



Energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten

Een rekenplatform voor energie-efficiënte scenario's in de Ficus-teelt

Fokke Buwalda¹ Filip van Noort¹ Bonte de Jong²

¹ Wageningen UR Glastuinbouw ² Adviseur Pot- en perkplanten



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 Gewasmodel	13
	2.2 Registratiemodules	16
	2.3 Module voor klimaatinstellingen	18
	2.4 Bijhouden van realtime gegevens	19
	2.5 Presenteren van resultaten	20
	2.6 Praktijkproeven op deelnemende bedrijven	21
3	Resultaten	23
	3.1 Onderzoeksvragen	23
	3.2 Klimaat en energie	26
	3.2.1 Effect van klimaat op bladval bij Ficus	28
	3.2.2 Energiezuinige scenario's	29
4	Discussie	35
	4.1 Participatief ontwerpen	36
	4.2 Beslissen in een complexe situatie	37
	4.3 Planning per partij of op bedrijfsniveau	37
	4.4 Bedrijfsvergelijking	38
	4.5 Het vertalen van kwaliteit in prijs	38
	4.6 Betrouwbaarheid van de rekenresultaten	38
	4.7 Terugkoppeling met doelstelling	39
	4.8 EZTP en het nieuwe telen	40
	4.9 Bruikbaarheid voor andere gewassen	41
	4.10 Conclusies	41
	4.11 Aanbevelingen	42
5	Referenties	45
Bijlage I	Weblogs op www.Energiek2020.nu	47

Telerssamenvatting

In het kader van het project energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten is gewerkt aan een adviessysteem dat Ficustelers 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 vier ficusbedrijven, 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

Een partij Ficus wordt bij aflevering beoordeeld op basis van verschillende criteria. De belangrijkste zijn: tijdigheid, planthoogte, gevuldheid en de afwezigheid van problemen zoals bladschade en residuen (VBN, 2004). Behalve de groei (biomassaproductie per plant of per m² teeltoppervlak) moet het gewasmodel dus in ieder geval ook de hoogteontwikkeling, einddatum en de verdeling van blad over verschillende gewaslagen kunnen berekenen. Voor het gewasmodel in het ficussysteem is het model van Dijkshoorn als uitgangspunt genomen (Dijkshoorn-Dekker, 2002). In de loop van dit project is het model verder ontwikkeld. Het systeem is ontwikkeld en getest in samenwerking met vier kwekerijen.

Ficus is een gewas dat heel regelmatig groeit. De plant maakt bladafsplittingsen en na verloop van tijd beginnen uit de oksels van deze bladeren zijscheuten te groeien. In de oksels van de bladeren van deze primaire zijscheuten kunnen ook weer secundaire zijscheuten ontstaan. Het vertakkingsproces en ook het doorgroeien van de takken worden bepaald door de teeltcondities, waarbij vooral licht en temperatuur een belangrijke rol spelen. In de beschikbare tijd zijn twee teelten gevolgd, waarbij regelmatig destructieve metingen zijn uitgevoerd. Door de teeltadviseur die in het kader van dit project de bedrijven bezocht zijn nog twee extra teelten gevolgd zonder destructieve metingen. Rekenen aan de ontwikkeling (teeltsnelheid) van Ficus is vooral een kwestie van het modelleren van bladafsplitting. Het ontwikkelingsstadium dat het volgen van de uitgroei-curve in de tijd bepaalt wordt berekend op basis van graaddagensommen. Daar overheen berekent het model een vertraging van de ontwikkelingssnelheid afhankelijk van licht en temperatuur. Onder omstandigheden van dreigend tekort aan assimilaten (hoge temperatuur, laag lichtniveau) zal de ontwikkelingssnelheid van een Ficus afnemen.

Resultaten

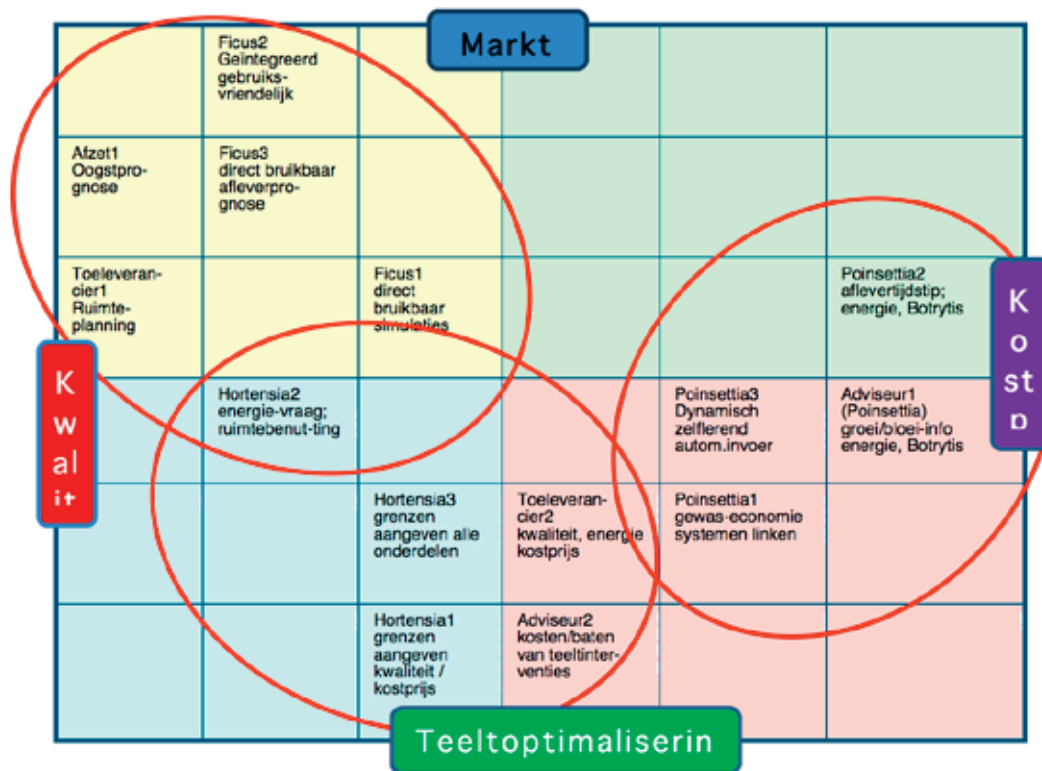
- Het aanpassen en uitbreiden van het oorspronkelijke groeimodel van Dijkshoorn (2002) tot een driedimensionaal model heeft een model opgeleverd dat de groei en gewasopbouw van Ficus benjamina bij bedrijven op een realistische manier kan simuleren. Op het terrein van het berekenen van de gewichtstoename liggen er nog enkele vragen die binnen het bestek van dit project niet konden worden opgelost.
- 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.
- Uit bedrijfsvergelijking bleek dat de deelnemende bedrijven aanzienlijke verschillen lieten zien wat betreft energie-efficiëntie.
- 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 Ficus is gebleken dat stoken voor meer snelheid in de winter, als de bladafplitsing wordt beperkt door een gebrek aan licht, weinig nut heeft. Door verlaging van de teelttemperatuur in de donkerste periode blijft het gewas beter in balans en wordt energiebesparing bereikt, terwijl er nauwelijks teeltsnelheid wordt ingeleverd.
- Bladval bij Ficus lijkt vooral verband te houden met lichtgebrek, met name in diepere gewaslagen, en daarnaast enigszins met hoge temperaturen. Dit wijst erop dat de plant gericht blad kan afstoten dat geen positieve bijdrage meer levert aan de assimilatenbalans. Extra stoken om het klimaat te 'activeren' zou dan juist averechts werken wanneer door de hogere temperatuur de ademhaling wordt gestimuleerd. Het verlagen van de teelttemperatuur en het toelaten van meer licht (wijder plantverband, minder schermen en krijten) zou dan effectiever zijn.
- 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 storingen, fouten of tegenstrijdigheden te kunnen analyseren en oplossen. Deze taken kunnen in principe gedeeltelijk worden geautomatiseerd. Hierdoor zou de bruikbaarheid van het EZTP-systeem belangrijk kunnen worden verbeterd.
- Bij het toepassen van EZTP op bedrijven ligt er een belangrijke rol voor teeltadviseurs die goed bekend zijn met het systeem.
- Met de technische ondersteuning en de inhoudelijke begeleiding van bedrijven zijn kosten gemoeid. 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 marktvraag in te kunnen spelen nog steeds toe. De uitdaging voor potplantentelers is om teeltdoelstellingen zoals productieniveau, productkwaliteit en tijdigheid te kunnen afwegen tegen energiebehoefte en bedrijfseconomische factoren zoals arbeid en ruimtebenutting.



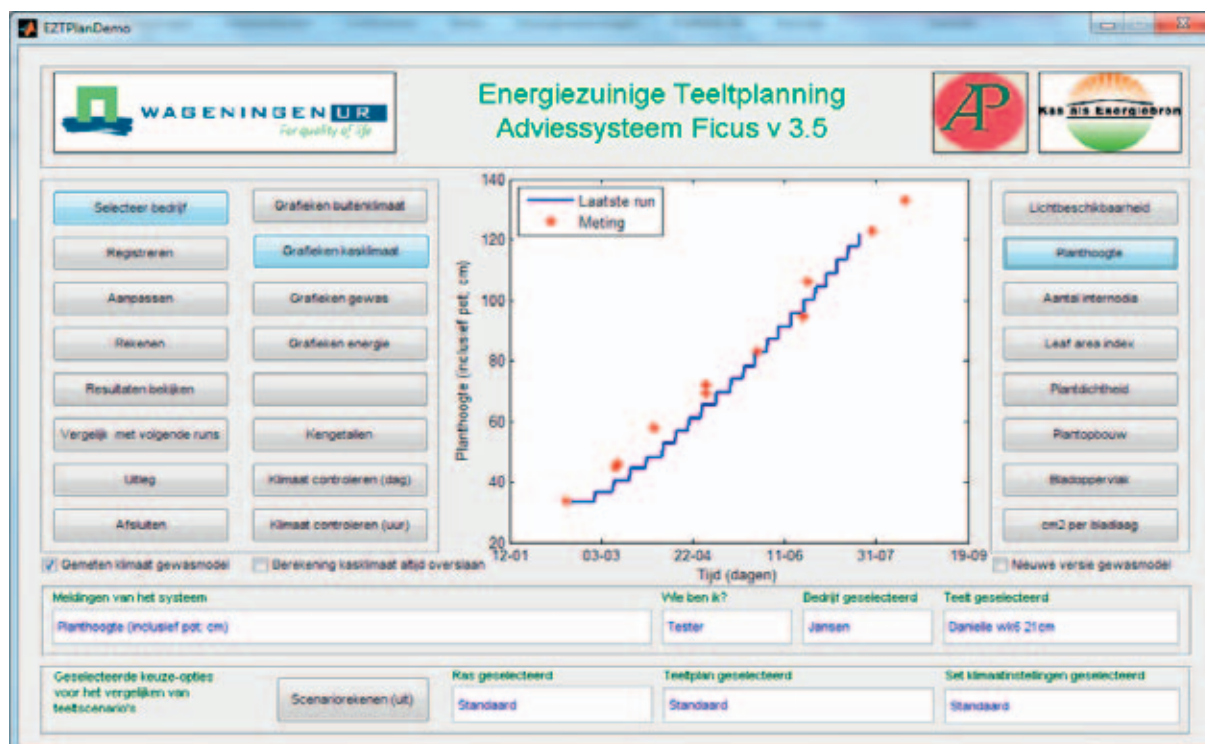
Figuur 1.1. een voorbeeld van de clustering van resultaten van interviews onder telers, teeltadviseurs en enkele vertegenwoordigers van toeleverende bedrijven. De interviews zijn uitgevoerd in het kader van het vooronderzoek voor het hier beschreven project (Buwalda *et al.* 2009).

1.1 Energie, teelt en bedrijfseconomie in samenhang

Uit een in 2007 uitgevoerde interviewronde onder telers en teeltadviseurs was gebleken dat bij potplantentelers 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 kunnen worden gemaakt met betrekking tot gewasmanagement van een bepaalde partij, zoals startdatum, wijderzetschema, datum begin korte dag, toppen, teeltsnelheid en rembehandelingen. Daarnaast uiteraard ook in de bedrijfseconomische effecten van verschillende keuzes die kunnen worden gemaakt in de klimaatregeling. 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 adviesstelsel ontworpen (Buwalda *et al.* 2009), dat in het kader van het hier gerapporteerde project Energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten is gebouwd en getest. Dit rapport beschrijft de resultaten voor Ficus.

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 onderzoeksinstellingen 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 Ficus. 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 gewashoogte 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 (Figuur 1.2.). 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 2.8.), 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 (bijvoorbeeld Figuur 2.3., 2.13.). 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 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 Ficus 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).

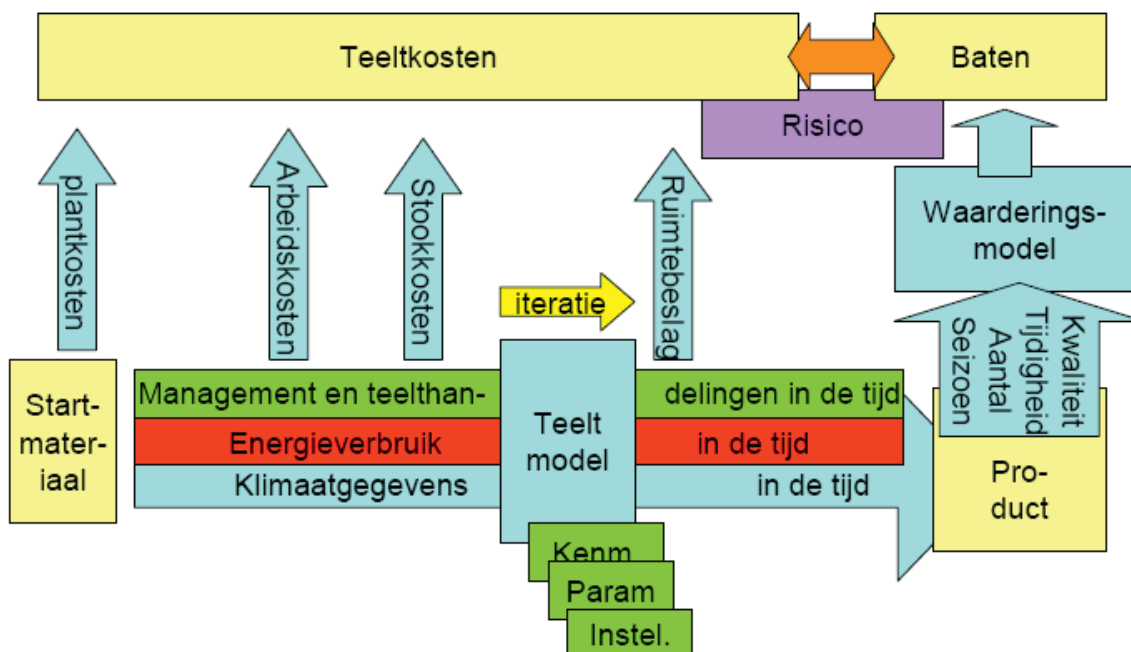
Technische doelstellingen

- 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 teelt doelstellingen 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

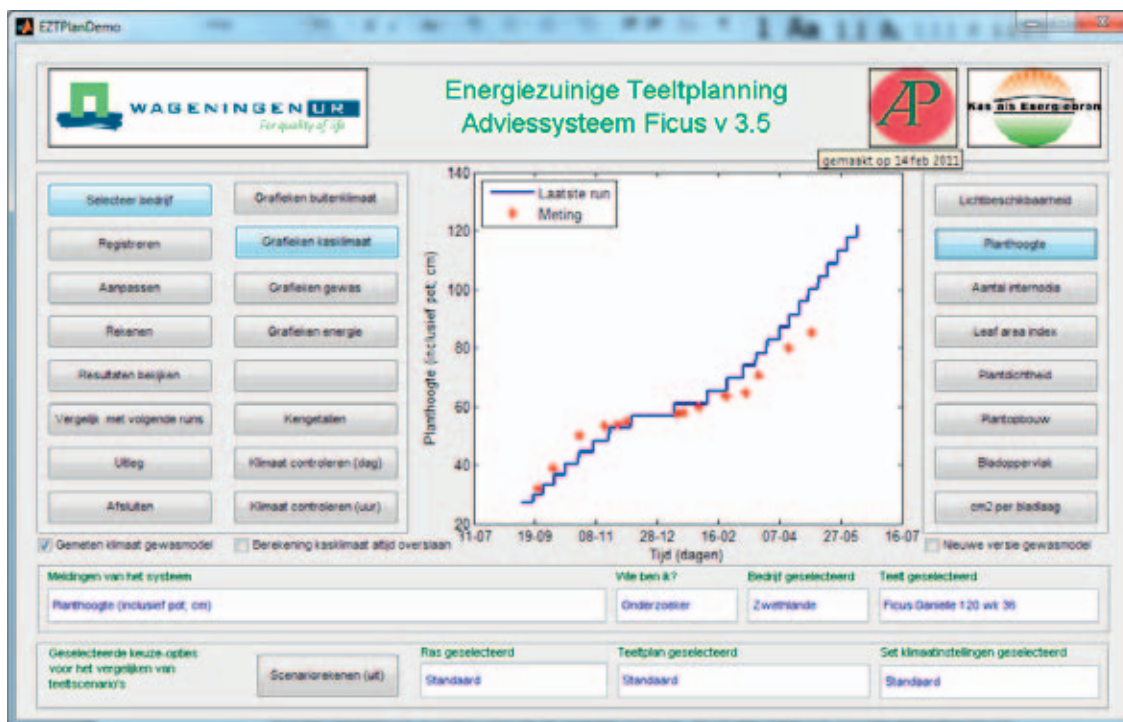


Figuur 2.1. Ontwerp voor het adviessysteem voor Energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten, zoals ontwikkeld in de voorstudie (Buwalda et al. 2009).

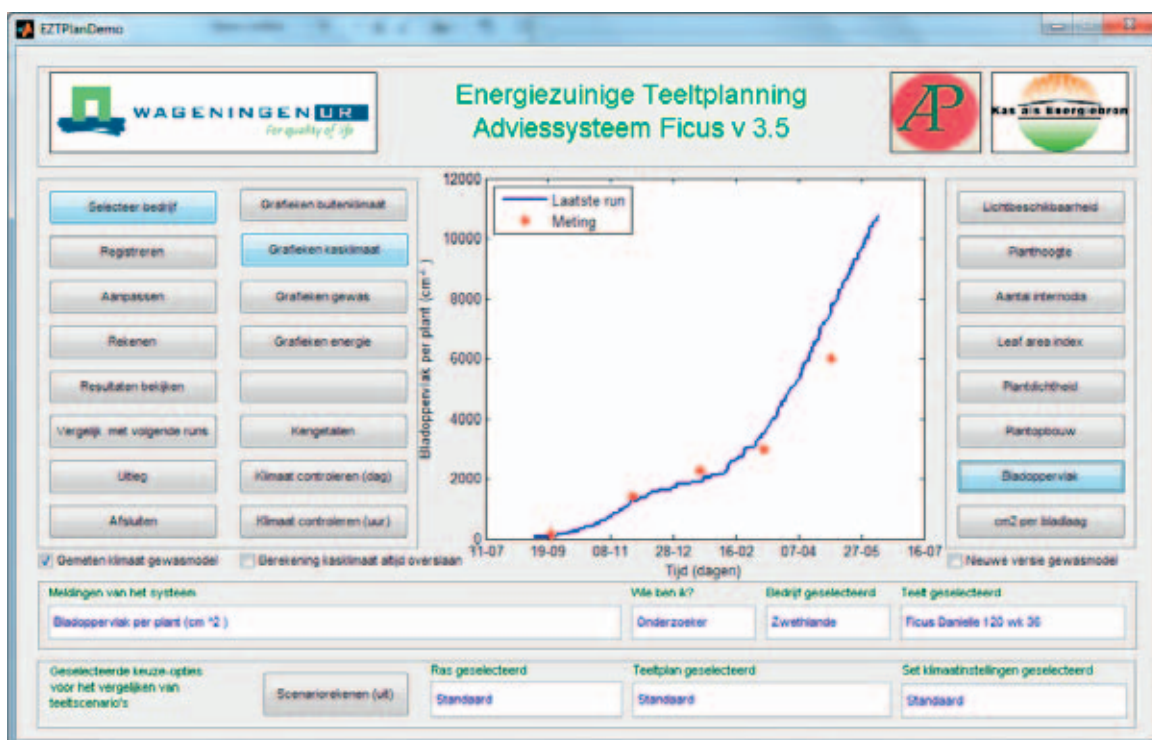
Voor de ontwikkeling van het EZTP-systeem is uitgegaan van het ontwerp (Figuur 2.1.) dat tot stand is gekomen in de voorstudie die aan het hier gerapporteerde project vooraf is gegaan (Buwalda et al. 2009). Het centrale idee is dat voorafgaand aan een teelt het te verwachten verloop kan worden berekend 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 groeijlijnen 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 verbeterde versies van het systeem automatisch gedownload. De kern van het systeem wordt gevormd door de koppeling van twee rekenmodellen: KASPRO voor kasklimaat en energie (de Zwart, 1996), en een gewasmodel.

2.1 Gewasmodel

Een partij Ficus wordt bij aflevering beoordeeld op basis van verschillende criteria. De belangrijkste zijn: tijdigheid, planthoogte, gevuldheid en de afwezigheid van problemen zoals bladschade en residuen (VBN, 2004). Behalve de groei (biomassaproductie per plant of per m² teeltoppervlak) moet het gewasmodel dus in ieder geval ook de hoogteontwikkeling, einddatum en de verdeling van blad over verschillende gewaslagen kunnen berekenen. Voor het gewasmodel in het ficussysteem is het model van Dijkshoorn als uitgangspunt genomen (Dijkshoorn-Dekker, 2002). In de loop van dit project is het model verder ontwikkeld.



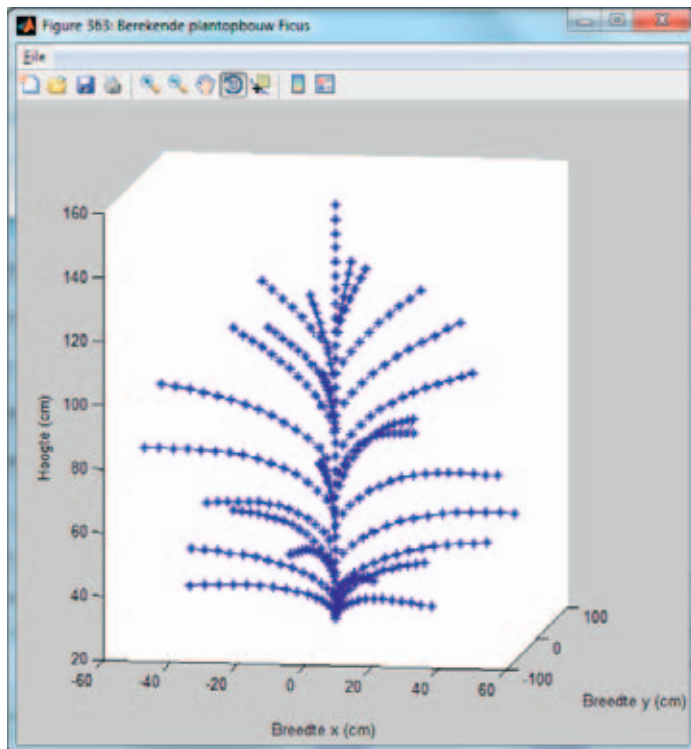
Figuur 2.2. Berekende en gemeten groei van de eindhoogte.



Figuur 2.3. Berekende en gemeten toename van het bladoppervlak (cm^2 per plant).

Rekenen aan de ontwikkeling (teeltsnelheid) van Ficus is vooral een kwestie van het modelleren van bladafplitsing. Het ontwikkelingsstadium dat het volgen van de uitgroecurve in de tijd bepaalt wordt berekend op basis van graaddagensommen. Daar overheen berekent het model een vertraging van de ontwikkelingssnelheid afhankelijk van licht en temperatuur. Onder omstandigheden van dreigend tekort aan assimilaten (hoge temperatuur, laag lichtniveau) zal de ontwikkelingssnelheid van een Ficus afnemen. Het aantal graaddagen per afsplitsing neemt dan toe. Hoe dit zich vertaalt naar aantal nieuwe internodia per week hangt af van de teelttemperatuur. De moeilijkheid bij Ficus is het voorspellen en in beeld brengen van het ontstaan van 1^e en 2^e graads vertakkingen, maar vooral de invloeden waaronder deze zijsechuten stoppen met de groei en de gevuldheid die daardoor ontstaat. Bij de ontwikkeling van het model was het

uitgangspunt dat de reactie van de groeipunten van de zijtakken op de licht- en temperatuurcondities gelijk waren aan die van de hoofdscheut. Doordat de groeipunten van de zijtakken minder licht krijgen naarmate ze zich dieper in het gewas bevinden zullen ze langzamer gaan groeien naarmate er meer takken in hoger gelegen gewaslagen worden gevormd. Uiteindelijk zullen ze op die manier helemaal stoppen met groeien. Wanneer dat precies gebeurt hangt niet alleen af van de lichtcondities in de kas en de temperatuur, maar ook van het wijderzetschema en de hoogte van het gewas. De uitgroei van de tweede orde zijtakken wordt in deze versie van het model niet apart berekend.



Figuur 2.4. De 3-dimensionale gewasopbouw van *Ficus benjamina*. Voor het bepalen van de bladafplitsing van de zijtakken werden in stappen van 5 cm de lichtcondities per gewaslaag berekend, waarbij de invloed van het plantverband (aantal potten per m²) wordt meegenomen.

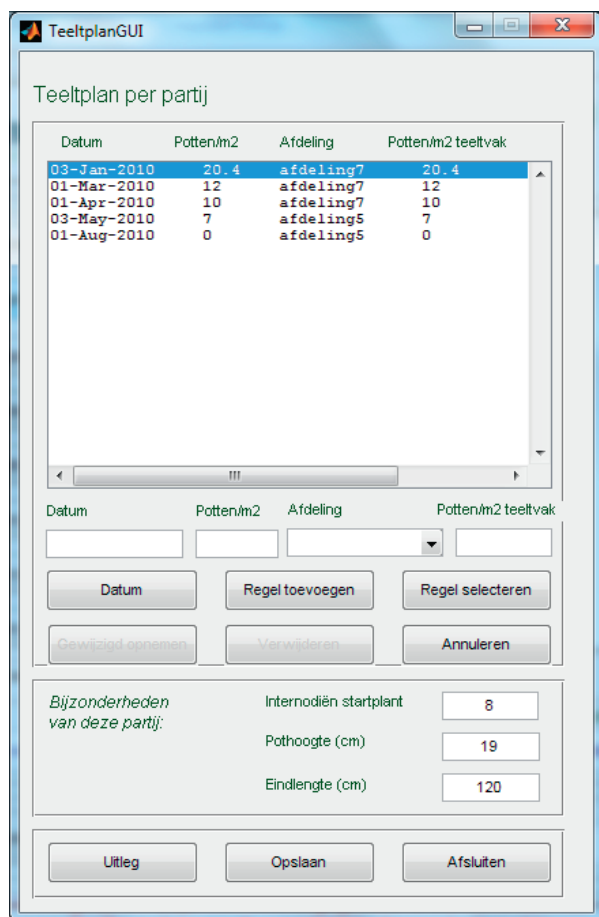
The screenshot shows a software interface titled 'LogboekGUI'. It features a table with three columns: 'Datum', 'Aanleiding, waarneming', and 'Maatregel, actie'. The table contains five rows of data. Below the table, there are input fields for each column and a set of buttons: 'Datum', 'Regel toevoegen', 'Regel selecteren', 'Annuleren', 'Uitleg', 'Opslaan', and 'Afsluiten'.

Datum	Aanleiding, waarneming	Maatregel, actie
01-May-2010	Alle bespuitingen zie volg partij week 4	bestrijding spint/woluis
24-Jun-2010	uitsetten fase 2 stokken en zingen	10 in de meter
11-Aug-2010	spint	milbeutine
10-Aug-2010	spint	floramite
01-Sep-2010	spint	oberon

Figuur 2.5. Voorbeeld teeltlogboek.

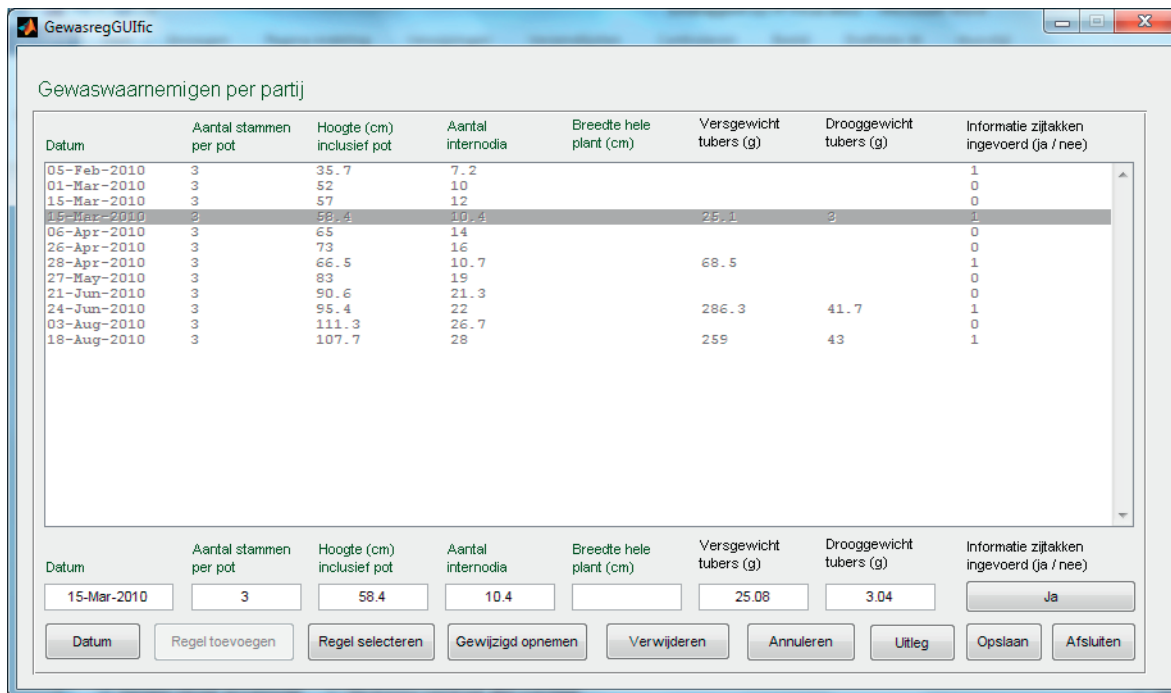
2.2 Registratiemodules

Het systeem heeft een speciale teeltlogboek-module voor het bijhouden van allerlei teeltgegevens en teeltmanagement-handelingen zoals wijderzetten, stokken, clippen, en gewasbescherming (Figuur 2.5.). Daarnaast bevat het systeem een aparte module voor het teeltplan (wijderzetschema, klimaatzones, potmaat, etc; Figuur 2.6.). 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. Op alle invoervelden worden standaard enkele controles uitgevoerd om te voorkomen dat onrealistische waarden worden ingevoerd. Komma's in decimale getallen worden automatisch omgezet in punten.

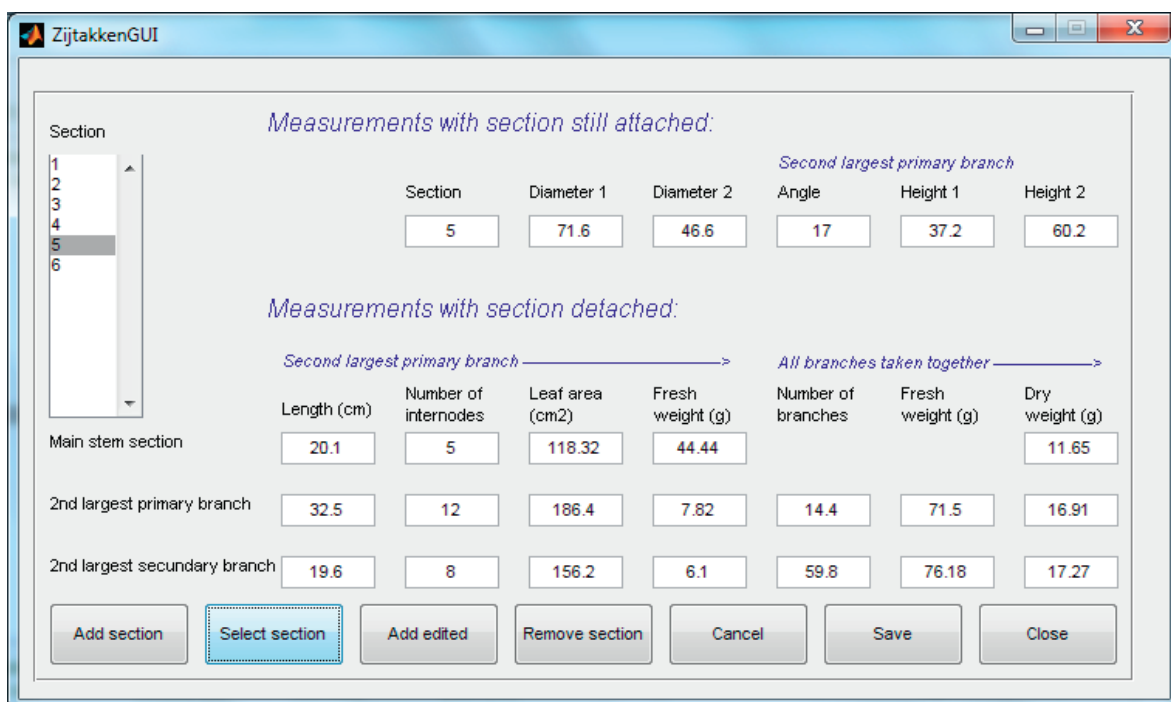


Figuur 2.6. Interface voor het invoeren van het wijderzetschema. Per teeltfase kan een verschillende afdeling worden ingevoerd. Het systeem zoekt daar automatisch de juiste klimaatgegevens en instellingen bij. Verder kunnen in dit scherm de grootte van het stekje, de pothoogte en de gewenste eindlengte worden ingevoerd.

Regelmatig zijn van de partijen van de verschillende kwekers 5 planten bij WUR-glastuinbouw in Bleiswijk afgeleverd voor gedetailleerde, destructieve waarnemingen. Na het meten, slopen, wegen en bepalen van het bladoppervlak werden de monsters gedroogd in een droogstoof voor de bepaling van het drooggewicht. Alle meetresultaten werden ingevoerd in de gewasregistratiemodule van het systeem (Figuur 2.7.), 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. Er zijn niet alleen destructieve waarnemingen ingevoerd, maar ook niet-destructieve. Door de teeltadviseur werd bij elk bedrijfsbezoek de lengte en het aantal afsplitsingen van de hoofdstam bepaald en ingevoerd in de gewasregistratiemodule. Omdat voor Ficus de gewasopbouw en 'gevuldheid' van belang zijn voor de kwaliteit zijn de destructieve waarnemingen uitgevoerd per gewaslaag van 5 hoofdstam-internodia. Om deze uitgebreide metingen goed vast te kunnen leggen is een extra invulscherma gemaakt. Een voorbeeld van dat ingevulde scherm is te zien in Figuur 2.8.



Figuur 2.7. Registratiescherm voor het invoeren van gewaswaarnemingen.



Figuur 2.8. Invulscherm zijtakken per bladlaag (section).

Om bij elk scenario een indicatie van de teeltkosten per plant te kunnen geven heeft het systeem een invulscherm voor verschillende kostenposten (Figuur 2.7.). Bij aanpassingen in het teeltplan of de klimaatinstellingen kunnen de diverse kosten verschillend worden beïnvloed. Zo zijn plantkosten en rapen en leveren eenmalig, kosten voor gas en elektriciteit hangen af van kasklimaatregeling en teeltduur / ruimtebeslag, terwijl de kosten voor teeltruimte afhangen van teeltduur en wijderzetschema. Echter bij verandering van temperatuur door aanpassingen in de klimaatregeling kan de teeltduur verkorten, waardoor indirect ook de teeltkosten weer zullen worden beïnvloed. Het systeem berekent deze effecten automatisch. In de praktijk werd de indicatie van teeltkosten alleen gebruikt om relatieve verschillen te vergelijken. Elk van de deelnemende bedrijven gebruikte dus het zelfde setje van negen getallen; er werd geen moeite gedaan om per bedrijf de precieze, bedrijfsspecifieke bedragen in te vullen.

Kostenpost	Waarde	Eenheid
Teeltruimte	0.20	euro / wk.m2
Gas	0.30	euro / m3
Electriciteit	0.10	euro / kWh
Plantkosten (incl. oppotten)	0.50	euro / plant
Eerste keer neerzetten	0.10	euro / plant
Wijderzetten per keer	0.05	euro / plant
Remmen per keer	0.02	euro / plant
Stokken	0.10	euro / plant
Rapen en leveren	0.10	euro / plant

Figuur 2.9. - Het invulscherm van de variabele kosten

afdeling5

Klimaat

- Stooktemperatuur
- Dode zone tussen stooklijn en ventilatielij
- Relative luchtvochtigheid
- Streefwaarde CO2
- Minimum raam
- Minimum buis bovennet, max 80 °C
- Minimum buis ondernet, max 80 °C
- Setpoint grondkoeling
- Setpoint grondverwarming

Invloeden

- Stooklijn met 1 °C verhogen tussen 100 en 200 W/m2 instraling
- Minimum buis afbouwen tussen 0 en 0 W/m2 instraling
- Minimum buis 20 °C verhogen tussen 3 en 5 % overschrijding RV

Temperatuurintegratie

- Bandbreedte 0 °C
- Integratieperiode 24 uren
- Max. Graaduren 20 °C.u

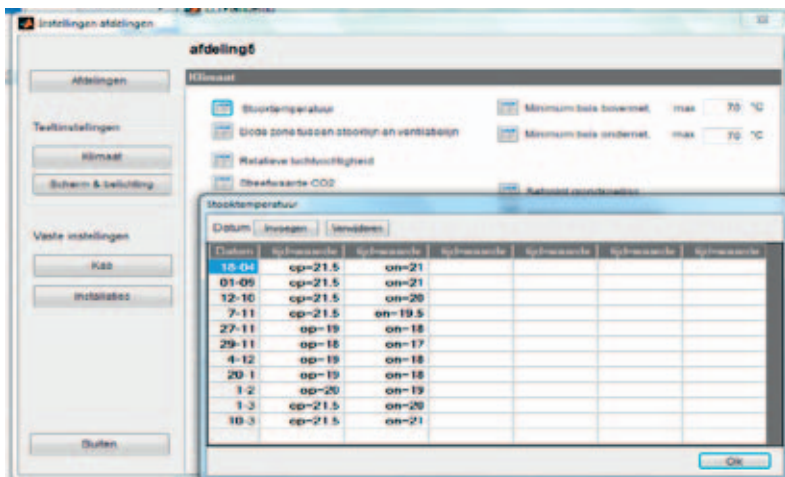
Verneveling

- Setpoint temperatuur 0 °C
- Setpoint vocht 20 %RV

Figuur 2.10. Het interactieve instellingscherm voor het rekenmodel Kaspro.

2.3 Module voor klimaatinstellingen

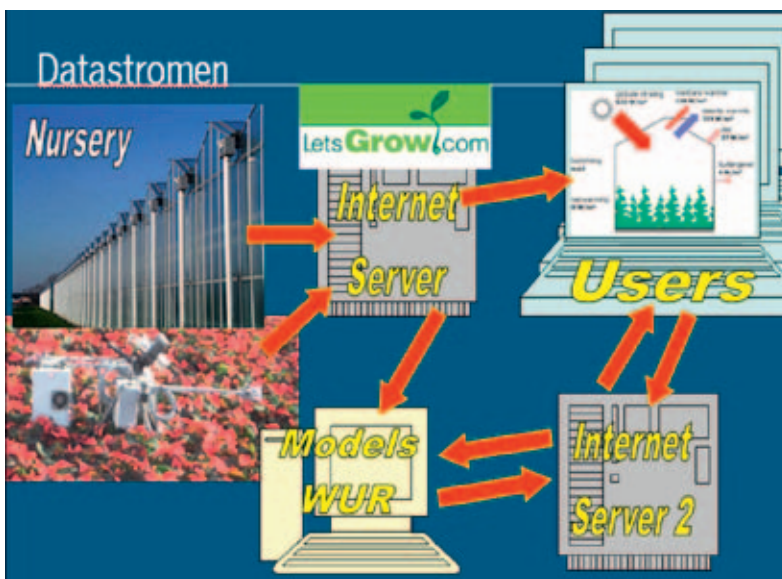
Voor het Kaspro-model is een aparte module ontwikkeld waarin per afdeling de klimaatinstellingen kunnen worden beheerd en de eigenschappen van de kas kunnen worden ingevoerd (Figuur 2.10.). Het scala aan instelvariabelen en invloeden voor verschillende tijdvakken per etmaal is vrijwel even uitgebreid 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 (Figuur 2.11.).



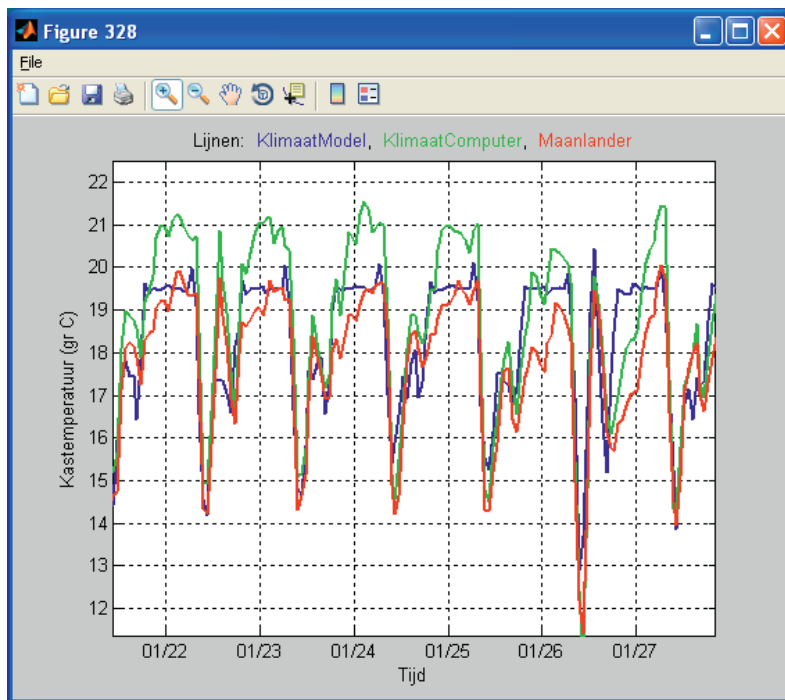
Figuur 2.11. Voor alle klimaatinstellingen kunnen per tijdvak setpoints worden ingevoerd. Na 31 december begint het programma automatisch weer bij 1 januari. Per etmaal kan een onderverdeling worden gemaakt in maximaal 6 tijdvakken. Begin- en eindtijd per tijdvak kan worden ingevoerd als vaste kloktijd of relatief ten opzichte van zonsopgang (op) of zonsondergang (on).

2.4 Bijhouden van realtime gegevens

De rekenkern van het EZTP-systeem is via internet gekoppeld aan een real-time data-acquisitiesysteem (Figuur 2.12.). 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 haalt vier keer per uur de relevante gegevens uit deze database en zette ze op een webserver klaar voor het EZTP-systeem. De beschikbaarheid van gegevensbronnen wordt gereguleerd via een set van toegangsrechten. Ten behoeve van verschillende projecten kunnen specifieke gebruikersgroepen worden geconfigureerd. De telers binnen de gebruikersgroepen kunnen elkaars gegevens bekijken, maar alleen hun eigen gegevens aanpassen. Deelnemende teeltadviseurs en onderzoekers kunnen gegevens van alle bedrijven aanpassen en uploaden zodat ze voor de hele gebruikersgroep beschikbaar zijn.



Figuur 2.12. 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 advies-systemen op de deelnemende bedrijven.



Figuur 2.13. 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.

2.5 Presenteren van resultaten

Het EZTP-systeem is uitgerust met uitgebreide grafische mogelijkheden voor het zichtbaar maken van resultaten. 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 2.13., 2.14.).

	Laatste teelt:	Referentie-teelt:
Berekende teeltduur (dagen)	276	<input type="text"/>
Berekende datum klaar	10-Jun	<input type="text"/>
Datum klaar volgens teeltplan	15-Jun	<input type="text"/>
Ruimtebeslag (week.m2 / plant)	3.8	<input type="text"/>
Eindhooft inclusief pot (cm)	125.9	<input type="text"/>
Energieverbruik (MJ / plant)	129.3	<input type="text"/>
Energieverbruik (MJ / m2 kas)	1369.4	<input type="text"/>
Teeltkosten (euro per plant)	3.53	<input type="text"/>

Figuur 2.14. 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.

2.6 Praktijkproeven op deelnemende bedrijven

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

Esperit Plant, s-Gravenzande
 Kwekerij Zwethlande V.O.F., Honselersdijk
 Kwekerij Loek Jansen B.V., Kwintsheul
 Peeters Potplanten B.V., Breda

De bedrijven werden regelmatig bezocht door teeltadviseur Bonte de Jong. Regelmatig werden ook bijeenkomsten georganiseerd om de voortgang van de constructie van het adviessysteem met hen te bespreken.

Ficus is een gewas dat heel regelmatig groeit, dus bladafsplittingsen maakt en uit de oksels ontstaan scheuten en uit de oksels van bladeren uit de scheuten kunnen ook weer scheuten ontstaan. Voor de groei zijn dus voornamelijk de teeltcondities in de kas van belang. In de beschikbare tijd zijn twee teelten gevolgd inclusief destructieve metingen. Door de desbetreffende teeltadviseur zijn nog twee extra teelten gevolgd zonder destructieve metingen, om te onderzoeken of het model ook te gebruiken is zonder destructieve metingen te doen. Per 6 weken werden planten gehaald bij de verschillende bedrijven en aan deze planten zijn uitgebreide metingen aan lengte, vers- en drooggewicht, hoek van inplanting etc. om het model zoals beschreven in paragraaf 2.1 te kunnen bouwen.

3 Resultaten

Doel van het project was om samen met een representatieve groep Ficustelers 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 Ficus is in 2009 een bedrijfsvergelijkingsgroep gevormd, bestaande uit 4 bedrijven, teeltadviseur Bonte de Jong en de betrokken onderzoekers van WUR-Glastuinbouw. Met de deelnemende bedrijven zijn in 2010 en 2011 teeltproeven uitgevoerd. Deze informatie is gebruikt om een rekenmodel voor Ficus te ontwikkelen. Het model berekent teeltduur, hoogte-ontwikkeling, LAI en plantopbouw op basis van startdatum en gerealiseerd kasklimaat, afhankelijk van gewasmanagement-acties en wijderzetten. 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 van de deelnemende bedrijven 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 uit te wisselen.

3.1 Onderzoeksvragen

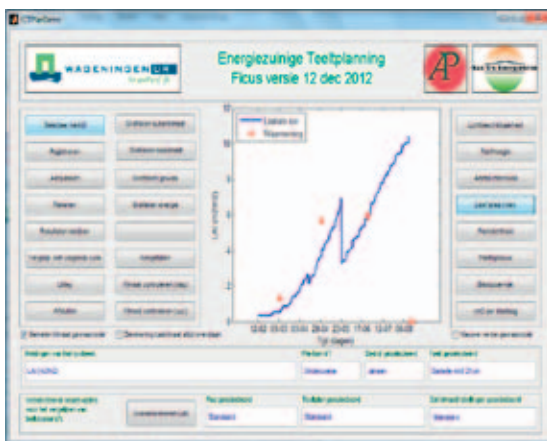
Energie-efficiëntie betekent het behalen van een bepaald teeltresultaat bij een efficiënt gebruik van (stook)energie. Het is dus van belang om goed te begrijpen hoe het teeltresultaat tot stand komt, en welke invloed teeltmanagement en klimaatregeling daar op hebben. Het rekenmodel Kaspro kan dan worden gebruikt om de energiekosten van elk nagestreefd kasklimaat te berekenen. De waarde van het product (het eigenlijke teeltresultaat) wordt niet alleen bepaald door een snelle groei, maar ook door kwaliteit en timing (het juiste product op het juiste moment). Het is dus erg belangrijk om te begrijpen (1) hoe een Ficus groeit, (2) wat bepaalt wanneer de plant het afleverbare stadium bereikt, en (3) welke processen en kenmerken bepalend zijn voor de kwaliteit het eindproduct. Een belangrijke bepalende factor voor energie-efficiëntie is de ruimtebenutting. Stookenergie (m^3 gas per m^2 kas) wordt gebruikt om een bepaalde ruimte te klimatiseren. Hoe meer planten er per periode in die ruimte worden gekweekt, des te hoger in principe de efficiëntie. Een te hoge plantdichtheid gaat echter ten koste van de plantkwaliteit, zodat er steeds moet worden gezocht naar een optimaal totaalresultaat. Door deze processen en eigenschappen vast te leggen in een gewasmodel kunnen teeltprognoses worden berekend en effecten van sturingsacties vooraf worden ingeschat.



Figuur 3.1. Hoogteontwikkeling van Ficus 'Daniëlle' bij Kwekerij Loek Jansen, oppotweek 6, 2010. Het model stopt met rekenen als de gewenste eindhoogte is bereikt, of de einddatum van het teeltplan.



Figuur 3.2. Verloop van het aantal internodia aan de stam van Ficus 'Daniëlle' (zelfde teelt als in Figuur 3.1.). Afsplitsing van nieuwe internodia is een van de belangrijkste processen in het model omdat de hoogte van de plant het belangrijkste eindcriterium van de teelt vormt.



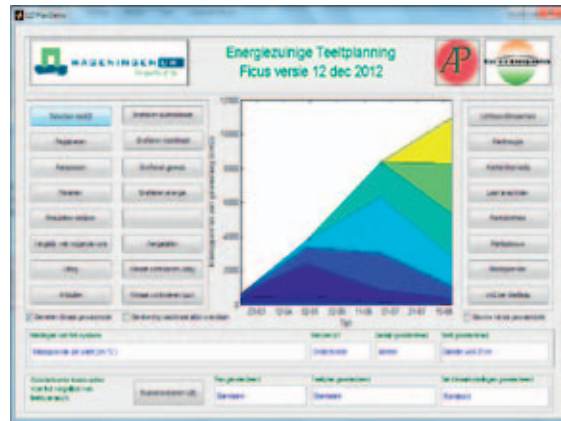
Figuur 3.3. Verloop van de Leaf Area Index (LAI in m^2 blad/ m^2 vloer) van Ficus 'Daniëlle' (zelfde teelt als in Figuur 3.1.). De LAI kan hoog oplopen in de Ficusteelt. Op 14 april is wijdergezet van 20.5 naar 15 planten per m^2 , op 24 mei naar 7.1 planten per m^2 .



Figuur 3.4. Berekende lichtgradiënt in het gewas aan het eind van de teelt, afhankelijk van de hoogte boven de pot (cm). Door de hoge LAI (Figuur 3.3.) dringt er onder in het gewas vrijwel geen licht meer door (zelfde teelt als in Figuur 3.1.).



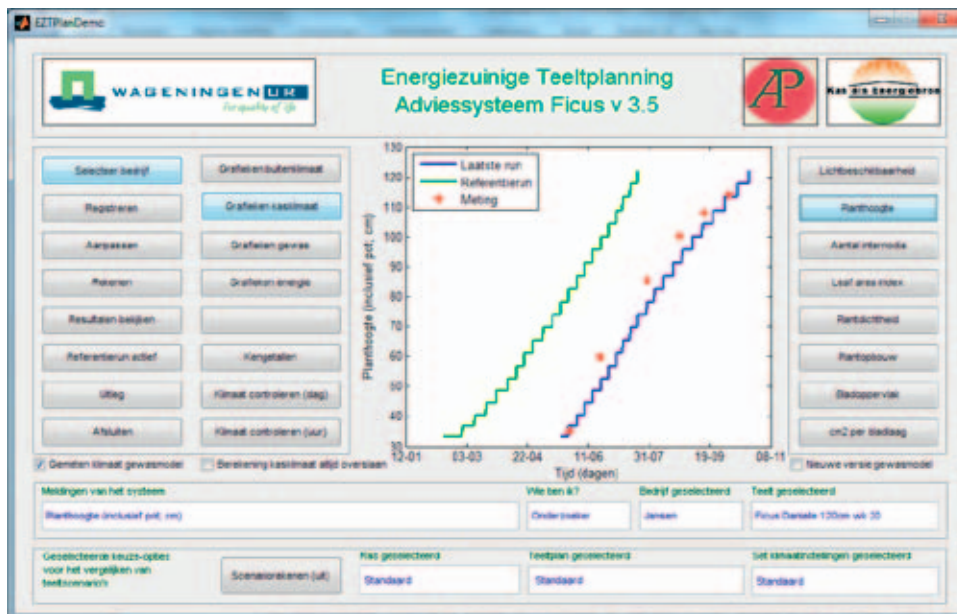
Figuur 3.5. Verloop van het bladoppervlak (cm^2 blad/ plant) van Ficus 'Danielle' (zelfde teelt als in Figuur 3.1.). Het waargenomen verloop wordt niet helemaal correct gevolgd door het model omdat bij de berekening de 2^e orde zijscheuten niet expliciet worden meegenomen. Verder houdt het model geen rekening met bladval, wat de overschatting op het eind van de teelt verklaart.



Figuur 3.6. Verdeling van het bladoppervlak (cm^2 blad per gewaslaag van 5 internodia), weergegeven als een gestapelde vlakverdeling. Hoewel het bladoppervlak van de plant als geheel voortdurend toeneemt, is duidelijk dat de plant in de onderste gewaslagen vrij veel blad verliest en dat de blad zich niet beperkt tot de winterperiode (zelfde teelt als in Figuur 3.1.).

In Figuur 3.1.-3.6. staan enkele voorbeelden van gewasparameters die gemeten of berekend zijn, zoals eindhoogte, aantal internodiën, leaf area index en bladoppervlak, plantdichtheid en aantal cm^2 gewas per bladlaag van 5 internodiën.

Vanuit deze parameters kunnen vergelijkingen berekend worden tussen teelten, zoals in het onderstaande voorbeeld wordt gedemonstreerd, waarbij een vergelijking is gemaakt tussen een teelt gestart in week 6 en een teelt gestart in week 20. In onderstaande voorbeeld is de planthoogte genomen met daaronder een tabel met kentallen over het verschil in berekende teeltduur, datum klaar model, datum klaar teelt, ruimtebeslag in $\text{week} \cdot \text{m}^2$, eindhoogte, energieverbruik per plant en per m^2 en de totale teeltkosten.



The screenshot shows the 'Kengetallen' window, which displays a comparison of key figures between the 'Laatste teelt' (Last run) and the 'Referentie-teelt' (Reference run). The data is as follows:

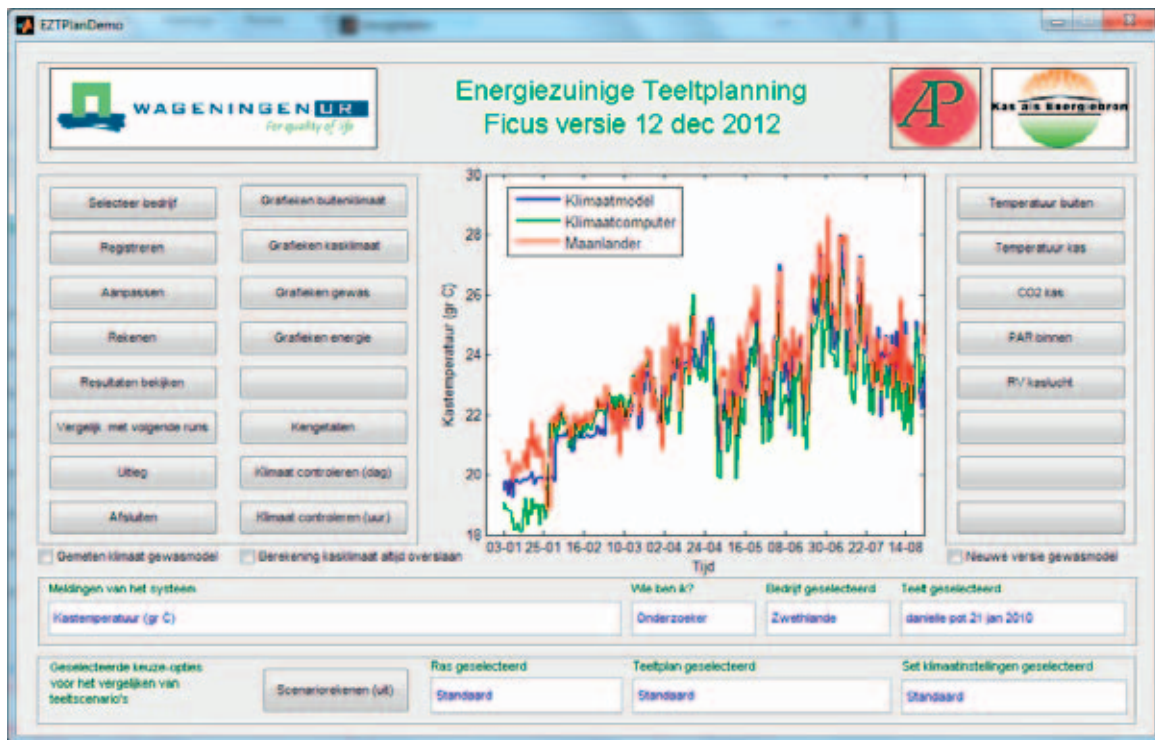
	Laatste teelt:	Referentie-teelt:
Berekende teeltduur (dagen)	156	161
Berekende datum klaar	22-Oct	22-Jul
Datum klaar volgens teeltplan	07-Oct	12-Jul
Ruimtebeslag (week.m ² / plant)	3	2.01
Eindhogte inclusief pot (cm)	125.9	125.9
Energieverbruik (MJ / plant)	53.8	33.7
Energieverbruik (MJ / m ² kas)	367.6	457.5
Teeltkosten (euro per plant)	2.02	1.60

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

Figuur 3.7. Vergelijking van het verloop van de planthoogte van de partijen uit oppotweek 6 en oppotweek 20 bij kweker Jansen, met de bijbehorende kengetallen, inclusief energieverbruik en kostprijs. Hoewel in de laatste teelt 20% minder energie is gebruikt (uitgedrukt in MJ/m² kas) zijn de teeltkosten (€/plant) hoger. De oorzaak is een minder efficiënt wijderzetschema, waardoor het ruimtebeslag (week.m²/plant) hoger was. Het energieverbruik per plant valt daardoor zelfs 60% hoger uit.

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 2.8. is een scherm te zien met instellingen van het kasklimaat. Met deze instellingen wordt het ingestelde klimaat doorgerekend en in een grafiek gezet (Figuur 2.2,2.3 klimaatmodel). Op basis van deze instellingen, in samenhang met kastype etc. wordt door kaspro het energieverbruik berekend. 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 3.8. Kastemperatuur met gegevens van de klimaatcomputer van de teler, een mobiele meetopstelling bij het gewas ('maanlander') en een klimaatmodellijn op basis van gemeten weer, kaseigenschappen en de instellingen van het Kaspro model.

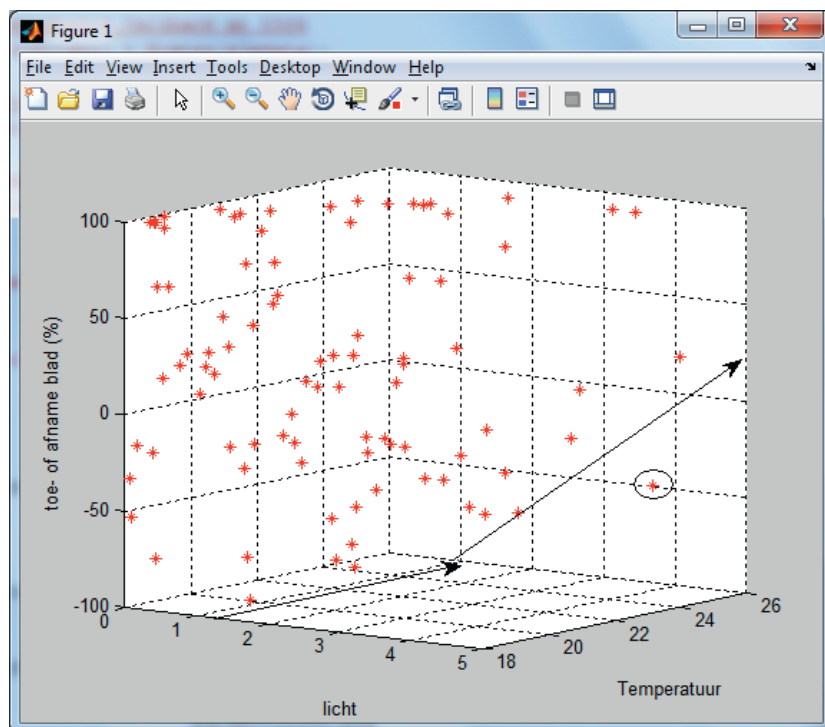
In Tabel 3.1. worden de resultaten van een bedrijfsvergelijking weergegeven tussen de 4 deelnemende bedrijven. In alle gevallen gaat het om een partij Ficus 'Daniëlle', met zo veel mogelijk de zelfde startweek (begin februari). Een belangrijk verschil is echter de nagestreefde eindhoogte, die een grote invloed heeft op de teeltduur en het ruimtebeslag. Het is duidelijk dat ook de energiekosten per plant sterk toenemen met de tijd en de ruimte die het kost om de plant tot de gewenste hoogte op te kweken. Bij de twee bedrijven die 1.20m Ficus kweken valt daarnaast op dat de onderlinge verschillen in energieverbruik vrij groot zijn. Dit is voor een deel te verklaren door het verschil in teeltduur van 64 dagen, ruim twee maanden verschil in dagen dat de kas voor de betreffende partij moet worden verwarmd en ontvochtigd. De verschillen in energieverbruik zijn echter groter dan dat. Een belangrijke tweede factor was dat het snel telende bedrijf de planten dichter op elkaar liet staan. Omdat de stookkosten per m² gaan wordt een teelt energie-efficiënter naarmate er meer planten op elke m² staan. De derde factor die heeft bijgedragen aan het verschil was de klimaatregelstrategie, waarbij licht en temperatuur op het snel telende bedrijf veel meer mochten variëren met de weersomstandigheden. Op het meer energie-intensief telende bedrijf werd het klimaat constanter gehouden door meer te stoken bij koude, sneller te schermen en te luchten als het warm was, en assimilatiebelichting te gebruiken op donkere dagen. Het motief voor deze strategie was het streven naar een harmonieus opgebouwde en goed gevulde kwaliteitsplant. Het verschil in teeltstrategie werd inderdaad duidelijk weerspiegeld in het teeltresultaat.

Kwekerij	Hoogte (cm)	Teeltduur (dagen)	Ruimte (week.m ²)	Energie (MJ/pot)	(MJ/m ²)
Esperit	60	144	0.56	16	607
Zwethlande	120	209	3.04	71	851
Jansen	120	145	1.69	30	442
Peeters	150	248	7.48	107	630

Tabel 3.1. Een vergelijking tussen de vier deelnemende bedrijven van een teelt Ficus 'Daniëlle', gestart in februari 2011. De nagestreefde eindhoogte (cm) heeft een grote invloed op teeltduur, ruimtebeslag en energieverbruik (berekend met behulp van het Kaspro model), maar daarnaast vertonen de twee bedrijven die 120 cm kweken onderling duidelijke verschillen.

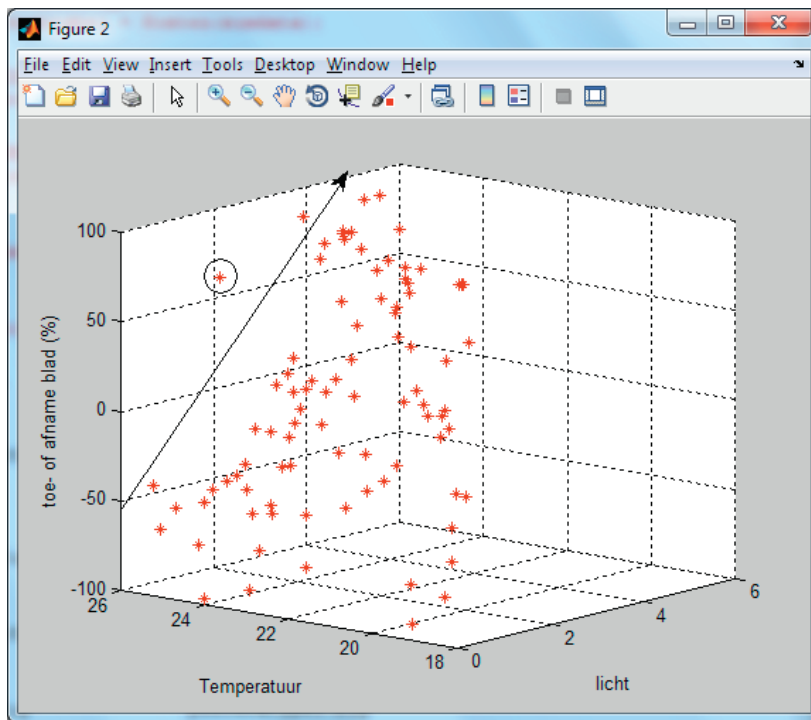
3.2.1 Effect van klimaat op bladval bij Ficus

Een van de vragen die in de loop van het project EZTP Ficus aan de orde zijn geweest betrof de invloed van licht en temperatuur op bladval bij Ficus. Het gangbare idee was dat het gewas een 'actief' klimaat nodig heeft om bladval te voorkomen. Anderzijds leeft het idee dat bladval eigenlijk een soort abortieproces is, waarmee de plant bladeren afstoot die geen positieve bijdrage meer leveren aan de assimilatenbalans. Het zijn met name de bladeren in de onderste gewaslagen die gevoelig zijn voor bladval.

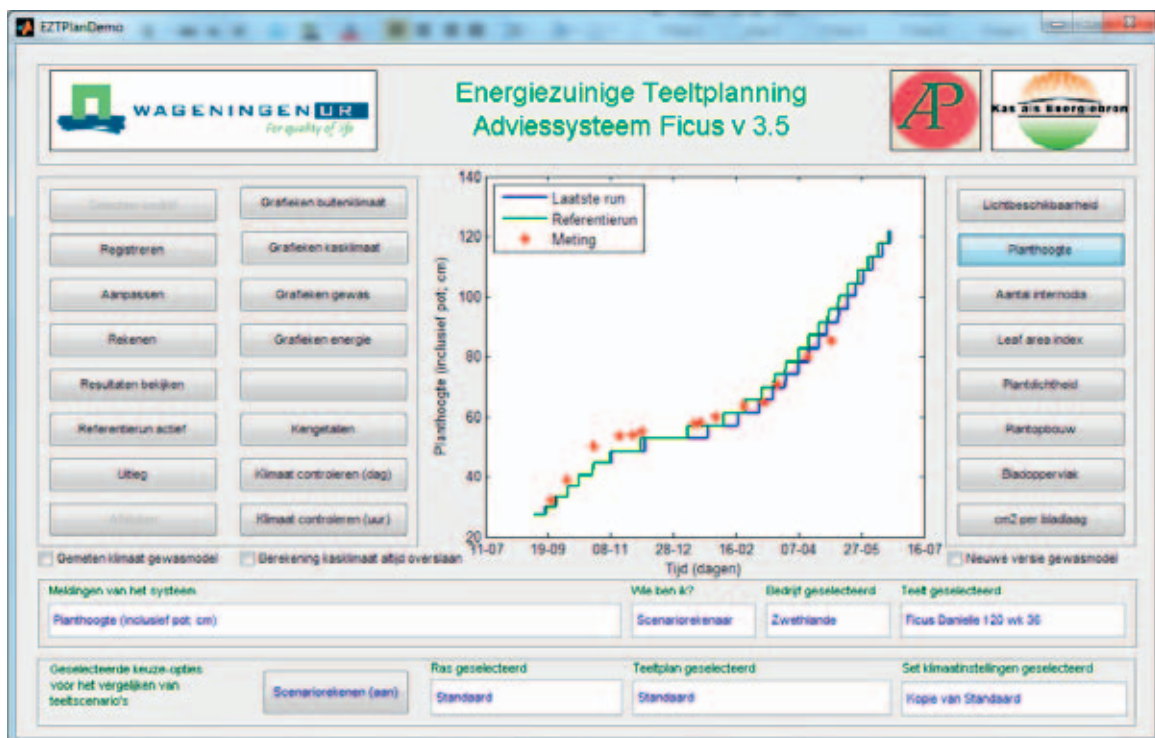


Figuur 3.9. De effecten van licht (MJ PAR/m²/d) en etmaaltemperatuur (°C) op de toename of afname van het bladoppervlak per gewaslaag van 5 internodia, uitgezet in een 3D grafiek. Elk sterretje geeft een resultaat aan van een tijdvak tussen twee oogsten. Data van alle bedrijven en gewaslagen zijn gecombineerd. Van de bovenste bladlaag zijn geen resultaten weergegeven wanneer deze aan het begin van het tijdvak nog geen blad bevatte. Voor de lager gelegen bladlagen werd het lichtniveau berekend op grond van de lichtwegname door hoger gelegen bladeren. Hier is de grafiek zo gedraaid dat goed te zien is dat bladval vrijwel niet voorkomt als er voldoende licht is (gebied rechts onderin de grafiek).

Om hier meer duidelijkheid over te krijgen zijn de verschillen in gevuldheid per bladlaag tussen twee destructieve waarnemingen geanalyseerd. In Figuur 3.6. is al te zien dat de hoeveelheid bladoppervlak eigenlijk alleen in de hogere bladlagen toeneemt, terwijl in de diepere lagen vooral bladverlies optreedt. Opvallend is dat in het getoonde voorbeeld juist in de zomermaanden veel bladval optrad. Wanneer de gegevens van alle bedrijven worden gecombineerd, en als percentage toename of afname tegen licht en temperatuur uitgezet, dan ontstaat de driedimensionale grafiek die in Figuur 3.9. en 3.10. wordt getoond. In Figuur 3.9. is de sectie rechtsonder vrijwel leeg, dus bij voldoende licht treedt er vrijwel geen bladval op. Dit is in overeenstemming met het idee dat bladval wordt veroorzaakt door een negatieve assimilatenbalans. Ook het feit dat in de onderste laag van de grafiek (van 50% tot 100% afname bladoppervlak) maar 3 punten in de helft met lagere temperaturen vallen (18-22 °C) en 11 in de helft met hogere temperaturen (22-26 °C) klopt hiermee. In Figuur 3.10 is de sectie linksboven vrijwel leeg, wat laat zien dat de hoeveelheid blad bij onvoldoende licht ook niet toeneemt.



Figuur 3.10. De zelfde driedimensionale grafiek als in Figuur 3.9., maar dan anders gedraaid. Hier is te zien dat er bij hoge temperatuur en weinig licht vrijwel nooit toename van blad plaatsvindt (gebied links bovenin). De rechter helft van de grafiek is leeg; deze combinaties van licht en temperatuur komen in een Ficus-kas niet voor.



Figuur 3.11. Praktijkvoorbeeld (referentierun) vergeleken met energiezuinig scenario.

3.2.2 Energiezuinige scenario's

In deze paragraaf worden enkele variaties op de geregistreerde teelten besproken. Met het adviessysteem kunnen in principe eindelijk veel mogelijkheden worden verkend. In dit rapport beperken wij ons tot enkele voorbeelden. In Figuur 3.11. staat de de gemeten planthoogte versus een berekende (model)hoogte op basis van een energiezuinig scenario. De referentie is op basis van jaarrond stoken tussen 18 en 21 °C met een dode zone van ongeveer 4 en

een bepaalde schermstrategie etc. De referentierun heeft een jaarrond stoken van 17 °C met een dode zone van 10, geen mininumbuis en minder gebruik van zonnenscherm. In de Figuur is te zien dat de laatste run (blauw, scenarioteelt) vertraagt in de winter en versnelt in het voorjaar. In Figuur 3.12. is te zien welke invloed er door het model berekend wordt voor de belangrijke kenmerken rondom teeltsnelheid en energieverbruik. Uit deze gegevens blijkt dat de teelt nauwelijks zou vertraagen, maar dat er wel duidelijk minder energie zou kosten, waardoor de energie-efficiëntie toeneemt en de teeltkosten per plant omlaag gaan.

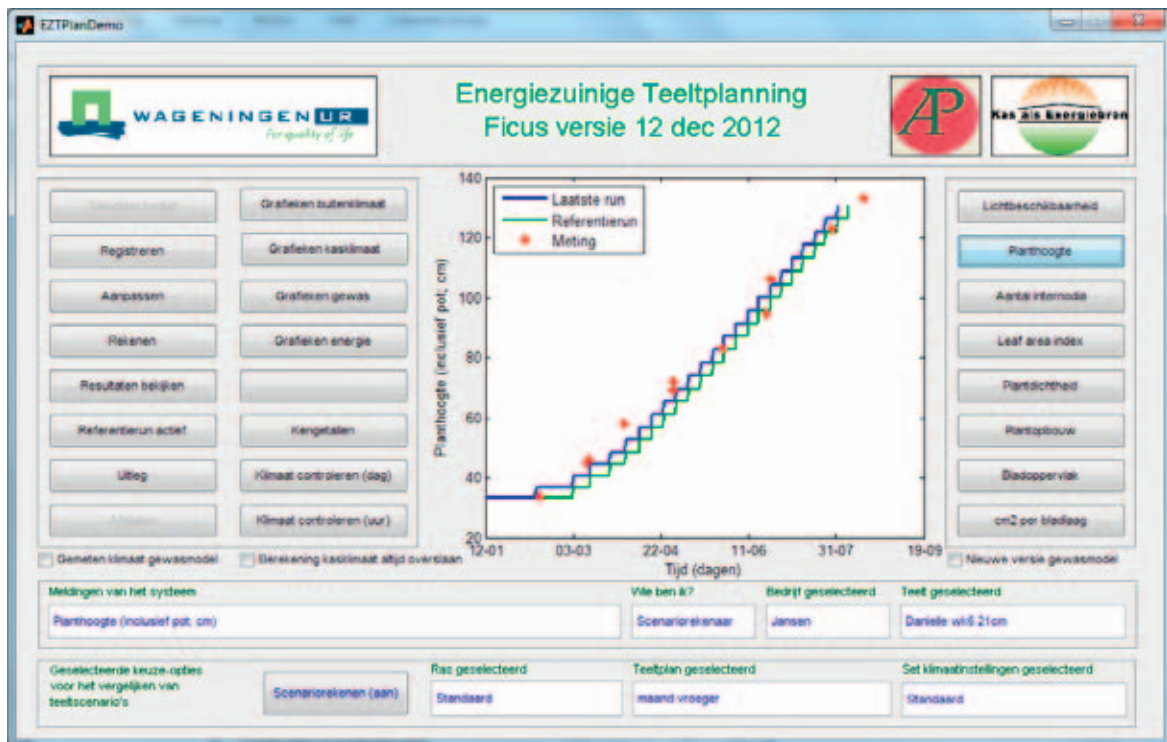
	Laatste teelt:	Referentie-teelt:
Berekende teeltduur (dagen)	286	284
Berekende datum klaar	20-Jun	18-Jun
Datum klaar volgens teeltplan	15-Jun	15-Jun
Ruimtebeslag (week.m2 / plant)	4	3.96
Eindhoopte inclusief pot (cm)	125.9	125.9
Energieverbruik (MJ / plant)	84.6	101.6
Energieverbruik (MJ / m2 kas)	939	1084.7
Teeltkosten (euro per plant)	2.62	2.77

Afsluiten

Figuur 3.12. Tabel met kengetallen behorend bij Figuur 3.11.

Voorbeeld 2. veranderen van oppottijd (vervroegen met één maand)

In Figuur 3.13. en 3.14. worden de berekende effecten weergegeven van een vervroeging van de oppottijd van 12 februari naar 12 januari, om een indruk te krijgen van de teeltsnelheid en de samenhangende kosten. Uit de scenarioberekening blijkt vooral dat de teelt vertraagt, waardoor de einddatum nauwelijks wordt vervroegd, terwijl het energieverbruik en de teeltkosten aanzienlijk toenemen.



Figuur 3.13. Berekende planthoogte met vervroeging van een maand.

The 'Kengetallen' window displays a comparison of key figures between 'Laatste teelt' and 'Referentie-teelt'. The data is as follows:

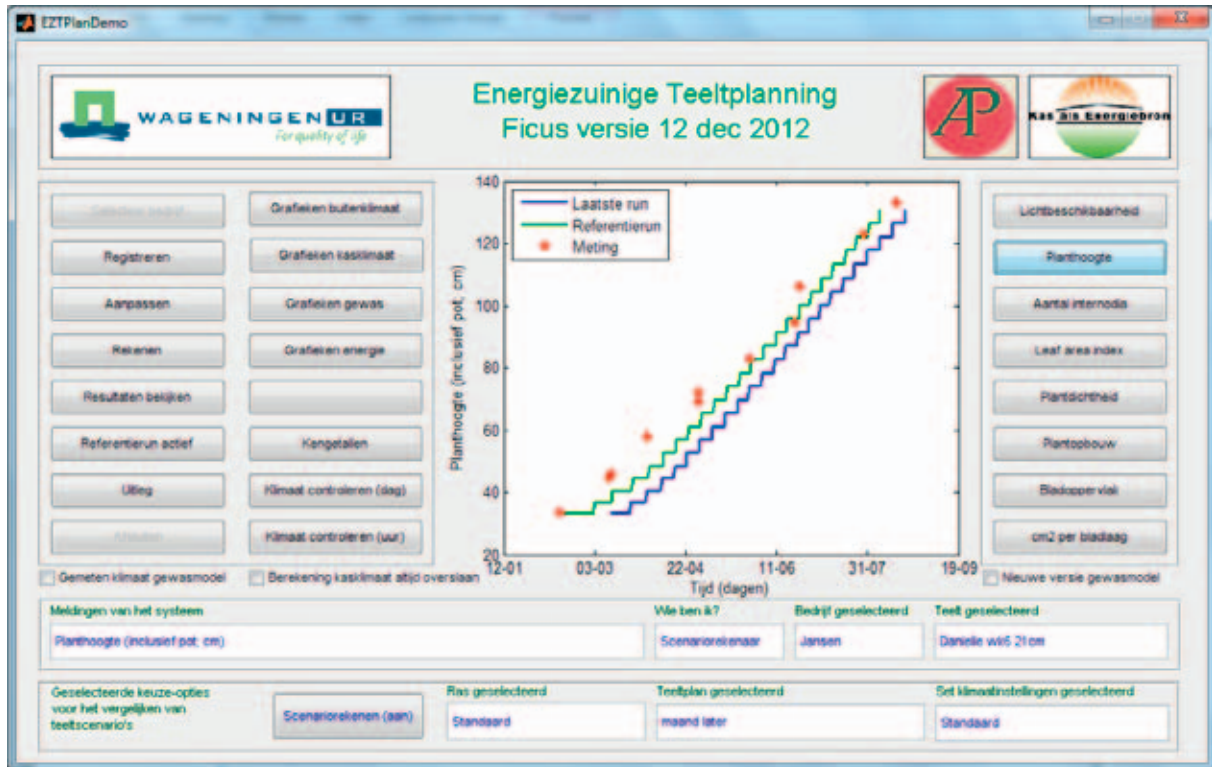
	Laatste teelt:	Referentie-teelt:
Berekende teeltduur (dagen)	202	177
Berekende datum klaar	01-Aug	07-Aug
Datum klaar volgens teeltplan	12-Jul	12-Jul
Ruimtebeslag (week.m2 / plant)	2.82	2.33
Eindhoopte inclusief pot (cm)	134.7	134.7
Energieverbruik (MJ / plant)	62.3	48.2
Energieverbruik (MJ / m2 kas)	728.5	589.4
Teeltkosten (euro per plant)	2.07	1.83

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

Figuur 3.14. Kentallen behorend bij 3.13.

Voorbeeld 3: veranderen van oppottijd (verlaten met één maand)

In Figuur 3.15. en 3.16. worden de berekende effecten weergegeven van een verlating van het oppottijdstip van 12 februari naar 12 maart, om een indruk te krijgen van de teeltsnelheid en de samenhangende kosten. Uit de scenarioberekening blijkt dat de teeltduur, het ruimtebeslag en het energieverbruik aanzienlijk afnemen, waardoor de teeltkosten lager uitvallen.



Figuur 3.15. Verlating van de oppotweek met een maand.

The screenshot shows the "Kengetallen" window, which displays a comparison of key metrics between the "Laatste teelt" (latest run) and the "Referentie-teelt" (reference run). The metrics are listed in a table format, with values for each scenario.

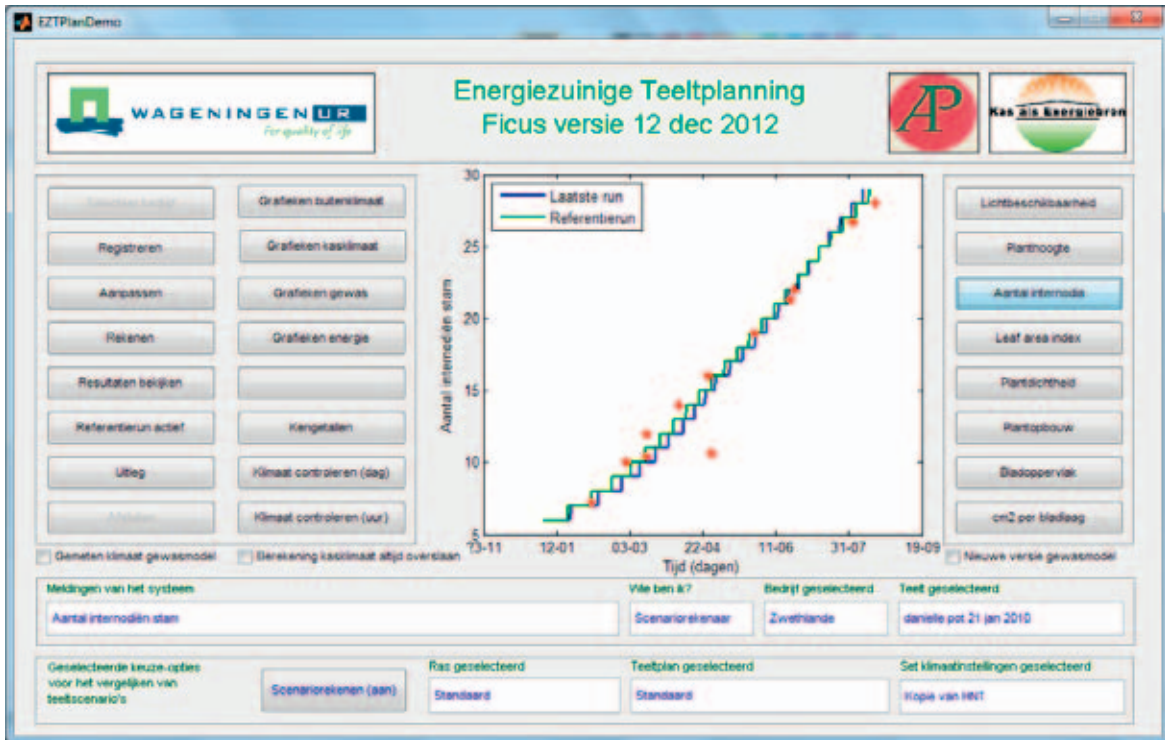
Metric	Laatste teelt:	Referentie-teelt:
Berekende teeltduur (dagen)	163	177
Berekende datum klaar	21-Aug	07-Aug
Datum klaar volgens teeltplan	12-Aug	12-Jul
Ruimtebeslag (week.m2 / plant)	2.01	2.33
Eindhogte inclusief pot (cm)	134.7	134.7
Energieverbruik (MJ / plant)	39.8	48.2
Energieverbruik (MJ / m2 kas)	496	589.4
Teeltkosten (euro per plant)	1.69	1.83

An "Afsluiten" button is located at the bottom right of the window.

Figuur 3.16. Kentallen behorend bij Figuur 3.15.

Voorbeeld 4: Strategie Het Nieuwe Telen

In onderstaande Figuren 3.17. en 3.18. wordt de standaard teeltsituatie van een teler vergeleken met een strategie en wijdere temperatuurgrenzen. In de teelt is te zien dat de teelten tegelijk starten, waarnaar de 'normale' strategie in het begin sneller groei met een hogere (stook)temperatuur, maar naarmate de instraling hoger wordt gaat de groei bij de HNT-strategie sneller en is een omslagpunt te zien rond mei en de planten van de HNT strategie zijn uiteindelijk 4 dagen sneller. Daarbij werd 24% energiebesparing bereikt.



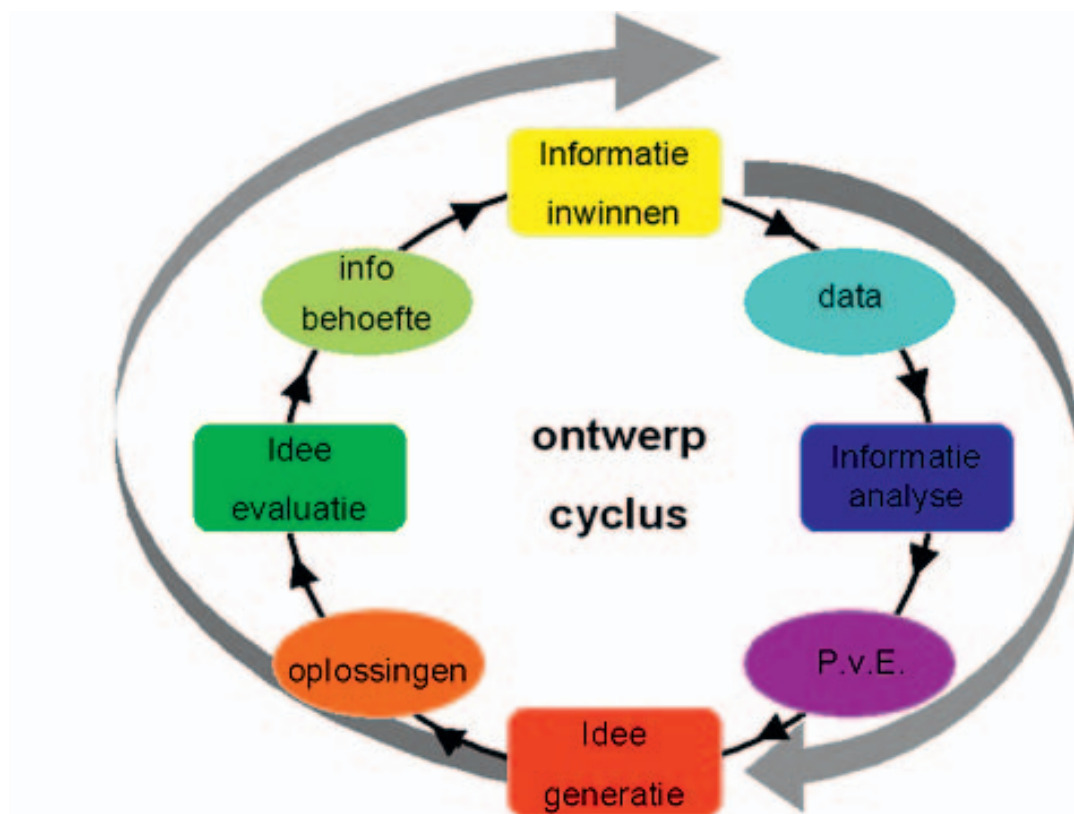
Figuur 3.17. Rekenvoorbeeld van Het Nieuwe Telen strategie.

	Laatste teelt:	Referentie-teelt:
Berekende teeltduur (dagen)	220	224
Berekende datum klaar	10-Aug	14-Aug
Datum klaar volgens teeltplan	01-Aug	01-Aug
Ruimtebeslag (week.m2 / plant)	3.26	3.34
Eindhoopte inclusief pot (cm)	125.9	125.9
Energieverbruik (MJ / plant)	65.7	74.6
Energieverbruik (MJ / m2 kas)	665.5	875.6
Teeltkosten (euro per plant)	2.36	2.46

Figuur 3.18. Kentallen behorend bij Figuur 3.17.

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).

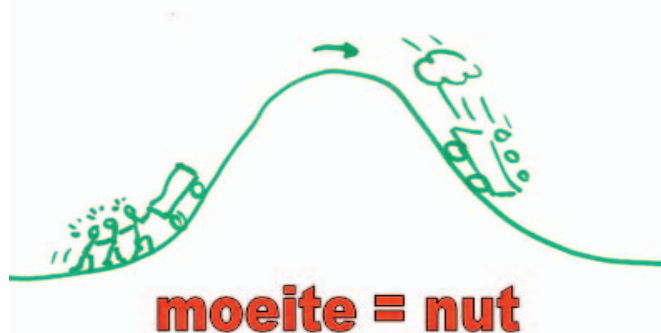


Figuur 4.1. Een schema van de stappen in het proces van participatief ontwerpen. Om er zo veel mogelijk zeker van te zijn dat het uiteindelijke ontwerp aansluit bij de behoeften van de doelgroep worden de beoogde gebruikers bij verschillende fasen van het proces betrokken.

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 groeiregulators (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 teelt doel 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 weekm² en per 1000 planten inclusief indirecte kosten (uitgangspunt gederfde opbrengsten per weekm²; 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. Het is duidelijk dat de nagestreefde gewashoogte een grote invloed heeft op de energiebehoefte per plant vanwege het feit dat grotere planten meer week.m² nodig hebben om de gewenste eindhoogte te bereiken dan kleinere. Om de zelfde reden heeft de gekozen wijderzetstrategie een grote invloed op het energieverbruik. Met het optimaliseren van het wijderzetten kan tot ca 10% aan energie-efficiëntie worden gewonnen. Worden echter de planten te dicht op elkaar gekweekt, dan gaat dat ten koste van de kwaliteit, met name wat betreft de gewasopbouw. Behalve het effect van ruimtebeslag/ruimtebenutting heeft echter ook de klimaatregelstrategie een belangrijke invloed. Er bleken tussen de bedrijven aanzienlijke verschillen te bestaan in energieverbruik per m². Berekend met behulp van het klimaatsimulatiemodel Kaspro bleek het verschil tussen het zuinigste en het minst zuinige bedrijf bijna een factor 2 te bedragen (Tabel 3.1.). Het minst zuinige bedrijf investeerde daarbij relatief veel in klimaatbeheersing, terwijl het zuinigste bedrijf meer in Het NieuweTelen-stijl regelde, waarbij vooral de temperatuur veel verder mocht wegzakken en oplopen. In hoeverre met HNT-klimaatregelen toch een mooie, harmonieuze en goed gevulde plant kan worden opgekweekt is niet helemaal duidelijk geworden in dit project; daar lijken nog mooie kansen voor vervolgonderzoek te liggen. De bedrijfsvergelijking heeft duidelijk gemaakt dat met het combineren van Best Practices gemiddeld wel 10-20% energiebesparing mogelijk lijkt te zijn. Daarnaast lijkt met het verlagen van de teelttemperatuur in de winter nog 10% extra besparing te kunnen worden bereikt.

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 eidevaluatie 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. Daarnaast werd de wens geuit om met meerdere partijen per afdeling tegelijk rekening te kunnen houden. 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 adviesstelsel in de nabije toekomst nog op beperkte schaal op bedrijven zal worden getest.

4.8 EZTP en het nieuwe telen

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

Belangrijke thema's binnen Het Nieuwe Telen zijn (1) het leren omgaan met technische innovaties zoals extra schermen, vernevelen, koelen, luchtbeweging, semi-gesloten telen, (2) verminderen van energieverbruik in verband met ontvochtiging door het toelaten van hogere vochniveaus in combinatie met luchtbeweging, en (3) met de klimaatregeling meer 'de natuur volgen' door minder zonwering in te zetten, en grotere temperatuurverschillen toe te laten tussen dag en nacht, zonnig en bewolkt weer en meer met de seizoenen mee te bewegen met de klimaatregeling. Bij Ficus is gebleken dat het gewas door lichtgebrek in de winter vrijwel stil kan komen te staan. Onder die omstandigheden (juist wanneer stoken ook relatief duur is) kan de temperatuur dus beter wat zakken.

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, 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. 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.

Het Ficusmodel is een stuk uitgebreider geworden dan de eerdere modules van Hortensia en Poinsettia en dat heeft te maken met de groeiwijze van ficus. Ficus groeit zowel in de lengte als in de breedte, door in elk oksel scheuten te maken en in de oksels van de vertakking ook weer scheuten te maken. De plantopbouw en de 'gevuldheid' zijn belangrijke aspecten van de eindkwaliteit. De groei van Ficus in de breedte is niet ongelimiteerd, dus moest er een mechanisme gevonden worden om de limitering te beschrijven. Dit onderdeel was in het oorspronkelijke model van Dijkshoorn niet voorhanden. Uitgangspunt voor de modellering van de uitloop van zijscheuten was de veronderstelling dat elke groeipunt reageert op de plaatselijke licht- en temperatuurcondities, en dat groeipunten van zijstakken de zelfde eigenschappen hebben als die van de hoofdstam. Het stoppen van de uitgroei van zijtakken kan dan vooral worden verklaard op grond van de lichtgradiënt in het gewas. Er was relatief veel meetwerk nodig om deze eigenschappen goed te calibreren. De planten zijn destructief geoogst in groeilagen van 5 internodiën en die zijn helemaal beschreven met lengte, versgewicht, aantal hoofscheuten, aantal zijscheuten, hoek van inplanting etc (Figuur 2.8.). Daaraan gekoppeld zijn dan meer gedetailleerde uitkomsten te berekenen aan plantvorm en toe- en afname in plantgewicht per bladlaag.

Op basis van de uitgevoerde metingen gekoppeld aan de gedetailleerde waarnemingen zijn door alle kwekers aanpassingen gedaan aan het klimaat. Als in de winter de bladafplitsing stil komt te liggen door lichtgebrek, heeft het geen zin om de temperatuur te verhogen voor meer snelheid. Door 's winters rustiger te stoken wordt energiebesparing gerealiseerd en blijft het gewas beter in evenwicht, waardoor het in het voorjaar ook gemakkelijker weer op gang lijkt te komen.

Bij weinig licht in de periode rond de kortste dag neemt de bladafplitsing van Ficus sterk af, met name op bedrijven die niet bijbelichten. Anders dan bij de meeste tuinbouwgewassen heeft het onder die omstandigheden heel weinig zin om te proberen met hoge temperaturen de teeltsnelheid hoog te houden. Met een temperatuurverlaging kan in die periode aanzienlijk worden bespaard op stookenergie, terwijl dat nauwelijks teeltvertraging oplevert. Ook komt het de kwaliteit van het gewas ten goede.

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

Op grond van analyse van de teeltresultaten kan worden verondersteld dat de karakteristieke 'slijtage' (=bladval) in het ondergewas door assimilantekort wordt veroorzaakt, en niet door een versnelde veroudering als gevolg van schimmelaantasting. Dat zou betekenen dat de gebruikelijke methode om bladval tegen te gaan, namelijk droogstoken, 'activeren' van het gewas, transpiratie stimuleren, mogelijk juist averechts zou kunnen werken. Het achterwege laten van deze klimaatregelstrategie zou een aanzienlijke energiebesparing kunnen betekenen. Maatregelen waarvan wel een positief effect zou zijn te verwachten als dit klopt zijn temperatuurverlaging en wijderzetten (ruimer plantverband = meer licht per plant). Dit aspect zou in gerichte proeven beter moeten worden uitgezocht.

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

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

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

Er moeten nog meer beveiligingen in het systeem worden ingebouwd om te voorkomen dat de modellen aan onrealistische of onmogelijke scenario's gaan rekenen. 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.

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 het platform geschikt gemaakt te worden voor in elk geval de top-10 potplanten.

5 Referenties

- Benninga, J., Plantkenmerken, plantwaardering en prijsvorming bij Azalea. PBN rapport 209, Aalsmeer 1995.
- Benninga, J., Plantkenmerken in relatie tot plantwaardering door consumenten en handel en in relatie tot de veilingprijs bij Hortensia, PBG rapport 78, Aalsmeer 1997a.
- Benninga, J., Plantkenmerken in relatie tot plantwaardering door consumenten en handel en in relatie tot de veilingprijs bij Poinsettia, PBG rapport 111, Aalsmeer 1997b.
- Benninga, J., Het economisch perspectief van energiebesparing door het aanhouden van lagere stooktemperaturen bij potplanten, LEI rapport 2.05.10, Den Haag 2005.
- Breuer, J.J.G., en Van de Braak N.J., 1989.
Reference Year for Dutch Greenhouses. Acta Hort. 248:101-108.
- Bruns Anja. 1995.
Bei warmer nacht kürzere pflanzen. DeGa 2/95, p78, 79.
- 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 G.J., de Zwart F., van Gastel T., Burema C., Kamminga, H. en Kipp j. (2009)
Kijk in de Kas - een interactieve leeromgeving over tuinbouw en energie. Wageningen UR Glastuinbouw Rapport 247.
- Buwalda F., de Zwart F., Swinkels G.J., Bontsema J., Elings A., de Gelder A., Sterk F en van der Mark C. (2010)
Model-gebaseerde teeltadviesing voor paprika. Wageningen UR Rapport GTB-1052.indd
- Dijkshoorn-Dekker, M., Crop quality control system; a tool to control the visual quality of pot plants, (Proefschrift LUW-vakgroep tuinbouwplantenteelt), Wageningen 2002.
- 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.
- Johnson, C.R., Krantz, J.K., Joiner, J.N. and Conover, C.A. (1979)
Light compensation point and leaf distribution of Ficus Benjamina as affected by light intensity and nitrogen-potassium nutrition. J. Amer.Soc.Hort.Sci. 104(3):335-338.
- Kromwijk, A. (1991)
Invloed van uitgangsmateriaal op lengtegroei en vertakking bij ficus benjamina exotica. PBN 114.
- Noort, F van., Kempkes, F., Zwart, Feije de. (2011)
Het Nieuwe Telen Potplanten - meer licht toelaten bij wijdere temperatuurgrenzen bij een hogere luchtvochtigheid. Wageningen UR Glastuinbouw.
- 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.
- Van der Velden, N.J.A., 2008.
Effecten stijgende energieprijzen voor de Nederlandse glastuinbouw. Rapport VR2008018. LEI, Den Haag.
- Zwart, H.F. de. 1996.
Analyzing energy-saving options in greenhouse cultivation using a simulation model. PhD Thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.

Hoogte maken bij ficus met minder energie

vrijdag, 26 november 2010



Erik Persoon Kwekerij Zwethlande.

Bij ficus telt vooral de hoogte van de plant. Plantvorm en gevuldheid spelen ook een rol, maar hoogte staat met stip bovenaan. Een partij is klaar om te leveren als de eindhoogte is bereikt. De stookkosten per plant worden voor een belangrijk deel bepaald door de teeltduur. Wie energiezuinig Ficus wil telen moet dus slim hoogte kunnen maken.

Zoals de meeste planten herhaalt de ficus zichzelf door steeds standaardpakketjes te maken die phytomeren worden genoemd: steeds precies één blad, één okselknop en één stukje stengel (internodium). Als een pakketje klaar is maakt de plant het volgende. Ook zijtakken, die plantvorm en gevuldheid bepalen, produceert de plant als series standaardpakketjes. De planthoogte, en daarmee de teeltduur, wordt bepaald door de reeks phytomeren van de hoofdstam.

Optimale temperatuur

Wat bepaalt echter het tempo waarin die pakketjes worden geproduceerd? Bij de meeste gewassen geldt: hoe hoger de temperatuur hoe sneller. Bij ficus gaat dat alleen op zolang er genoeg licht is. In december is er zo weinig licht dat het verschijnen van nieuwe internodiën zelfs stil kan komen te staan. Stoken voor tempo heeft dan dus ook geen zin. We verwachten dat met dit inzicht op veel bedrijven energiewinst te behalen. Maar dan moeten we ook weten; wat bepaalt de lengte per internodium?

De telers vermoeden dat ze momenteel in de zomer lengte laten liggen door het droge klimaat. Ook lijkt assimilatiebelichting de strekking te beïnvloeden. Maar dat is niet het enige. Hoe ver kun je eigenlijk omlaag met de temperatuur? Hoeveel winst is er met verneveling of assimilatiebelichting te behalen? Wat zijn de effecten op energie-efficiëntie? In het kader van Kas als Energiebron ontwikkelen vier ficusbedrijven samen met Wageningen UR Glastuinbouw en adviseur Bonte de Jong een adviesstelsel om daar achter te komen.

Na een jaar gegevens verzamelen en optimaliseren zien we al leerzame uitkomsten. Ook wordt duidelijk waar de modellen in het systeem nog verder verbeterd moeten worden. In deze weblogs gaan we u op de hoogte houden van de ontwikkelingen.

Categorie: Het Nieuwe Telen, potplanten

Slijtage van ficus leren begrijpen met model

woensdag, 08 december 2010



Bonte de Jong, Adviseur.

Op de ficusbedrijven die ik de afgelopen weken heb bezocht, waren de lengtegroeimetingen zoals verwacht laag. Dit komt mooi overeen met het model. Ook voor de komende weken wordt nauwelijks lengtegroei voorspeld.

Uit de klimaatregistratie blijkt dat de afgelopen weken er lage nachttemperaturen zijn gerealiseerd bij kwekerij Esperit Plant en in mindere mate ook bij Loek Jansen, respectievelijk 15°C en 16,5 °C. Ter vergelijking, bij Zwethlande was de nachttemperatuur 17°C en Peeters 17,5-18°C. Op de bedrijven met de laagste temperatuur mat ik ook de minste lengtegroei. De absolute verschillen zijn trouwens maar 0,5 cm per week.

Kwaliteitsverlies

Het is de vraag wat de invloed van de lagere temperaturen is op de kwaliteit, met name op die van het ondergewas bij de grotere lengtematen. Ik verwacht bij hogere buitentemperaturen en een lage kasttemperatuur (17°C) wel eerder slijtage van het ondergewas als gevolg van hoge luchtvochtigheden in het ondergewas. Nu bij lage buitentemperaturen is dat niet aan de orde. Over die slijtage moeten we het nog maar eens hebben binnenkort in de groep.

Onderzoekers geven aan dat bladval mogelijk te maken heeft met assimilatiegebrek, vergelijkbaar aan de bladval die optreedt bij een lange transportfase in het donker. Daarbij geldt dat hoe langer de duur en/of hoe warmer des te meer bladval. In het gewas heb je een lichtgradiënt, onderin is het erg donker. Daarbij klopt het dat het verschijnsel bij hogere temperaturen eerder optreedt: vanwege de hogere ademhaling valt de netto bijdrage eerder negatief uit.

Misschien kunnen we de komende tijd de logboekfunctie van het EZTP-systeem gebruiken om vast te leggen wanneer bladval/slijtage optreedt. Als we dan van een paar maanden van vier bedrijven gegevens hebben, kunnen we bekijken met welke omgevingsfactor die bladval verband houdt.

Categorie: Het Nieuwe Telen, potplanten

Bladval en licht bij ficus in onderzoek

dinsdag, 01 februari 2011



Filip van Noort, Wageningen UR Glastuinbouw.

Afgelopen week hebben we samen met een aantal ficustelers wat gestoeid met het groeimodel voor Energie Zuinige Teelt Planning (EZTP) bij ficus. Daarbij was een belangrijk discussiepunt was: waar doe je goed aan in de winter en waarom ga je met de temperatuur zo ver mogelijk omlaag? Is dat om:

- energie te besparen
- een 'goede' verhouding tussen (stook)temperatuur en buitenlicht te vinden
- de etmaaltemperatuur 'niet te ver' naar beneden om 'groei te houden'
- bladval onderin tegen te gaan

Of gaat het juist om een combinatie van één of meerdere bovengenoemde onderdelen en heeft luchtbeweging een invloed om het optreden van bladval?

Bij drie van de vier deelnemende bedrijven is de aangehouden etmaaltemperatuur lager geweest dat vorig jaar. Dat heeft natuurlijk te maken met de lange koudeperiode, maar ook met de resultaat uit het onderzoek HNT Potplanten, waarbij een stooktemperatuur van 17.5°C in de winter zwaardere ficussen gaf dan een stooktemperatuur van D/N 21/19°C.

Lichtgebrek

We hebben nu gezien dat bladval is vooral ontstaan bij de grote potmaten in de oudere, meer volgroeide gewassen. De indruk van de betrokkenen was dat dit vooral lichtgebrek moet zijn. De komende tijd willen we deze aanname checken door het verloop van het versgewicht tussen de diverse gewaslagen na te gaan bij de verzamelde gegevens. Op deze manier gaat het wellicht mogelijk worden een 'bladval' waarschuwing af te geven op basis van lichtniveau, temperatuur en plantdichtheid.

Categorie: Het Nieuwe Telen, potplanten

Relatie licht-temperatuur bij EZTP Ficus

donderdag, 03 maart 2011



Bonte de Jong, adviseur.

Na de lange winter hebben we nu eindelijk weer een geringe toename van groei Ficus 'Danielle' gezien. Uit de groeimetingen bij 'Danielle' die afgelopen week zijn uitgevoerd, kwam een gemiddelde groei van 4 cm over 3 weken naar voren. In periode 2 is de etmaaltemperatuur op de bedrijven gestegen met 1 à 2°C en is de gerealiseerde PAR som op het gewas ook met 85-90% toegenomen ten opzichte van periode 1.

De verschillen in gemeten groei tussen de deelnemende bedrijven zijn gering. Dit terwijl de gemiddelde etmaaltemperatuur over periode 2 tussen de hoogste en de laagste bijna 3°C bedroeg (21,1°C ten opzichte van 18,2°C) waarbij het bedrijf met de lagere temperatuur wel een gemiddeld hogere PAR som heeft gerealiseerd (4,2 mol/m²dag ten opzichte van 3,7 mol/m²dag) en een hogere gemiddelde relatieve luchtvochtigheid (6% hoger).

Licht in oppotfase

Ook in het groeimodel komt duidelijk naar voren dat bij weinig licht een hogere stooktemperatuur een minimale groeiwinst oplevert.

Op de deelnemende bedrijven wordt dit jaar nog een nieuwe teelt gevolgd. Hierbij is te zien dat op het bedrijf waar de oppotfase onder de belichting staat de lengtegroei afgelopen 3 weken tweemaal zo hoog was ten opzichte van de onbelichte teelt (ruim 9 cm) bij ook een 100% toename van de afsplitsing van internodiën (ruim 2,5).

Bij de groeimetingen valt het op dat bij een ruime gewasstand de regelmaat van lengtegroei en bladafplitsing duidelijk beter is in vergelijking met een dichtere plantafstand. Aan het eind van de teelt zie je bij een grotere plantdichtheid een veel grotere spreiding in de gemeten lengtegroei en toename van het aantal internodiën.

De bevindingen kloppen met het beeld van ficus dat uit de proeven steeds duidelijker naar voren komt. Bij gebrek aan licht kan de plant zichzelf 'op de handrem zetten'. Anders dan bijvoorbeeld tomatenplanten of paprika's die bij te weinig licht doorgaan met bladeren afsplitsen en dan een 'dunne kop' krijgen, kan een ficus de vorming van nieuw blad gewoon afremmen totdat er weer meer licht is. Dit betekent dat het weinig zin heeft om in de winter te proberen met temperatuur teeltsnelheid te maken, behalve wanneer je met een wijd plantverband of lampen tegelijk zorgt voor voldoende licht per plant. Met deze kennis kunnen we de energie-efficiëntie van het winterklimaat verbeteren.

Categorie: Het Nieuwe Telen, potplanten

EZTP-model klopt met groei ficus

dinsdag, 29 maart 2011



Bonte de Jong.

In het groeimodel Energie Zuinige Teelt Potplanten (EZTP) hebben we de afgelopen weken gezien dat de voorspelde groeitoename overeenkomt met de groeimetingen in de Ficus Danielle teelten.

Gerealiseerde PAR

De groeiomstandigheden zijn afgelopen periode duidelijk verbeterd. Op alle bedrijven zijn duidelijk hogere etmaaltemperaturen en hogere PAR sommen gerealiseerd. De gerealiseerde etmaaltemperaturen zijn afgelopen periode gestegen naar 21.4 °C tot 22.7°C. De verschillen in gerealiseerde gemiddelde PAR sommen per dag over afgelopen periode waren groot. Twee bedrijven realiseerden een gemiddelde PAR som van ruim 9 mol/m², een bedrijf bijna 8 mol en een bedrijf krap 6 mol/m².

De bedrijven met de hoogste PAR sommen hebben iets lagere gemiddelde temperaturen gerealiseerd. Op het bedrijf met de laagste gemiddelde PAR som is meer geschermd op instraling ten behoeve van een andere teelt in dezelfde afdeling.

In de klimaatgrafieken van de deelnemende bedrijven zie je dat de relatieve luchtvochtigheid op dagen met veel instraling gemakkelijk wegzakt onder de 50%. Hierdoor wordt de groei/strekking geremd.

De verschillen in lengtemetingen en afsplitsing van bladeren tussen de bedrijven zijn gering ondanks verschillen in temperatuur en PAR sommen. Ten opzichte van de vorige periode is er ongeveer 2 keer zoveel lengtegroei/strekking gerealiseerd maar is de toename van de bladafplitsing nihil. Er is meer strekking gerealiseerd door de toename van de verschillen tussen dag- en nachttemperatuur.

Clippen is te zien

In één partij die gevolgd wordt viel de lengtegroei tegen vanwege het feit dat er net geclipd was. Daarbij lijkt het erop dat wanneer er net onder het groeipunt wordt geclipd er meer sprake is van groeiremming. De invloed van het clippen op de lengtegroei komt niet tot uiting in het groeimodel.

In de partij onder de belichting, die qua groei gevolgd wordt, is afgelopen periode 2.5 keer zoveel lengte groei gerealiseerd en bijna 2 keer zoveel internodia. Onder de belichting is dus meer strekking gerealiseerd.

De invloed van de belichting op de lengtegroei en bladafplitsing zit niet in het groeimodel.

Categorie: potplanten

EZTP volgt groei Ficus nauwlettend

woensdag, 20 april 2011



Bonte de Jong, adviseur.

De groeiomstandigheden zijn afgelopen weken ook voor Ficus verder verbeterd. Op alle bedrijven zie je een toename van de gemiddelde gerealiseerde kasttemperatuur (23.2-23.9°C). Op het bedrijf waar kleinere maten Ficus worden geteeld is een lagere etmaaltemperatuur gerealiseerd (21.5°C). De gemiddelde bladtemperatuur is op alle bedrijven iets hoger (0.1-0.2°C) dan de kasttemperatuur alleen op één bedrijf is de bladtemperatuur gemiddeld 1°C lager dan de kasttemperatuur. Dit is vorig jaar ook meerdere malen geconstateerd. De enige verklaring lijkt dat er meer gewasverdamping wordt gerealiseerd.

De gerealiseerde PAR sommen per dag zijn door de toename van instraling en daglengte afgelopen vier weken toegenomen naar gemiddelde 10.5 tot 13.6 mol/m²dag. Op 1 bedrijf was de gemiddelde PAR over die periode slechts 7 mol/m²dag. Op dit bedrijf wordt er meer geschermd vanwege de opkweek van een ander gewas in dezelfde afdeling.

Op het bedrijf waar het meeste is geschermd is de luchtvochtigheid het beste op peil gebleven. Juist op de andere bedrijven zie je met name op de dag dat de luchtvochtigheid gemakkelijk flink wegzakt tot soms waarden onder de 40%. Bij zonnig en open weer is er afgelopen weken dagelijks water gegeven (eb/vloed).

De gemeten CO₂ concentraties op de dag zakten afgelopen weken bij zonnig en open weer regelmatig tot onder de buitenconcentratie. De storingsen met de leveringen door de OCAP zijn hier mede debet aan.

De bedrijven met vergelijkbare etmaaltemperaturen hadden een vergelijkbare lengtegroei en afsplitsing van bladeren (ongeveer 3.5 cm groei bij 0.7-0.8 internodia per week).

Het bedrijf waar de laagste PAR sommen zijn gerealiseerd haalde wel een vergelijkbare groei, op dit bedrijf is de luchtvochtigheid gemakkelijker op peil gehouden. Bovendien worden de planten op dit bedrijf het ruimste geteeld.

Op het bedrijf waar de laagste etmaaltemperatuur is gerealiseerd werd een lengtegroei van 2 cm bij 0.5-0.55 internodia per week gerealiseerd. Op dit bedrijf zou je op basis van de grote verschillen tussen dag en nachttemperatuur meer strekking verwachten. Echter door de lage luchtvochtigheid op de dag is dit niet gerealiseerd (maar ook ongewenst in de kleine potmaten).

Categorie: potplanten

Licht en RV belangrijk in EZTP ficus

dinsdag, 31 mei 2011



Bonte de Jong, adviseur potplanten.

In de ficusteelt kan een forse groeiwinst worden gehaald als op de dag een betere luchtvochtigheid wordt gerealiseerd en er meer licht wordt toegelaten. Dit is te concluderen op basis van de registraties in het project waarin we met een aantal ficustelers samen met Wageningen UR Glastuinbouw het groeimodel Energie Zuinige Teelt Potplanten (EZTP) toetsen. Voor bedrijven waar meerdere teeltfasen in een klimaatafdeling staan en waar regelmatig in de kas gewerkt wordt zal dit echter lastig zijn te realiseren.

Registraties

Afgelopen periode is de lengtegroei en afsplitsing van bladeren op drie van de vier bedrijven tegengevallen. Dit ondanks toename van gemiddelde etmaaltemperaturen en hogere gerealiseerde PAR sommen. De oorzaak van de tegenvallende groei is de luchtvochtigheid die gedurende de dag in de afgelopen periode te ver onderuit is gezakt.

Op één bedrijf waar een jonge partij (opweek 13) wordt gevolgd is wel een forse groeitoename geconstateerd. De lengtegroei was hier 5.5 cm per week bij ruim één internodium per week. De lengtegroei ligt hier 85 tot 160% hoger en de bladafplitsingsnelheid 25 tot 65% hoger ten opzichte van de andere bedrijven. Er is hier duidelijk meer strekking opgetreden.

Vochtig substraat

Op het bedrijf waar een goede groei (zowel bladafplitsing als strekking) is gerealiseerd, is het meeste licht toegelaten (PAR sommen > 15 mol/m²/dag) bij een etmaaltemperatuur van 24.6°C. Bovendien wordt hier een jongere partij gevolgd waar de vochtigheid van het substraat beter is en minder schommelingen vertoont in vergelijking met de andere bedrijven waar een tien weken oudere partij wordt gevolgd in de groeiregistratie.

Wel zakte de luchtvochtigheid op de dag net als op de andere bedrijven ver weg. Echter doordat er op dit bedrijf later gelucht is, werd vanuit de nacht de luchtvochtigheid wel langer op peil gehouden. Bovendien is laatstgenoemde bedrijf de CO₂ op de dag beter op peil gehouden.

Categorie: Het Nieuwe Telen, potplanten

EZTP-programma geeft nieuwe inzichten

dinsdag, 05 juli 2011

Frank van der Maarel, PMS Planningsadvies.

Onlangs was de afsluitende workshop van het project Energiezuinige Teeltplanning (EZTP) in focus. Het model biedt zowel inzicht in teeltplanningszaken als nieuwe mogelijkheden om in de toekomst nog beter de teelt te sturen. In het EZTP-project hebben vier focusbedrijven meegedaan, drie hiervan begeleid ik in de teeltplanning: Esperit, kwekerij Zwethlande en kwekerij Loek Jansen.

Het model dat ten grondslag ligt aan EZTP is al wat ouder. Afgelopen jaar hebben wij het in de praktijk geijkt voor focus. De groei die het model voorspelde bleek goed overeen te komen met wat wij in praktijk zagen. Als dit niet het geval was, was er bijna altijd een oorzaak aan te wijzen, zoals extra bespuitingen, technische mankementen of instelfouten.

Optimaliseren

Op korte termijn zie ik mogelijkheden voor het model om scenario's wat betreft temperatuur, RV en CO₂ door te rekenen. Hierbij moet dan bijvoorbeeld worden gedacht aan koud zetten in de winter bij een extreme gasprijs of het plaatsen van een rookgasreiniger waardoor een hoger CO₂-gehalte aangehouden kan worden. De gegevens uit het model moeten daarvoor wel simpel kunnen worden geëxporteerd. Dit gaan de onderzoekers regelen.

Op de wat langere termijn zie ik mogelijkheden om het model te koppelen aan onze planningsprogramma's. Je kan dan ook gaan sturen, zeker als je meerdere afdelingen met verschillende temperatuur hebt. Stel dat door buitenomstandigheden vertraging ontstaat waardoor je een grote order niet op tijd klaar hebt. Met het model kan je dan bekijken of het zinvol is om een partij naar een afdeling met een hogere temperatuur te verplaatsen en wat alle consequenties hiervan zijn.

Energie besparen

Voor energiebesparing heeft het model zeker waarde. Je kan bekijken wat het gevolg is van een paar graden minder stoken. Uit onderzoek blijkt dat de winterkwaliteit zelfs beter is bij lagere temperatuur. Tot nog heeft dit nog geen energiebesparing opgeleverd omdat die lagere temperatuur door meer ventilatie is gerealiseerd, maar het perspectief is er.

Ik hoop dat er binnenkort een exporteerbutton aan het EZTP-programma is toegevoegd. In het najaar ga ik dan zeker eens wat zaken doorrekenen. Dit gaat zeker een aantal nieuwe inzichten opleveren.

Categorie: Het Nieuwe Telen, potplanten

