datum, hoewel er in enkele gevallen 10 dagen verschil in zat. Bij Hortensia is het criterium voor het bepalen van de einddatum dat er drie bloemschermen open moeten zijn. Bij Hortensia komt het regelmatig voor dat de bloemschermen helemaal niet tegelijkertijd open gaan. Dit heeft vooral te maken met de teeltcondities in de buitenteelt en met hoe effectief de knoprust door de koelbehandeling is doorbroken. Vooral bij planten die erg ongelijk bloeien kan het relatief lang duren voordat het derde scherm in bloei is. Dit was het geval in ronde 1 bij de planten afkomstig van bedrijf 1 en opgekweekt op bedrijf 3 en 4. Het model dat is ontwikkeld rekent uitsluitend voor de eenvoudige situatie dat alle bloemschermen in het zelfde stadium zijn. Een betere prognose dan dit is dus moeilijk te realiseren, tenzij het model op basis van tussentijdse waarnemingen informatie krijgt over dergelijke ongelijkheid. In het hier gerapporteerde project was slechts beperkt ruimte voor verfijningen en was de noodzaak om prioriteiten te stellen steeds aanwezig. Er ligt op dit punt dus nog potentieel voor verbetering.

Planthoogte		Bedrijf afweek:				<i>Gemiddeld per partij:</i>
Ronde	Herkomst	1	2	3	4	
1	1	99	90	95	91	94
1	2	100	92	98	97	97
1	3	102	95	89	97	96
1	4	102	96	98	97	98
2	1	95	110	102	90	99
2	2	106	124	100	105	109
2	3	95	112	94	83	96
2	4	89	103	100	88	95
<i>Gemiddelde per bedrijf:</i>		99	103	97	94	

Tabel 3.2. Berekende eindhoogte als percentage van de gemeten hoogte. Voor bijzonderheden zie Tabel 3.1.

De eindhoogte is in het algemeen redelijk goed voorspeld, wanneer uitgegaan wordt van een foutmarge van 5% (Tabel 3.2.). In de eerste teeltronde zijn de planten over het algemeen iets langer geworden dan voorspeld, in de tweede ronde liepen de resultaten meer uiteen. Opvallend is dat de planten afkomstig van bedrijf 1 in ronde 1 systematisch langer werden dan de andere partijen, terwijl de planten in ronde 2 die afkomstig waren van bedrijf 2 in alle gevallen aanzienlijk korter zijn gebleven dan voorspeld. Ondanks dat het model bij het simuleren van de hoogteontwikkeling rekening houdt met verschillende plantkenmerken zoals het gewicht van het stronkje, het aantal hoofdscheuten en het aantal bladparen onder de bloemknop is er dus kennelijk nog een extra factor van invloed op de hoogte. De deelnemende telers noemden de leeftijd van het de plant als mogelijke verklaring, plus een rest-effect van de laatste rembehandeling op het veld, voordat de struikjes de koeling in gaan. Verder valt op dat de voorspelde hoogte bij bedrijf 2 structureel te laag is geweest (in de 1^e ronde). Dit heeft mogelijk te maken met een variatie in het aanmaken van de spuitvloeistof met remmiddelen of een andere methode van toediening de remstoffen, maar dit is achteraf niet meer met zekerheid vast te stellen. Door voor dit bedrijf afzonderlijk de modelparameters voor het effect van remstoffen aan te passen is gemakkelijk een goede overeenstemming te krijgen, maar daarmee wordt wel afbreuk gedaan aan de ideale situatie dat de teelten op alle bedrijven goed kunnen worden nagerekend met een enkele, algemene parameterset.

Ook voor de simulatie van het bladoppervlak bleek dat de algemene trend redelijk goed werd voorspeld, maar dat er in bepaalde gevallen behoorlijke verschillen konden optreden (Tabel 3.3.). Voor de grote afwijking in ronde 1 bij de planten afkomstig van bedrijf 1 en opgekweekt op bedrijf 4 is geen goede verklaring. Wel is wat betreft het bladoppervlak een zelfde partij-effect te zien als ook bij de hoogteontwikkeling. Ook hier bleven de planten afkomstig van bedrijf 2 in teeltronde 2 op alle afweekbedrijven aanzienlijk kleiner dan het model verwachtte. Dit geeft aan dat er een grens zit aan de nauwkeurigheid van voorspellingen van het teeltverloop van partijen Hortensiaplant met behulp van een model. Behalve de goed waarneembare plantkenmerken van een struikje dat net uit de koeling komt, zoals hoogte, aantal takken, aantal knoppen en gewicht van het stronkje spelen er dus ook onzichtbare factoren mee.

Dit probleem is niet nieuw, en de gangbare oplossing is om gaandeweg de teelt gewaswaarnemingen te gebruiken om de door het model berekende plant te corrigeren. Dit voerde in het kader van dit project te ver om te realiseren, maar zou voor een toekomstige toepassing op bedrijven absoluut een vereiste zijn.

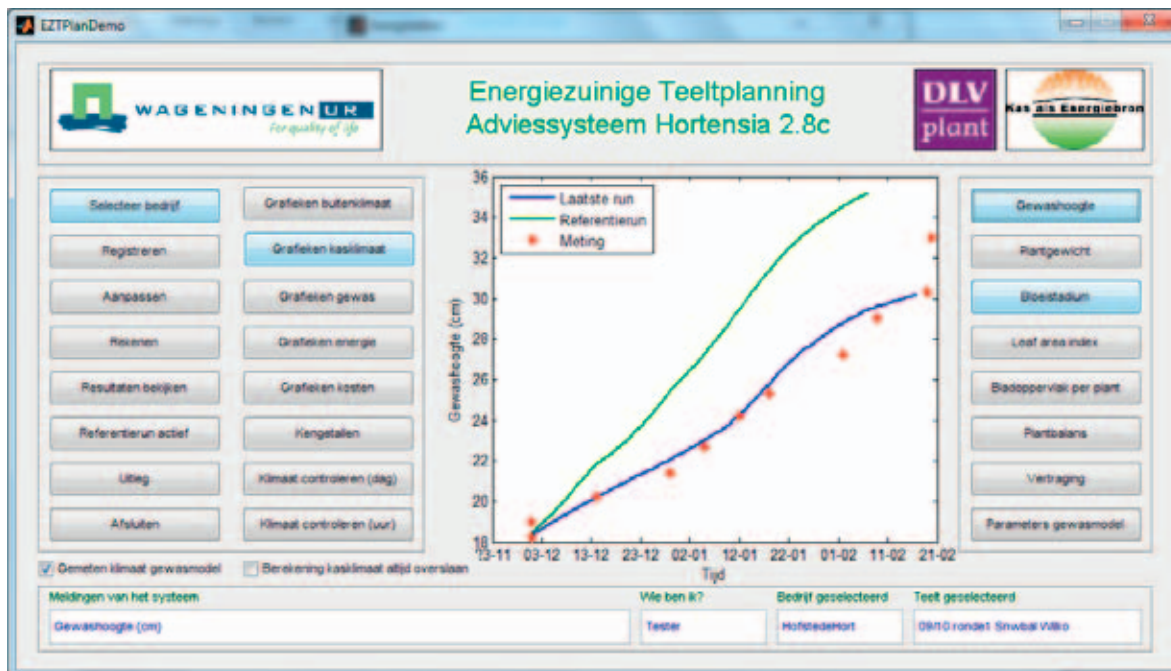
Bladoppervlak		Bedrijf afkweek:				Gemiddeld per partij:
Ronde	Herkomst	1	2	3	4	
1	1	96	100	100	65	90
1	2	100	103	111	88	101
1	3	86	89	100	88	91
1	4	104	111	100	100	104
2	1	116	133	114	105	117
2	2	111	173	133	118	134
2	3	100	90	115	113	105
2	4	92	133	126	114	116
<i>Gemiddelde per bedrijf:</i>		101	117	112	99	

Tabel 3.3. Berekend bladoppervlak per plant (cm²) als percentage van het gemeten oppervlak. Voor bijzonderheden zie Tabel 3.1.

Sneeuwbal		1e teelt		2e teelt	
Herkomst bedrijf	afkweek bedrijf	lengte	einddatum	lengte	einddatum
B	B	41.0	11-2-2010	41.7	22-4-2010
D	B	38.5	4-2-2010	40.4	16-4-2010
H	B	42.7	11-2-2010	39.7	22-4-2010
S	B	42.0	4-2-2010	43.9	16-4-2010
B	D	47.5	11-2-2010	43.3	27-4-2010
D	D	41.3	11-2-2010	43.0	27-4-2010
H	D	42.7	19-2-2010	39.4	29-4-2010
S	D	40.7	11-2-2010	42.7	27-4-2010
B	H	35.8	20-2-2010	44.0	27-4-2010
D	H	32.0	20-2-2010	45.0	22-4-2010
H	H	33.0	20-2-2010	37.3	29-4-2010
S	H	31.0	20-2-2010	46.3	27-4-2010
B	S	44.0	11-2-2010	46.0	27-4-2010
D	S	46.3	11-2-2010	46.0	27-4-2010
H	S	43.8	19-2-2010	40.8	29-4-2010
S	S	44.7	11-2-2010	50.0	27-4-2010

Tabel 3.4. Gemeten eindhoogte (cm inclusief pot) en einddatum van het uitgewisselde plantmateriaal per herkomst bedrijf en per afkweek bedrijf verdeeld over twee teeltronden.

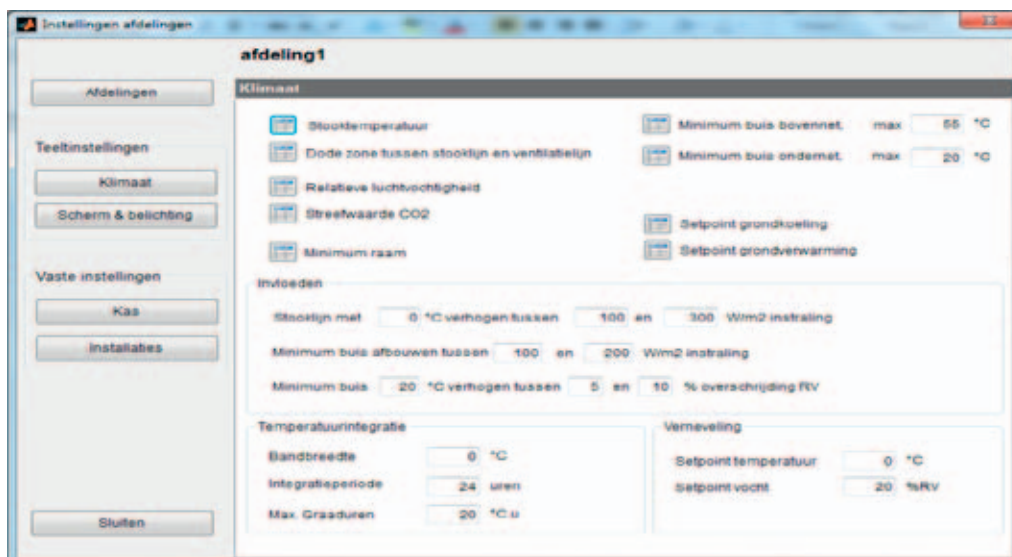
In onderstaand Figuur 3.1. is de groeilijn van teler 3 uitgezet tegen de groeilijn van teler 1 (inclusief meetpunten. Een belangrijke foutenbron wat betreft de eindlengte is geweest het strekken van de meetplanten tijdens het transport van de kwekerij naar het proefstation waar de eindwaarneming heeft plaatsgevonden. In vrijwel alle teelten is dit effect te zien als een plotselinge sprong in lengte van de een na laatste waarneming (die nog op het bedrijf heeft plaatsgevonden) naar de laatste die in Bleiswijk is uitgevoerd. In de tussentijd hebben de planten dicht op elkaar in transportdozen gestaan onder niet-gekoelde condities, waardoor in korte tijd een sterke extra strekking is opgetreden. Tenslotte bleek het correct registreren van de beginhoogte een heel belangrijke voorwaarde voor het correct berekenen van de hoogteontwikkeling. Met dit soort berekeningen kan aangegeven worden dat de manier van telen en allerlei invloeden die daar bij horen, sterk bepalend zijn voor het verloop van de teelt en de vorm en grootte van het gewas. Er is nu een instrument om dat inzichtelijk te maken, tussen partijen of tussen telers.



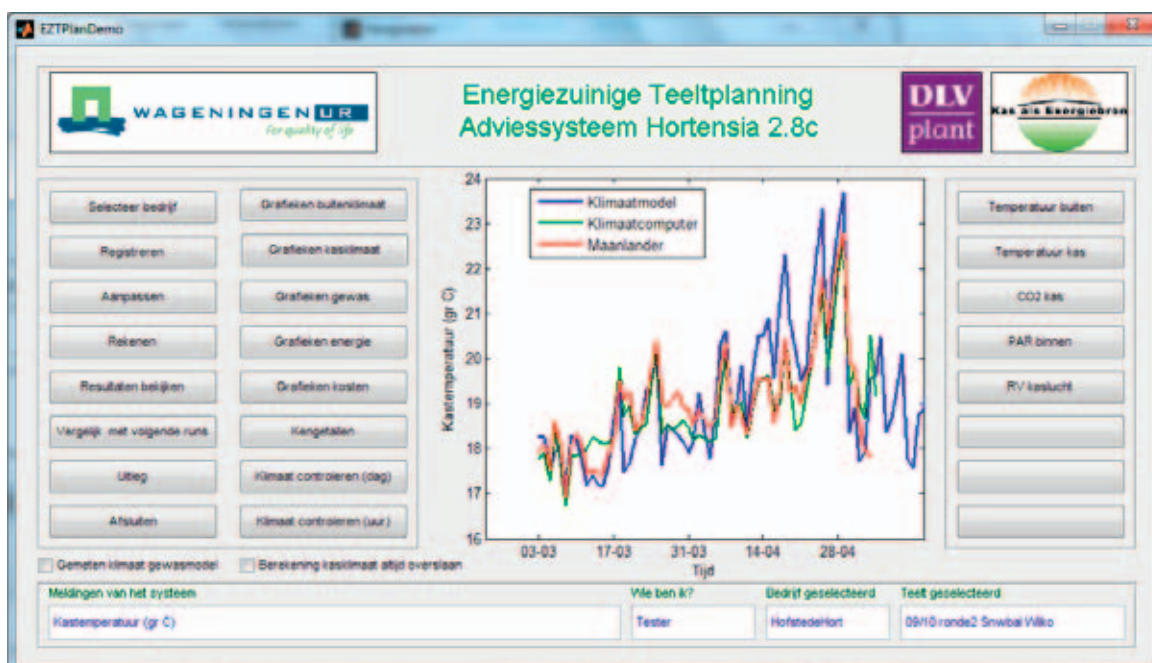
Figuur 3.1. Berekende en gemeten gewashoogte in de eerste teelt ronde van de planten afkomstig van bedrijf 1. De blauwe lijn en de rode meetpunten hebben betrekking op bedrijf 1. De referentielijn is voor planten van de zelfde herkomst, maar dan afgekweekt op bedrijf 3. Ondanks dat het uitgangsmateriaal identiek is verschillen de resultaten aanzienlijk tussen de bedrijven. De teelt op bedrijf 3 duurt ca 10 dagen korter, terwijl de planten hoger werden.

3.2 Klimaat en energie

In EZTP is het mogelijk om datastromen van klimaatcomputer, eventuele andere meetinstrumenten en klimaatinstellingen naast elkaar te laten zien in plaatjes en dan door te laten rekenen. In Figuur 3.2. is een scherm te zien met instellingen van het kasklimaat met deze instellingen wordt het ingestelde klimaat doorgerekend en in een grafiek gezet (Figuur 3.3. klimaatmodel). Op basis van deze instellingen, in samenhang met kastype etc. wordt door kaspro het energieverbruik gemeten. Het is dus van groot belang om de veranderingen op de klimaatcomputer ook aan te passen in dit modelonderdeel van EZTP. Dat is ook meteen het lastigste om bij te houden. Voor gebruik in de praktijk is koppeling tussen klimaatcomputer en klimaatmodel onontbeerlijk, omdat in de praktijk is gebleken dat het bijhouden van de veranderde instellingen het meeste problemen opleverde en dat heeft direct gevolgen voor de output van het model.



Figuur 3.2. Overzicht van een aantal in te stellen parameters binnen EZTP.



Figuur 3.3. Kastemperatuur met gegevens van de klimaatcomputer van de teler, een mobiele meetopstelling bij het gewas en een klimaatmodellijn op basis van de instellingen.

In Figuur 3.3. is te zien dat de klimaatcomputer en de 'maanlander' elkaar erg goed volgen, maar dat er toch een afwijking is ten opzicht van de berekening van het klimaatmodel en dit heeft dus te maken met het eerder geschetste probleem om de instellingen die gedaan worden ook mee te veranderen binnen EZTP. Om de berekeningen voor onderstaande tabel uit te voeren zijn door de voorlichter deze instellingen aangepast en daarna zijn de modelberekeningen uitgevoerd.

In Tabel 3.5. staat per teeltronde en per bedrijf uitgerekend hoeveel energie per m^2 en per plant verbruikt is in de teelt.

Tabel 3.5. Overzicht berekend energieverbruik per bedrijf in twee teeltronden Hortensia 'sneeuwbal' in MJ/m² en MJ/plant. Gas- en electriciteitsverbruik zijn bij elkaar opgeteld.

Teelt- ronde	Bedrijf	Energie	
		MJ/m ²	MJ/plant
1	H	327	19.7
1	B	400	36.0
1	D	396	39.0
1	S	383	47.8
2	H	111	6.5
2	B	225	22.7
2	D	185	14.2
2	S	183	22.8

Bij bedrijf H wordt het minste energie verbruikt en dat verschil wordt groter wanneer gekeken wordt naar het aantal megajoule per plant. Bedrijven B, D en S verschillen in de 1^e teeltronde vrijwel niet per m², maar per plant is het energieverbruik bij S wel duidelijk hoger dan de andere twee bedrijven. In de tweede teeltronde is het duidelijk anders. Bedrijf H gebruikt wel weer het minste energie, maar bedrijf D gebruikt ook duidelijk minder energie per plant. De bedrijven B en S gebruiken ongeveer evenveel energie per plant, maar door het relatief ruime plantverband van bedrijf B is de energieberekening per m² duidelijk hoger dan de andere bedrijven.

In Tabel 3.6. en 3.7 staan de resultaten van het houdbaarheidsonderzoek van de 1^e en de 2^e teelt sneeuwbal. De houdbaarheid of uitbloei is gedurende 6 weken gevolgd en de resultaten laten zien dat wanneer naar de herkomst (opkweek bedrijf) wordt gekeken het aantal koppen behoorlijk ver uit elkaar ligt. De bladranden bij het begin van de beoordeling niet veel verschilden, maar dat aan het eind de verschillen wat groter zijn geworden tussen de bedrijven met vooral de planten afkomstig van bedrijf B die meer bladranden te zien gaven. Bedrijf D start met de hoogste sierwaarde en bedrijf S eindigt met de beste sierwaarde. Dit alles op basis van verschillen in uitgangsplanten.

Tabel 3.6. Houdbaarheid 1^e teelt sneeuwbal met het aantal koppen, score bladranden begin en eind (na 6 weken), sierwaarde begin en eind (na 6 weken) per herkomst en per afkweekbedrijf

Herkomst	Aantal koppen	Bladranden	Bladranden	Sierwaarde	Sierwaarde
		begin	eind	begin	eind
H	8.2	4.5	3.0	4.3	2.0
B	5.9	4.2	2.0	3.9	2.0
D	8.2	4.3	2.8	4.9	2.1
S	10.0	4.5	3.2	4.5	2.5
Afkweek	Aantal koppen	Bladranden	Bladranden	Sierwaarde	Sierwaarde
		begin	eind	begin	eind
H	8.0	4.2	2.4	4.3	1.8
B	7.0	4.5	2.7	3.9	2.4
D	9.6	4.6	2.9	4.9	2.1
S	7.8	4.3	3.0	4.5	2.3

Wordt er gekeken naar verschillen in afkweek tussen de bedrijven dan valt op dat bedrijf D gemiddeld de meeste koppen in bloei kreeg en bedrijf B de minste. De bladranden ontliepen elkaar niet veel bij de start en ook op het eind waren de verschillen niet groot. Bedrijf D had opnieuw de beste sierwaarde bij de start en Bedrijf B eindigde als beste. De planten van bedrijf H waren duidelijk later in de uitbloei, wellicht heeft dat een negatieve invloed gehad op een snellere achteruitgang in sierwaarde.

Tabel 3.7. Houdbaarheid 2^e teelt sneeuwbal met het aantal koppen, score bladranden begin en eind (na 6 weken), sierwaarde begin en eind (na 6 weken) per herkomst en per afkweekbedrijf.

Herkomst	Aantal koppen	Bladranden begin	Bladranden eind	Sierwaarde begin	Sierwaarde eind
H	6.9	4.0	3.0	4.3	2.3
B	11.5	4.5	2.3	5.0	1.9
D	9.8	4.5	3.3	4.7	2.4
S	9.0	4.0	2.0	4.1	2.3

Afkweek	Aantal koppen	Bladranden begin	Bladranden eind	Sierwaarde begin	Sierwaarde eind
H	9.0	4.7	3.4	4.7	2.6
B	9.8	4.0	2.2	4.6	2.0
D	9.0	4.7	3.3	4.7	2.7
S	9.5	3.8	1.5	4.2	1.7

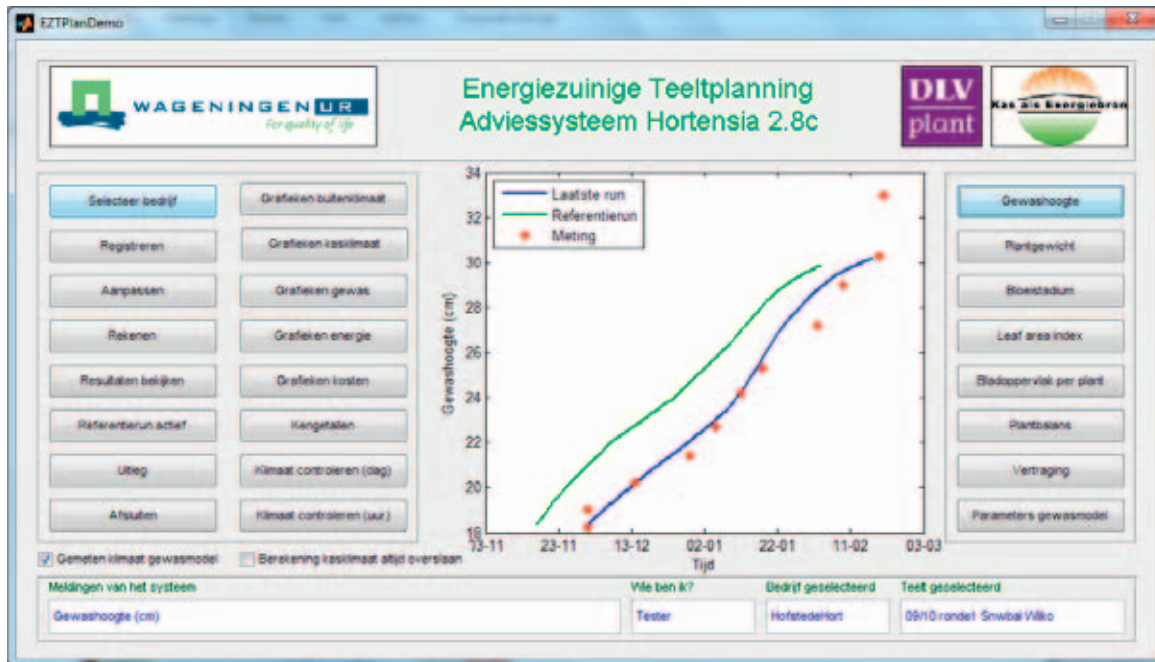
De houdbaarheid of uitbloei is in de tweede teeltronden opnieuw gedurende 6 weken gevolgd en de resultaten laten zien dat wanneer naar de herkomst (opkweek bedrijf) wordt gekeken het aantal koppen opnieuw behoorlijk ver uit elkaar ligt, waarbij de planten van opkweek bedrijf B het meeste koppen gaven, dit in tegenstelling met de 1^e teeltronde. De bladranden bij het begin van de beoordeling niet veel verschilden, maar dat aan het eind de verschillen wat groter zijn geworden tussen de bedrijven met opnieuw vooral de planten afkomstig van bedrijven B en S die meer bladranden te zien gaven. Dit wijst erop dat een belangrijk deel van het bladrandenprobleem in een teeltfase voorafgaand aan de trek wordt veroorzaakt. Bedrijf B start met de hoogste sierwaarde en eindigt met de laagste sierwaarde.

Wordt er gekeken naar verschillen in afkweek tussen de bedrijven dan valt op dat het aantal koppen niet veel verschilde. Dat bedrijf B en S al beginnen met behoorlijk bladrandproblemen en die tot het einde houden. Dat de sierwaarde niet veel verschilde in het begin, maar op het einde hebben de bladrand problemen duidelijk consequenties voor de sierwaarde bij bedrijf B en S.

Het is lastig om conclusies te trekken uit de koppeling van energiegebruik en houdbaarheid. Het lage energieverbruik per plant lijkt in teelt 1 in wat nadeliger en in teelt 2 voordeliger; maar de houdbaarheid is van zoveel meer teeltfactoren afhankelijk dat nader onderzoek nodig zou zijn om dit hard te maken.

3.3 Energiezuinige scenario's?

In deze paragraaf worden enkele variaties op de geregistreerde teelten besproken. Met het adviessysteem kunnen in principe eindeloos veel mogelijkheden worden verkend. In dit rapport beperken wij ons tot enkele voorbeelden.



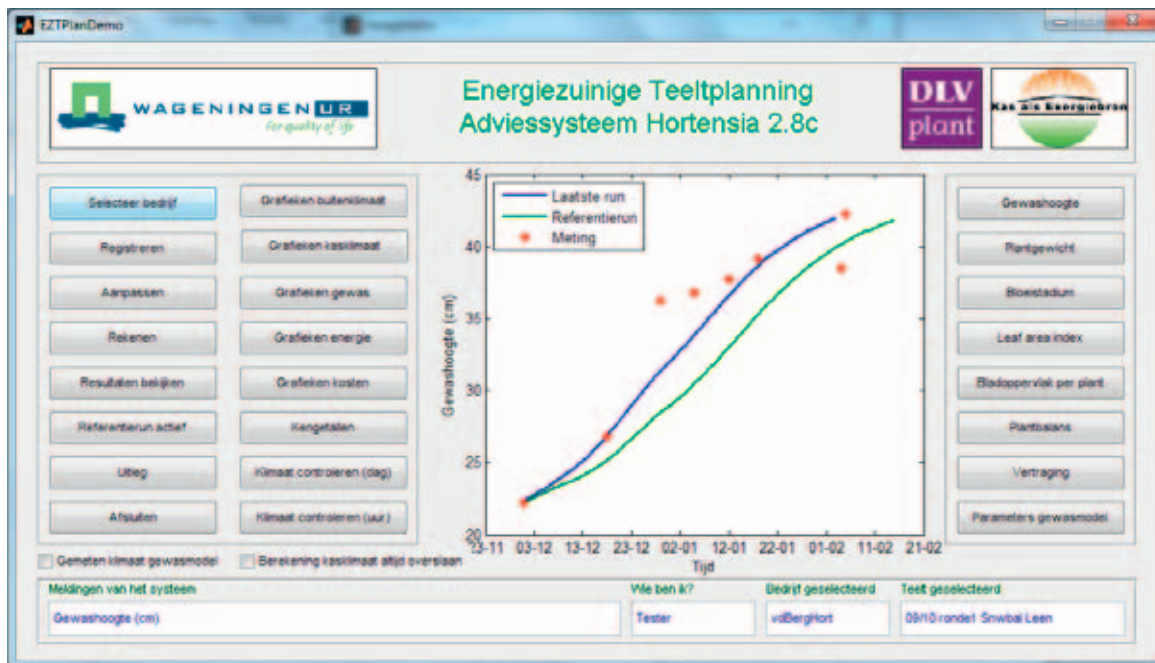
Figuur 3.4. Referentieteelt teler 1 sneeuwbal 1^e teeltronde (blauw) vergeleken met 14 dagen eerder starten (groen).

Kengetallen		
	Laatste teelt:	Referentie-teelt:
Berekende teeltduur (dagen)	79	79
Berekende datum klaar	17-Feb	03-Feb
Datum klaar volgens teeltplan	19-Feb	05-Feb
Ruimtebeslag (week.m2 / plant)	0.66	0.66
Eindgewicht (g droge stof / plant)	15.8	14
Energieverbruik (MJ / plant)	19.7	19.3
Energieverbruik (MJ / m2 kas)	327.3	312.4
Lichtbenutting (g droog / MJ globale straling)	90.1	88
Teeltkosten (euro per plant)	1.24	1.23
Afsluiten		

Figuur 3.5. Referentieteelt teler 1sneeuwbal 1e teeltronde (laatste teelt) vergeleken met 14 dagen eerder starten (referentieteelt).

In dit hoofdstuk worden enkele energiezuinige scenario's vergeleken om aan te geven, welke mogelijkheden uit scenarioberekeningen met het adviessysteem voortvloeien.

Voorbeeld 1: De referentietelers partij is opgezet bij teler H op 1 december 2009 (blauwe lijn). Deze teler stookt al weinig, maar wellicht is er nog energiebesparing zonder teeltvertraging mogelijk door twee weken eerder te starten met de teelt (groene lijn). In Figuur 3.4. Is te zien dat de lengtegroei niet verschilt. In Figuur 3.5. is te zien dat eerder starten geen effect heeft op de teeltduur, een kleine afname van het eindgewicht, maar ook een geringe energiebesparing.

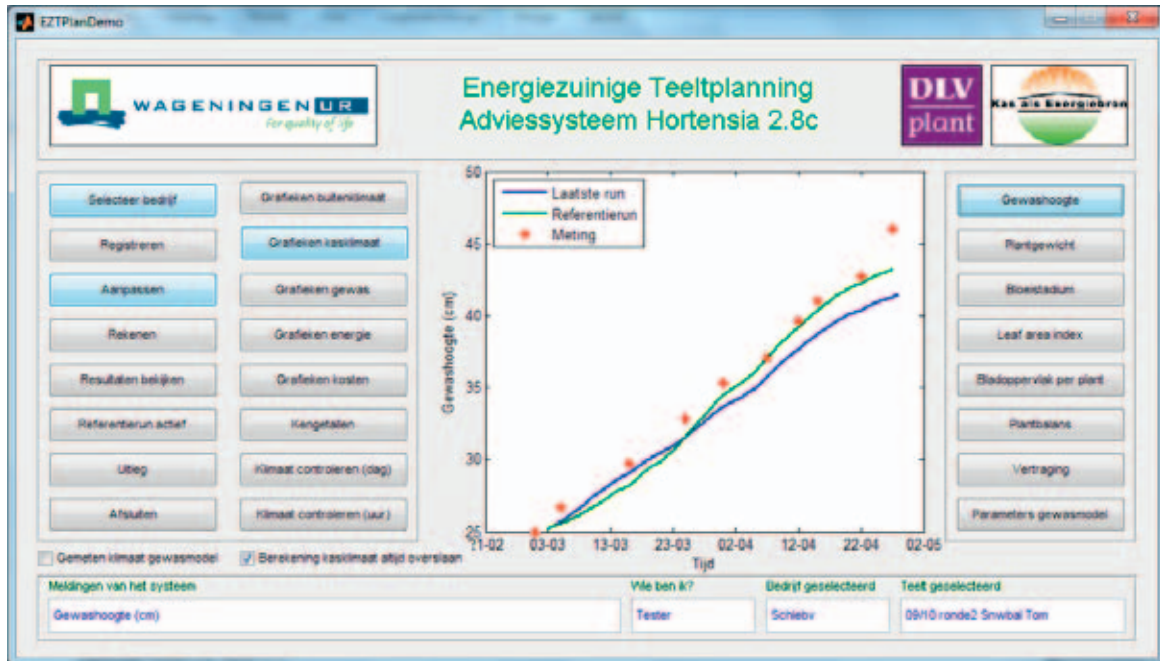


Figuur 3.6. Referentietelers telers B sneeuwbal 1e teelt (blauw) vergeleken met lagere stooktemperatuur (groen).

	Laatste teelt:	Referentie-teelt:
Berekende teeltduur (dagen)	65	77
Berekende datum klaar	03-Feb	15-Feb
Datum klaar volgens teeltplan	05-Feb	05-Feb
Ruimtebeslag (week. m2 / plant)	0.47	0.6
Eindgewicht (g droge stof / plant)	25.6	29.9
Energieverbruik (MJ / plant)	20.8	23.2
Energieverbruik (MJ / m2 kas)	394.4	414.4
Lichtbenutting (g droog / MJ globale straling)	175.3	187.2
Teeltkosten (euro per plant)	1.29	1.35

Figuur 3.7. Teler B sneeuwbal 1e teelt (laatste teelt) vergeleken met lagere stooktemperatuur (referentieteelt).

Voorbeeld 2: Teler B houdt in de referentieteelt (blauw) een stookregime aan van rond de 19 °C. In een laatste run (groene lijn) is de stooktemperatuur met 2 °C verlaagd om te berekenen of dit energie besparing oplevert. In Figuur 3.6. is in ieder geval al te zien dat de teelt vertraagt. In Figuur 3.7. is te zien de de teeltduur toeneemt met 12 dagen, daardoor neemt het ruimtebeslag toe, wordt een zwaardere plant gemaakt. In tegenstelling tot wat sommigen zouden verwachten neemt het energieverbruik toe bij verlaging van de temperatuur. Het effect is klein in MJ/m² in MJ/plant is het aanzienlijk. De conclusie is dus dat verlagen van de stooktemperatuur in dit geval meer energie kost als gevolg van de veel langere teeltduur.



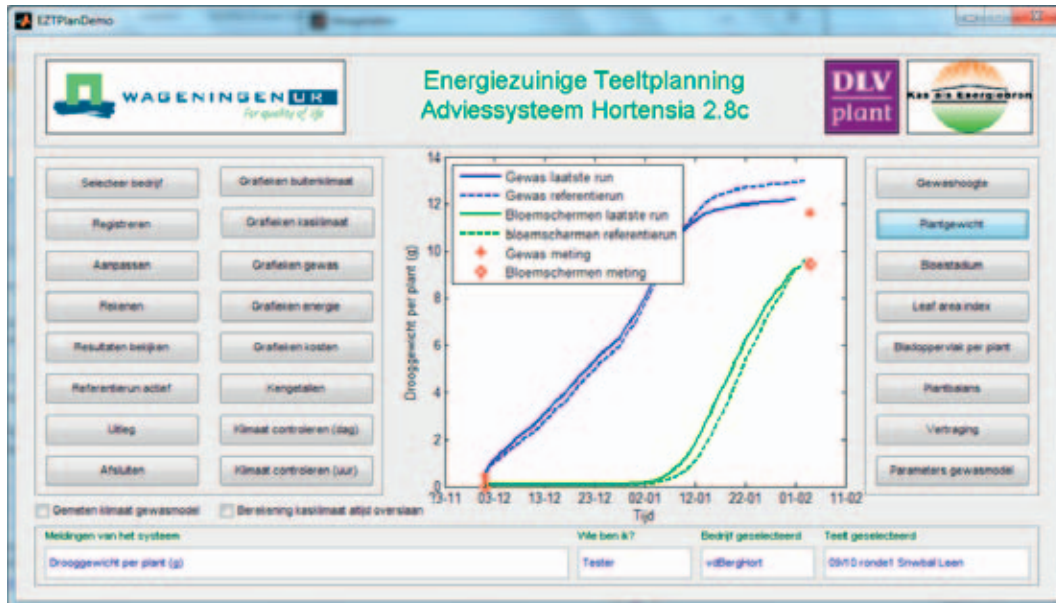
Figuur 3.8. Referentieteelt teler S sneeuwbal 1^e teelt vergeleken met ander wijderzetschema (laatste run).

Kengetallen		
	Laatste teelt:	Referentie-teelt:
Berekende teeltduur (dagen)	57	56
Berekende datum klaar	26-Apr	27-Apr
Datum klaar volgens teeltplan	05-Apr	05-Apr
Ruimtebeslag (week.m ² / plant)	0.73	1
Eindgewicht (g droge stof / plant)	55.6	63.8
Energieverbruik (MJ / plant)	14.5	22.3
Energieverbruik (MJ / m ² kas)	179.6	178.9
Lichtbenutting (g droog / MJ globale straling)	44.9	37.3
Teeltkosten (euro per plant)	1.25	1.37

Figuur 3.9. Referentieteelt teler S sneeuwbal 2e teeltronde vergeleken met ander wijderzetschema (laatste run).

Voorbeeld 3: Plantdichtheid en ruimtebenutting.

In het onderzoek zijn de proefplanten van teler S meteen op eindafstand uitgezet (referentie). De resultaten van deze strategie worden vergeleken met een meer gangbare strategie waarbij de planten eerst dicht tegen elkaar staan ($40/m^2$) en tussendoor een keer wijder worden gezet. Uit Figuur 3.8. en 3.9 blijkt dat door vaker wijder zetten het ruimtebeslag efficiënter wordt en het energieverbruik per plant met 35% afneemt. De lichtbenutting neemt toe met 20%, terwijl de teeltkosten afnemen met 0.12 €. Daar tegenover staat een lichte toename van het energieverbruik per m^2 als gevolg van de verlenging van de teeltduur met 1 dag een afname van het eindgewicht met 13%.

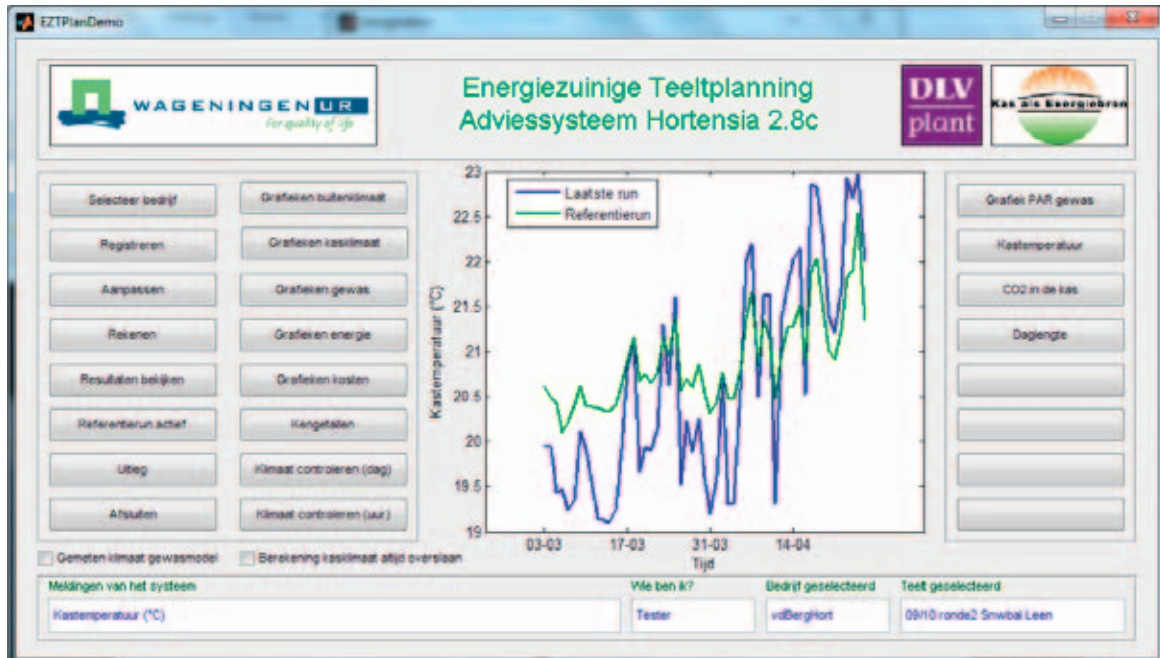


Figuur 3.10. Referentieteelt teler B sneeuwbal 1^e teelt vergeleken met een hogere stooktemperatuur gedurende de eerste helft van de teelt (laatste run).

	Laatste teelt:	Referentie-teelt:
Berekende teeltduur (dagen)	63	65
Berekende datum klaar	01-Feb	03-Feb
Datum klaar volgens teeltplan	05-Feb	05-Feb
Ruimtebeslag (week.m ² / plant)	0.45	0.47
Eindgewicht (g droge stof / plant)	22	23.2
Energieverbruik (MJ / plant)	20.2	20.8
Energieverbruik (MJ / m ² kas)	393.4	394.4
Lichtbenutting (g droog / MJ globale straling)	146.4	150.9
Teeltkosten (euro per plant)	1.27	1.29

Figuur 3.11. Effecten van een verhoging van de stooklijn met 1 °C bij teler B sneeuwbal 1^e teeltronde tijdens de eerste helft van de teelt (laatste run) vergeleken met de oorspronkelijke instellingen (referentieteelt).

Voorbeeld 4 – Uit voorbeeld 2 bleek dat een verlaging van de stooktemperatuur leidde tot een toename van het energieverbruik. In dit voorbeeld kijken we naar de andere kant: temperatuurverhoging. In dit voorbeeld heeft teler B de stooktemperatuur met 1 °C verhoogd gedurende de eerste helft van de teelt. Te zien is dat de teeltduur hierdoor wordt verkort met 2 dagen, waardoor het ruimtebeslag licht vermindert. Het energieverbruik neemt af met 3%, terwijl het eindgewicht afneemt met 5%. Temperatuurverhoging tijdens de tweede helft van de teelt bleek vrijwel geen effect te hebben. Het lijkt erop dat er in de periode december-januari met temperatuurverhoging niet veel winst te behalen valt.



Figuur 3.12. Effect van vergroting van de 'dode zone' tussen stooktemperatuur en ventilatietemperatuur van 1 naar 8 °C en verlaging van de stooklijn van 20.5 naar 19.2 °C op het verloop van de etmaaltemperatuur in de tweede teeltronde bij teler B.

The 'Kengetallen' window displays a table comparing the 'Laatste teelt' (latest run) and 'Referentie-teelt' (reference run) across various metrics. The data is as follows:

Metric	Laatste teelt	Referentie-teelt
Berekende teeltduur (dagen)	55	55
Berekende datum klaar	26-Apr	26-Apr
Datum klaar volgens teeltplan	15-Apr	15-Apr
Ruimtebeslag (week.m2 / plant)	0.66	0.66
Eindgewicht (g droge stof / plant)	43.5	41.6
Energieverbruik (MJ / plant)	13.2	16.8
Energieverbruik (MJ / m2 kas)	184.1	225.4
Lichtbenutting (g droog / MJ globale straling)	48.1	47.7
Teeltkosten (euro per plant)	1.32	1.35

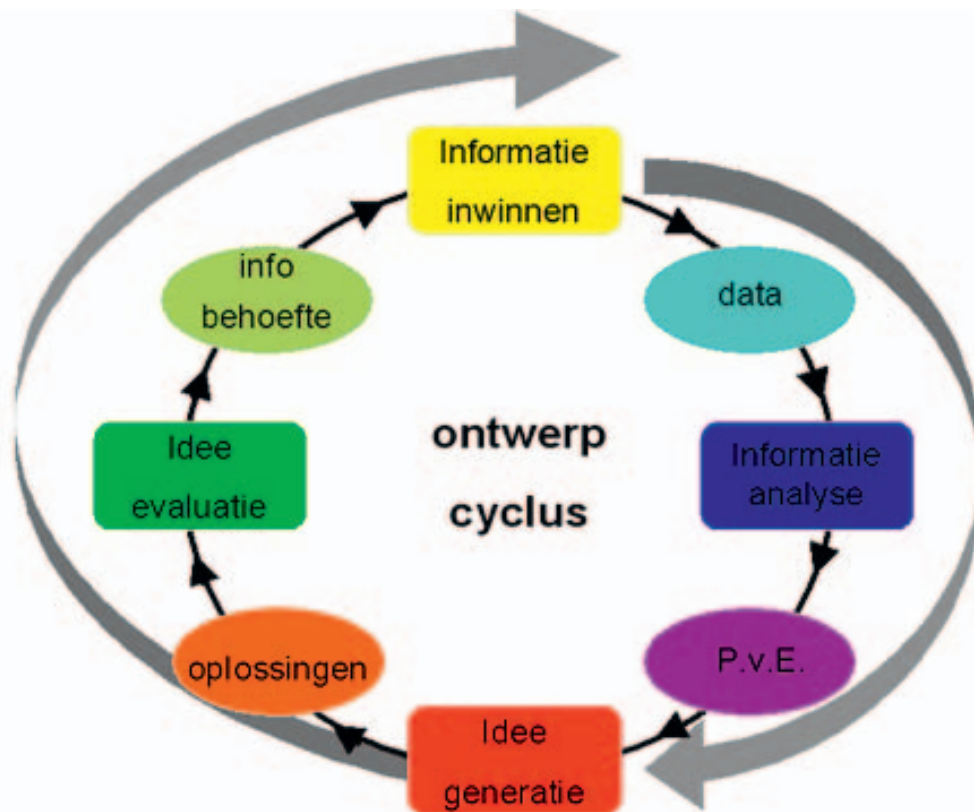
An 'Afsluiten' button is located at the bottom right of the table.

Figuur 3.13. – Kengetallen van de de tweede teeltronde bij teler B die het effect laten zien van een groter verschil tussen stooktemperatuur en ventilatietemperatuur (8 in plaats van 1°C) en verlaging van de stooklijn van 20.5 naar 19.2°C (laatste teelt), vergeleken met de oorspronkelijke teelt (Referentieteelt).

Voorbeeld 5: De tweede teeltronde viel in het voorjaar (maart en april). In deze periode is energiebesparing te bereiken door meer gebruik te maken van gratis zonnewarmte. Dit werd bereikt door een grotere dode zone tussen stoken en luchten in te stellen. Vervolgens werd proefondervindelijk de stooklijn verlaagd tot de teeltduur weer gelijk was aan de oorspronkelijke teelt. Hiervoor bleek een verlaging van 20.5 naar 19.2 °C nodig te zijn. Het resultaat is een 5% zwaardere plant tegen 22% minder energiekosten.

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 SEL-jaar, 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 *et al.* 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 doorrekent, 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 week.m² en per 1000 planten inclusief indirecte kosten (uitgangspunt gederfde opbrengsten per week.m²; hier zitten de kosten van gederfde 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 hetgeen 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 ontstaat 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 voor twee teeltronden achter elkaar het zuinigste en het minst zuinige bedrijf een ruime factor 2 bleken te verschillen (Tabel 3.5.). Dit contrast was deels toe te schrijven aan de instellingen van de klimaatregeling en verder aan verschillen in ruimtebenutting. Scenarioberekeningen laten zien dat het optimaliseren van het wijderzetschema al snel leidt tot een verhoging van de energie-efficiëntie van de teelt met 20% (Figuur 3.8. en 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. Een aantal kenmerken die waarschijnlijk wel invloed hebben op de prijs zijn dus niet in de databank opgenomen. Een voorbeeld hiervan is de dikte van de planten bij Ficus. Indien de teeltmodule een duidelijk effect op de dikte aangeeft dient de gebruiker het effect zelf in te schatten en eventueel de door het model geschatte prijs, aan te passen.

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. Vooral 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 Poinsettia en Ficus ook zijn afgelopen. Het is de bedoeling dat het adviessysteem 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 wijdere temperatuurgrenzen tot een reductie van de energiebehoefte van 20% kan leiden (Figuur 3.8, 3.9).

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, rookgascondensator, 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 groeiregulators 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 Hortensia bleken op de deelnemende bedrijven verschillende rassen 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. Zo is inmiddels is voor het EZTP-systeem ook een Anthurium-versie ontwikkeld. Het is verder 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. Met dit EZTP-model is het mogelijk gemaakt om dieper inzicht te verkrijgen in de complexe situatie van aanpassen van teeltomstandigheden in relatie met teeltsnelheid en de consequenties daarvan op energie. Deze tool 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 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.

Wat betreft Hortensia is gebleken dat in het struikje dat voor de trek uit de koeling wordt gehaald nog duidelijke invloeden aanwezig zijn van eerdere teeltfasen, waardoor de nauwkeurigheid die met de modelberekeningen kan worden bereikt minder groot is dan bij andere gewassen. Het gaat hierbij om de leeftijd van het struikje, de rembehandelingen die in de

laatste teeltfase voor de koeling zijn gegeven, de effectiviteit van de doorbreking van de knoprust tijdens de koelfase. Dit betekent dat het adviessysteem voor praktisch gebruik door Hortensiatelers eigenlijk zou moeten worden uitgerust met een tussentijdse terugkoppeling van gewaswaarnemingen op de berekeningen. Het systeem corrigeert dan tussentijds de berekeningen op basis van gewasregistraties.

Bedrijfsvergelijking heeft verschillen in energie-efficiëntie (energieverbruik per geleverde plant) van meer dan een factor 2 tussen de deelnemers aan het licht gebracht. Wanneer alle bedrijven hun teeltstrategie zouden opschuiven in de richting van de zuinigste, dan lijkt een verbetering over de hele linie van 20% niet onrealistisch. Ruimere temperatuurgrenzen - HNT-stijl en het optimaliseren van wijderzetschema's zouden samen nog 10 tot 20% op kunnen leveren. Tenslotte zou het herkennen en vermijden van situaties waarin een verlaagde temperatuur averechts werkt doordat de teeltduur sterk wordt verlengd nog enkele procenten winst op kunnen leveren.

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 teelmaatregelen 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. 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 adviessysteem. 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 €/m²/jr zal een besparing van 10.000 €/jr ook snel zijn gevonden (bedragen gebaseerd op gegevens van het LEI – van der Velden 2008).

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.

Bij het toepassen van EZTP op bedrijven ligt er een belangrijke rol voor teeltadviseurs die goed bekend zijn met het systeem.

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

- Bailey, D.A.,Weller, T.C. 1984.
Stimulation of inflorescence expansion in florists' Hydrangea. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 (6):792-794.
- Bailey, D.A.,Weller, T.C. 1984.
control of floral initiation in florists' Hydrangea. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 (6):785-791.
- Baum, A. 1991.
Auswirkungen der vorkultur von Hydrangea macrophylla auf den treiberfolg. Gartenbau 38 (1991)12 p50, -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.
- Benninga, J., Noort, F., Kempkes, F. 2005.
Het economisch perspectief van energiebesparing door het aanhouden van lagere stooktemperaturen bij potplanten. Rapport 2.05.10.
- Breuer, JJG, en Van de Braak NJ, 1989 – Reference Year for Dutch Greenhouses. Acta Hort. 248:101-108.
- Bruns Anja. 1995.
Bei warmer nacht kürzere pflanzen. DeGa 2/95, p78, 79.
- Bruns A. 1993.
Hortensien – einfluss von temperaturstrategien. Gb Gw 51/52/1993.p 2378, 2379.
- Buwalda, F., Henten, van E.J., Gelder, de A., Bontsema, J., Hemming, J. 2006 - Toward an optimal control strategy for sweet pepper cultivation : a dynamic crop model. Acta Horticulturae, Vol. 718, p.367-374
- Buwalda, F., Jilesen, C.J.T.J., Korsten, P.H.J., Zonnenberg, D. and van Noort, F. 2004.
External quality and timing of flowering pot plants - modelling side shoot emergence and biomass partitioning to flowers of kalanchoe. Acta Hort. (ISHS) 654:45-54
- 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., 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., van der Mark C., Swinkels GJ., 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 F.,Swinkels GJ., Bontsema J., Elings A., de Gelder A., Sterk F en van der Mark C. (2010)
Model-gebaseerde teeltadvisering voor paprika. Wageningen UR Rapport GTB-1052.indd
- Codarin, Sandrine; Gilles Galopin, Gerard Chasseriaux. 2006.
Effect of air humidity on the growth and morphology of Hydrangea macrophylla L. Scientia Horticulturae 108 (2006) 303–309.
- Eveleens-Clark, B.A.; Lagas, P.; Driever, S.M.; Zwinkels, J.; Bij de Vaate, J.; Kaarsemaker, R.C. (2010)
40 kg Paprika. Wageningen UR Glastuinbouw/DLV Plant/Groen Agro Control.
- Klapwijk, A.P., Bedrijfs-economische kostenanalyse van de teelt van Hydrangea Macrophylla (Hortensia), Landbouw Universiteit Wageningen 1996.
- Leeuwen, van, Noort, F van, Paassen, R. van, Straver, N. 2003.

- teelt van hydrangea. PPO 585.
- Orozco-obando, W; Hirsch, G; Wetzstein, HY. 2005.
 Genotypic variation in flower induction and development in hydrangea macrophylla. HortScience 40 (6): 1695-1698.
- Rijssel, E. van, Normen afleiden uit arbeidsregistratie, PBN rapport, Aalsmeer 1993
- Shanks, J. B. 1987.
 Development of ornamental crops under split night temperatures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 (4):651-657.
- Snipen, L.G., Moe, R., Sùreng, J.S., 1998.
 Predicting the time to flowering in poinsettia using a first passage time model. Acta Hortic. 456, 151-159.
- Strauch, K-H. 1993.
 Ausschlaggebend ist die combination der faktoren. Gartenbau 12 (1993), p70-73
- Van der Velden, N.J.A., 2008.
 Effecten stijgende energieprijzen voor de Nederlandse glastuinbouw. Rapport VR2008018. LEI, Den Haag.
- Zhou, Thian Su.; Hara, Noburu. 1988.
 Development of shoot in Hydrangea macrophylla I. terminal and axially buds. Bot.mag.Tokyo 101:281-291.
- Zhou, Thian Su.; Hara, Noburu. 1989.
 Development of shoot in Hydrangea macrophylla II. Sequence and Timing. Bot.mag.Tokyo 102:193-206.
- Zwart, H.F. de. 1996.
 Analyzing energy-saving options in greenhouse cultivation using a simulation model. PhD Thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.

Bijlage I Eindworkshop

Verslag workshop EZTP Hortensia

GreenQ, Bleiswijk, 01-12-2010

Aanwezig: T. Dijkstra, E. de Rooij, T. van de Berg, W. Hofstede, L. en zoon van Dijk, J. van Capelle, B. Houter, D. Medema, S. van Schie, L. Oprel, F. Buwalda en F. van Noort (not.)

Fokke heet iedereen welkom en begint zijn verhaal over het verloop van het project voor Hortensia. Het onderzoek is vrijwel afgerond en de resultaten daarvan op teeltoptimalisatie en energiebesparing zitten in het ontwikkelde model. Een aantal belangrijke opmerkingen waren dat een dynamisch model het beste is, omdat deze rekent met bedrijf, strategie en omgeving. Het bleek ook dat een ontwerpcyclus meestal meerdere rondjes heeft, waardoor Hortensia ook nu nog niet helemaal naar verwachting werkt. Het lastige bij hortensia is dat de startplant nog belangrijker is dan was verwacht en dat de uitgangspant nog beter gemodelleerd moet worden (aantal bladeren onder de knop, aantal scheuten, koppen, C-voorraad). Er was nog even discussie naar aanleiding van de opmerking van Wilko dat bij een bepaalde sheet, je zou verwachten dat planten langer worden naarmate ze dichter bij elkaar staan. De strekkingsreactie van planten bij een hoger aantal koppen per m² zit wel in het model. Het is een kwestie van parameter-instellingen aanpassen. Er zijn momenteel te weinig gegevens beschikbaar om exact te bepalen welke aanpassing nodig is. Er was ook nog een opmerking van Tom van de Berg of zijn planten een andere bloeistadium hadden, dan de andere planten (gaan we nazoeken)

Evaluatie

Daarna werd het project in 'bespreking' gegeven en werden de volgende opmerkingen gemaakt. L. van Dijk: hoe zeker kunnen we zijn van de cijfers die door het model geproduceerd worden. L. van Dijk: de eindkwaliteit is nog niet duidelijk uit het model. L. Oprel: er moeten beveiligingen in komen om geheel 'hufferproof' te maken en te voorkomen dat het model buiten de validatiegrenzen gaat adviseren. Dennis, welk instrument wordt ontwikkeld? In potentie zou het gebruikt kunnen worden als voorlichtingsinstrument, planningsinstrument, Cursusmateriaal en/of onderwijsinstrument. Sjaak van Schie: Er zit duidelijk potentie in het systeem, alleen zal er meer mee gewerkt moeten worden om dat eruit te kunnen halen. En door deze gebruikssessie's zouden fouten en verschillen uit het systeem gehaald moeten worden en het zou gebruikersvriendelijker, sneller en online moeten.

Afspraken:

- 25 januari – opnieuw oefenen met het systeem
- Fokke: maakt online versie
- Gebruikers: voor een goed gebruik is een parlichtmeting belangrijk
- Sjaak en Tom bespreken het project binnenkort in de Landelijke Gewascommissie
- Na 25 januari een workshop organiseren voor een grotere groep tuinders
- Het project EZTP Hortensia dat de afgelopen 2 jaar heeft gelopen is nu klaar. Het budget is ook uitgeput. Er komt op korte termijn nog een eindverslag. Eventuele verdere activiteiten kunnen niet meer uit het huidige projectbudget worden betaald.
- Het zou wenselijk zijn als DLV of de telers zelf het initiatief nemen voor het organiseren van de praktijktest met het systeem in het teeltseizoen 2010-2011

Bijlage II Weblogs op www.Energiek2020.nu

Home » Nieuws » Energiezuinig potplanten telen met nieuw planningsprogramma

Energiezuinig potplanten telen met nieuw planningsprogramma

woensdag, 12 mei 2010

Het moment van wijder zetten heeft groot effect op de hoeveelheid energie bij per potplant. Dit blijkt uit berekeningen die zijn gemaakt met het nieuwe teeltplanningsprogramma voor ficus, poinsettia en hortensia. De software is gerealiseerd in het kader van het programma Kas als Energiebron en is een doorontwikkeling van planningssoftware voor de teelt van kalanchoe, die onlangs in gebruik is genomen.

Het rendement in de teelt van potplanten is afhankelijk van een juiste planning en van een optimale benutting van ruimte en energie. Door daarmee slim om te gaan is het rendement te verhogen. De teler moet daarvoor kunnen inspelen op de mogelijkheden van de kas, de weersomstandigheden, de markt, de gasprijs en de beschikbare arbeid. Dat valt niet mee, want er is niet één optimaal recept te geven voor de beste strategie.

Onderzoekers Fokke Buwalda en Filip van Noort ontwikkelen software om het effect van verschillende teeltmaatregelen bij potplanten tegen elkaar af te wegen. Voor kalanchoë is een vereenvoudigde versie van deze software inmiddels praktijkrijp en 25 telers hebben onlangs een CD gekregen om het programma te testen. Voor ficus, poinsettia en hortensia wordt binnenkort de eerste testversie verwacht.

Rekentuig

De software maakt het mogelijk om verschillende variabelen in te voeren in de computer. Vervolgens wordt een berekening gemaakt van het verwachte oogstmoment en de benodigde hoeveelheid energie. Hiervoor maakt de computer gebruik van geavanceerde rekenregels uit een model dat de plantengroei en -ontwikkeling beschrijft. Kasklimaat en energiebehoefte worden met behulp van een kassimulatiemodel berekend. Door te variëren met bijvoorbeeld plantdatum, het moment van wijder zetten en de temperatuur, wordt duidelijk wat de gevolgen zijn van een bepaalde teeltmaatregel. Zo blijkt bijvoorbeeld dat bij hortensia het moment van wijder zetten wel 20% verschil kan maken in de benodigde hoeveelheid energie per plant, zonder dat dit ten koste gaat van de kwaliteit van het product of de datum van oogsten.

Op dit moment is het alleen mogelijk om vooruit te plannen. Een volgende stap in de ontwikkeling is dat de computer vanuit een gewenst oogstmoment kan gaan terug rekenen.

Dit onderzoek wordt gefinancierd door het Ministerie van LNV en het Productschap Tuinbouw in het kader van het programma Kas als Energiebron.

Categorie: kasklimaat en teelttechniek, potplanten

Hortensia's energiezuinig telen

woensdag, 15 december 2010

Begin december hebben enkele potplantentelers het groeiplanningsmodel van hortensia beproefd tijdens een interactieve workshop. De eerste reacties waren positief en de conclusie van deze middag was dat het programma potentie bezit. De telers vinden het daarom wenselijk om meer ervaring met het model op te doen en het model verder te testen in het komende hortensia-trekseizoen. De komende maanden zullen er daarom regelmatig dit soort bijeenkomsten worden georganiseerd.

Het model is ontwikkeld onder de vlag van Energie Zuinige Teeltplanning voor Potplanten in het kader van het programma Kas als Energiebron. Telers verwachten dat ze met wat oefening het adviessysteem goed zelf kunnen bedienen. Voor dat doel moet er snel een on-line versie van het systeem beschikbaar komen. Dit kan dan worden gebruikt om nieuwe partijen hortensia op de bedrijven in te voeren en te gaan monitoren. Een on-line PAR meter lijkt daarbij onmisbaar. De mogelijkheden daarvoor zullen in een volgend project moeten worden onderzocht.

Categorie: potplanten

Optimaliseren met EZTP-model werkt

woensdag, 26 januari 2011



Johan van Capelle, Sjaak van Schie Hortensia.

Het bepalen van het effect van temperatuur en aantal planten per m² op de omloopsnelheid en op het energiegebruik per plant is niet makkelijk. In december was er een workshop in Bleiswijk waarin we met een aantal hortensiateleurs hebben gestoeid met het model voor Energie Zuinige Potplantenteelt (EZTP) dat Wageningen UR Glastuinbouw heeft ontwikkeld. Daar bleek dat het model een mooi instrument kan worden voor de optimalisatie van de teelt.

Zo blijkt bijvoorbeeld dat we bij een nachttemperatuur van 22 graden Celsius een hele teelt extra halen dan wanneer die temperatuur op 16 graden wordt gehouden. Maar ja, dat kost wel extra energie, zowel voor warmte als voor de belichting. Dat laat het model mooi in cijfers zien. Het model geeft ook de mogelijkheid om een de energieprijis door te reken in het product. We kunnen zo dus een beter gefundeerde afweging maken tussen kosten en baten.

Nu is het zaak om het model verder te gaan verfijnen. We willen bijvoorbeeld nauwkeuriger kunnen belichten. Dan zijn er gegevens nodig van de hoeveelheid PAR-licht. Het model moet daarvoor worden uitgebreid en aan sensoren worden gekoppeld. Een paar mensen uit onze groep is daar nu mee bezig.

Uit het model blijkt dat wanneer je meer energie in de teelt steekt dit de kostprijs verlaagd. De teeltduur wordt korter dus de staankosten lager. Deze staankosten per week zijn hoger dan de energiekosten.

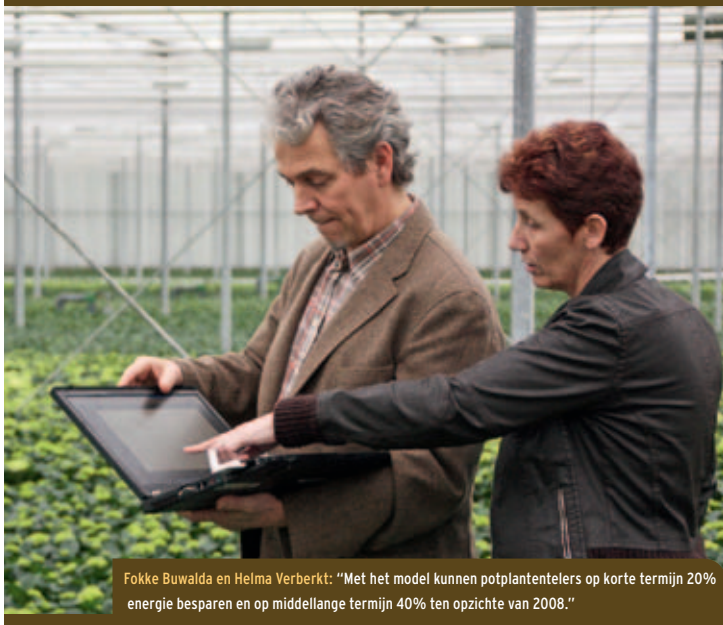
Natuurlijk, het liefst zouden we zonder energie telen. Maar dat is een utopie. Met dit programma kunnen we wel veel verantwoordere keuzes maken en dat is voor het energiemangement van ons bedrijf, en dat van collega's, van groot belang.

Categorie: Het Nieuwe Telen, potplanten

Met een goede teeltnavigator is winst te behalen

Potplantentelers kunnen 40% energie besparen met slimmer telen

POTPLANTEN
ENERGIEBESPARING



Fokke Buwalda en Helma Verberkt: "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 ARKESTEIJN

teeltnavigator: 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-
onderzoek**

UR Glastuinbouw, LEI en DLV Plant en drie telersgroepen.

Teeltdoelen voorop

Teeltdoelen staan voorop, ook al is de insteek 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 opotdatum, 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 Verberkt, 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

Potplantentelers kunnen 40% energie

Vervolg van
pagina 23

Potplantenteler Leo van Uffelen:

'Ik wil mijn ideeën toetsen aan de groene vingers van het model'

Leo van Uffelen heeft een pot- en perkplantenbedrijf van 18.000 m² in Maasland. Op 9.000 m² teelt hij vaste groene kamerplanten. Op de andere helft van het bedrijf poinsettia, gevolgd door verschillende voorjaarsteelten, met name hibiscus. Hij is een van de vier poinsettiateles uit de pilotgroep Poinsettia.

De teelt van poinsettia heeft Van Uffelen voor een groot deel in eigen hand. "In week 28 komen de stekken. Ik bewortel zelf en pot ze op in 13 centimeter potten. De afleverperiode is circa twee tot drie weken vanaf eind november."

De teler heeft een dubbel scherm en een verduisteringssysteem. Bij poinsettia luistert het aflevertijdstip heel nauw. Het is daarom belangrijk om zo uitgekend mogelijk te telen.

Kennis vergaren

Van Uffelen: "Ik doe mee om kennis te vergaren. Hoeveel energie heeft een plant nodig? De basis is mijn jarenlange ervaring als groenteteler en mijn ervaring met temperatuurintegratie. Ik teel nu voor het derde jaar poinsettia's. We telen alle vier op onze eigen manier. Uit de eindresultaten van het afgelopen seizoen blijkt dat we onderling een groot verschil hebben in energieverbruik."

De potplantenteler hoopt dat het beslissingsondersteunde systeem de 'groene vingers' in kaart kan brengen, zodat hij zijn ideeën kan toetsen. "Er zijn telers die starten in week 28. Ik begin bewust later, ook al zou ik rond die tijd wel ruimte hebben. Volgens mij krijg je een traag gewas als je te rustig start. Ik kies daarom voor een snellere start en energie toevoegen in het begin om later te besparen. Je krijgt geen wortelproblemen als je het gewas actief houdt. Daarbij komt dat telers die vroeger starten, minder hoeven te remmen en daardoor meer ongelijk-



Leo van Uffelen (rechts) op bezoek bij Van Dijk: "Naar aanleiding van dit project wil ik meer bewust mijn teeltmaatregelen nemen."

heid hebben. Ze hebben dan extra arbeid voor het uitsorteren nodig."

Van Uffelen: "Ik hoop naar aanleiding van dit project te zien hoe een plant 'op papier' groeit en wil naar aanleiding daarvan teeltmaatregelen nemen."

tisch werkend systeem. "We zoeken naar relaties tussen factoren om het teeltproces en de bedrijfsvoering nog verder te optimaliseren. We proberen de 'groene vingers' om te zetten in iets tastbaars. Om goed aansluiting bij de praktijk te houden, begeleiden onze medewerkers de praktijkproeven en doen ze de gewaswaarnemingen."

Drie pilotgewassen

Poinsettia, hortensia en ficus zijn de pilotgewassen. Verberkt: "Met deze drie gewassen komen de belangrijkste thema's rondom teeltplanning en teeltsturing aan de orde: jaarronde teelt, seizoensteelt, trek, groen, bloeiend, kostprijsbeheersing, productkwaliteit, lichtbenutting, ruimtebenutting, energie-efficiëntie en het sturen op eindkwaliteit en afleverdatum. Daardoor zijn de resultaten relevant voor de hele potplantensector."

De trek van hortensia is eigenlijk een geval apart. Buwalda: "Fysiologisch gezien gaat het bij dit gewas alleen om uitgroei en niet om de ontwikkelingssnelheid. In aanleg zijn alle bladeren en bloemen al

in de knoppen aanwezig. Er bestaan daarvoor nog geen kant-en-klare modellen die rekening houden met de factoren temperatuur, lichtniveau en CO₂-concentratie. We hebben nu een model ontwikkeld dat de belangrijkste processen beschrijft. Dat moeten we nog kalibreren op resultaten uit de lopende teeltproef."

Metten en data verzamelen

Voorjaar 2008 startte het project. Buwalda: "We zijn bij hortensia en poinsettia begonnen met het verzamelen van data, het ontwerpen van verschillende softwaremodules en proefdraaien. We moeten immers nagaan of het model klopt."

Van de vier deelnemende hortensia-bedrijven zijn gegevens verzameld uit de klimaatcomputers en van speciale mobiele meetopstellingen. Deze opstellingen staan tussen het gewas en geven meer nauwkeurig de omstandigheden voor de plant weer. "We leggen de RV, temperatuur, CO₂, PAR-licht, bladtemperatuur, blad dikte, watergehalte, EC en temperatuur van de potgrond vast."

Resultaten hortensia

Ondanks de ervaringen van de vier hortensiatelers, blijken er flinke onderlinge verschillen in energieverbruik, ruimtebenutting, gewasgroei en eindkwaliteit. Daarbij blijken de CO₂-concentratie en het wijderzetschema erg belangrijk voor het teeltrendement.

Buwalda: "In de eerste teeltproeven blijkt



De onderzoekers meten onder andere de RV, temperatuur, CO₂, PAR-licht, bladtemperatuur, bladdikte, watergehalte en EC.

verder
optimaliseren

sturen op
eindkwaliteit

wijder-
zetschema

Hortensiateler Leen van Dijk:

'Je kunt vooraf beter toetsen wat je beslissingen zijn'

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

"We starten met stek bewortelen 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 koelcel 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 koelcel in. Vanaf half november zetten ze wekelijks een partij warm."

Vader en zoon hebben zowel de op- als afkweek in eigen hand. "Met name in de tweede, intensieve fase, als we wekelijks planten opzetten en dagelijks afleveren, zijn er grote verschillen in energieverbruik, afweektijd en plantdichtheid tussen de telers onderling. Juist dan kunnen we een goed beslissingsondersteunend systeem goed gebruiken. De hortensiateelt is wat dat betreft de mooiste 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 buis gisteravond om half zeven? Welk schermdoek gebruik je? Hoe licht was het?"

We stellen waarden in, maar niemand weet precies wanneer en hoe ze gerealiseerd worden. Ook raseigenschappen 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 stra-

tegisch mee omgaan. Je kunt bijvoorbeeld zien welk prijskaartje er aan je doelstellingen 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 kun je ook monitoren of je de goede weg naar het teeltdoel volgt en zonodig 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 CO₂-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 teeltemperatuur. In combinatie met een relatief lage ruimtebenutting, komt het energieverbruik per plant het hoogst uit. Ondanks het laagste energieverbruik per m³ 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 teelresultaten 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 zeilrace 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 momenteel de meeste winst is te behalen."

betere navigator

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

ruimtebenutting

