



Energiezuinige teeltplanning voor potplanten

Een systeemontwerp

F. Buwalda¹, J. Benninga², J. Buurma², H. Verberkt³ & F. van Noort¹

- ¹ Wageningen UR Glastuinbouw
- ² LEI
- ³ DLV-Plant

© 2009 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

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



**landbouw, natuur en
voedselkwaliteit**



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

	pagina
Voorwoord	1
Internet samenvatting	3
Samenvatting	5
1 Technisch ontwerpen, van idee tot product	7
1.1 Een ontwerpproject	7
1.2 De ontwerpcyclus	7
1.3 Het ontwerpprobleem	8
1.4 Leeswijzer	9
2 Doelmatig gebruik van energie	11
2.1 Teeltplanning en energie	11
2.2 Systemen, dynamiek en modellen	12
2.3 Energiedoelstellingen	13
3 Inventarisatie	15
3.1 Keuzecriteria	15
3.2 Conclusie gewaskeuze	16
4 Interviewronde	17
4.1 Interviewvragen	17
4.2 Interviewresultaten en innovatieschema's	17
4.3 Innovatielandschap	18
4.4 Positie van geïnterviewden in het innovatielandschap	20
4.5 Drijfveren van telers	21
4.6 Terugkoppelen van resultaten	22
5 Van behoeften naar een systeem	25
5.1 Programma van eisen	26
6 Deeloplossingen en systeemmodules	27
6.1 Productspecificaties en sturingsmogelijkheden	27
6.2 Afzetprognose	29
6.3 Economisch rendement	31
6.4 Arbeidsfilm	32
6.5 Gewasmodule	33
6.6 Gewasmanagement	35
6.7 Kas/energiemodule	35
7 Ontwerp van een teeltplanningssysteem	37
7.1 Teeltmodule – integratie van modules Gewas, Gewasmanagement en Kas/energie	37
7.2 Samenwerking van de teeltmodule met de modules voor waardering en rendement	38

7.3	Scenario's berekenen of optimalisatie	39
7.4	Teeltplanning	39
7.5	Realisatie van het teeltplan en monitoring	40
8	Prototype	41
9	Realisatietraject	43
9.1	De basis: digitale bedrijfsvergelijking	43
9.2	Real-time meerekenen met modellen	43
10	Testen en evalueren	45
	Referenties	47
Bijlage I.	Beslissingsmatrix gewaskeuze	2 pp.
Bijlage II.	Vragenlijst interviews	4 pp.
Bijlage III.	Artikel in Onder Glas 1 (2008) pp. 52-53	3 pp.

Voorwoord

Voor u ligt het concept eindrapport van het project 'Energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten'. In de potplantensector speelt planmatig telen een belangrijke rol. Zowel economisch als maatschappelijk wordt het voor bedrijven steeds belangrijker om zuinig en efficiënt met energie om te gaan. Uit onderzoek, innovatie en technische ontwikkelingen komen de laatste tijd belangrijke nieuwe inzichten en besparingsmogelijkheden naar voren. Kernvraag van dit project was hoe de energie-efficiëntie van het teeltproces kan worden verbeterd zonder dat de beheersing van eindkwaliteit en aflevermoment daardoor in gevaar komen.

In dit project zijn voor de potplantensector de innovatiewensen geïnventariseerd op het gebied van teeltplanning en energie. Op basis hiervan is een ontwerpschets opgesteld voor een adviessysteem voor teeltplanning en teeltmonitoring, en is een plan van aanpak geformuleerd zodat onderzoekers in samenwerking met telersgroepen aan de slag kunnen om gezamenlijk de gewenste innovaties te realiseren.

In het project hebben Wageningen UR Glastuinbouw, LEI en DLV samengewerkt. Het onderzoek is uitgevoerd door Fokke Buwalda (WUR; projectleider en specialist op het gebied van modellen), Jan Benninga (LEI; Economie en Bedrijfskunde), Jan Buurma (LEI; Socio-Technische Netwerken, analyse Innovatielandschappen), Helma Verberkt (DLV-plant; Algemene gewaskundige kennis, Praktijkonderzoek), en Filip van Noort (WUR; Gewasspecialist Potplanten). Verder heeft Anja Dieleman (WUR) een bijzonder nuttige rol gespeeld als Projectcoördinator en Procesbegeleider en hebben Caroline Labrie en Fleur Sterk (beiden WUR) en Caroline van der Mark (Caroline van der Mark Natuureducatie) zich verdienstelijk gemaakt bij de eindredactie van dit rapport.

Het project is gefinancierd uit het Energie-transitieprogramma van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit en van het Productschap Tuinbouw, waarvoor onze dank.

Uiteraard willen we ook alle telers, teeltadviseurs en overige personen bedanken die bereidwillig hun medewerking hebben verleend aan de interviews. Verder zijn we dank verschuldigd aan de heren Fons Elstgeest, Leen van Dijk, Leo Oprel en Arthur van den Berg voor hun inzet als leden van de stuurgroep.

Wageningen, 5 december 2008

Dr. F. Buwalda, projectleider

Projectreferenties:

WUR-projectnummer: 3242024600

PT-projectnummer: 12739

LNV-programma: 339

Internet samenvatting

Het project Energiezuinige Teeltplanning voor Potplanten heeft als doel om te onderzoeken wat er nodig en wenselijk is om in de potplantenteelt het planmatig telen te kunnen combineren met energiebesparing, om zo de energie-efficiëntie van het teeltproces te kunnen verhogen. Vanwege de complexe wisselwerking van de klimaatregeling met weer, kasklimaat en de gewasfysiologie werd vooraf verondersteld dat hiervoor een model-ondersteund advies-systeem nodig is. Wil de ontwikkeling van een dergelijk systeem kans van slagen hebben dan zal het goed moeten aansluiten bij de informatiebehoefte en innovatie-wensen van de telers. Het project had daarom drie onderdelen:

1. Het in kaart brengen van de innovatiebehoefte in de potplantensector op het gebied van energie-efficiëntie in combinatie met planmatig/geconditioneerd telen en modelmatige beslissingsondersteuning.
2. Het opstellen van een ontwerpschets van een model-ondersteund planningssysteem dat telers kan assisteren bij het opstellen en realiseren van energie-efficiënte teeltplannen.
3. De vorming van initiatiefgroepen van telers en onderzoekers om in vervolgprojecten in de geconstateerde innovatiebehoefte te voorzien.

Op grond van de resultaten van het project kan worden geconcludeerd dat er in de potplantensector duidelijk behoefte bestaat aan het koppelen van energie aan teeltplanning en teeltmonitoring. Ook liggen er grote kansen om met deze benadering de energie-efficiëntie van het teeltproces te verbeteren. Hierbij zijn niet alleen de gewasgroei-processen van belang, maar ook ontwikkelingssnelheid (aflevermoment), ruimtebeslag, voorkoming van ziekten en de totstandkoming van uitwendige kwaliteit. Daarnaast geldt dat een dergelijk systeem het mogelijk maakt om bij te sturen of opnieuw te plannen als de omstandigheden veranderen. Dit vormt een aanvulling op de ervaringskennis die binnen de sector aanwezig is, kan telers helpen om flexibel in te spelen op veranderingen in bedrijfsuitrusting, marktomstandigheden of energieprijzen, en om nieuwe teelttechnieken en energiebesparingsopties in te passen in hun bedrijfsvoering.

Samenvatting

Het gaat in dit project om te onderzoeken wat er voor nodig is om in de potplantenteelt het planmatig telen te kunnen combineren met energiebesparing, om zo de energie-efficiëntie van het teeltproces te kunnen verhogen. Op grond van eerdere ervaring en vanwege de complexe wisselwerking van de klimaatregeling met weer, kasklimaat en de gewasfysiologie werd vooraf verondersteld dat hiervoor een model-ondersteund adviessysteem voor nodig is. Wil de ontwikkeling van een dergelijk systeem kans van slagen hebben dan zal het goed moeten aansluiten bij de informatiebehoefte van de telers. Het in dit rapport beschreven project had daarom een driedelig doel:

1. Het in kaart brengen van de innovatiebehoeften in de potplantensector op het gebied van energie-efficiëntie in combinatie met planmatig/geconditioneerd telen en modelmatige beslissingsondersteuning.
2. Het opstellen van een ontwerpschets van een model-ondersteund planningssysteem dat telers kan assisteren bij het opstellen en realiseren van energie-efficiënte teeltplannen.
3. De vorming van initiatiefgroepen van telers en onderzoekers om in vervolprojecten in de geconstateerde innovatiebehoeften te voorzien.

De uitvoering van het project was opgedeeld in verschillende onderdelen:

- er is een overzicht opgesteld van de **potplanten top-20** wat betreft omzet, type teelt, energiebehoefte en innovatiekansen.
- Er zijn **3 pilotgewassen** geselecteerd: Poinsettia, Hortensia, Ficus. Aan de hand van deze drie gewassen kunnen voor de belangrijkste gewaskundige aspecten in de potplantenteelt modellen worden ontwikkeld: condensatierisico in relatie tot Botrytis en bloei-inductie in relatie tot het sturen op een geplande afleverdatum bij Poinsettia, eindkwaliteit en teeltsnelheid bij Ficus, efficiënt sturen van de teelt tijdens de trek (bloei-realiseratie) in relatie tot eindkwaliteit bij Hortensia.
- Met elk van de gewassen is bij 3 telers een diepte-interview gedaan om hun visie en **innovatiebehoefte** in kaart te brengen. Ook zijn 6 personen uit de toeleverende industrie, advies en afzet geïnterviewd.
- De interviews zijn geanalyseerd en de conclusies van het projectteam zijn besproken met de praktijk. Door telers van elk van de drie gewassen werd de beslissingsondersteuning gebaseerd op modellen beschouwd als een kansrijk middel om de energie-efficiëntie van het teeltproces te verbeteren en tegelijkertijd de beheersing van het teeltproces de te vergroten.
- Op basis van de vastgestelde innovatiebehoefte is een **ontwerp** van een energiezuinig planningssysteem opgesteld
- Voor het gewas Ficus is een eenvoudig **demonstratiemodel** gebouwd.
- Er is overlegd met vertegenwoordigers van de drie gewasgroepen over de vorming van **initiatiefgroepen**. Bij elk van de gewassen is het principebesluit genomen om met een groep bedrijven deel te gaan nemen in een vervoltraject en zijn er initiatiefnemers benoemd om de ontwikkelingen in gang te zetten. Bij Ficus en Poinsettia is de samenstelling van de telersgroepen nog niet bekend, bij Hortensia is al een groep telers gevormd en aan de slag gegaan.
- Er is **een werkplan** voor de praktijkgroepen dat kort samengevat neerkomt op het volgende: vorming van bedrijfsvergelijkingsgroepen via Letsgrow.com; stapsgewijs opbouwen van advisering op basis van gewas-, klimaat- en energiemodellen. Zodra dit werkt de planningssystemen bouwen en testen.

Op grond van de resultaten van het project kan worden geconcludeerd dat er in de potplantensector niet alleen duidelijk behoefte bestaat aan het koppelen van energie aan teeltplanning en teeltmonitoring, maar dat er ook grote kansen liggen om met deze benadering de energie-efficiëntie van het teeltproces te verbeteren. Hierbij zijn niet alleen de gewasgroeiprocessen van belang, maar ook de ontwikkelingsnelheid (aflevermoment), ruimtebeslag, voorkoming van ziekten en de totstandkoming van uitwendige kwaliteit. Daarnaast geldt dat een dergelijk systeem het mogelijk maakt om bij te sturen of opnieuw te plannen als de omstandigheden veranderen. Dit vormt een aanvulling op de ervaringskennis die binnen de sector aanwezig is, kan telers helpen om flexibel in te spelen op veranderingen in bedrijfsuitrusting, marktomstandigheden of energieprijzen, en om nieuwe teelttechnieken en energiebesparingsopties in te passen in hun bedrijfsvoering.

1 Technisch ontwerpen, van idee tot product

1.1 Een ontwerpproject

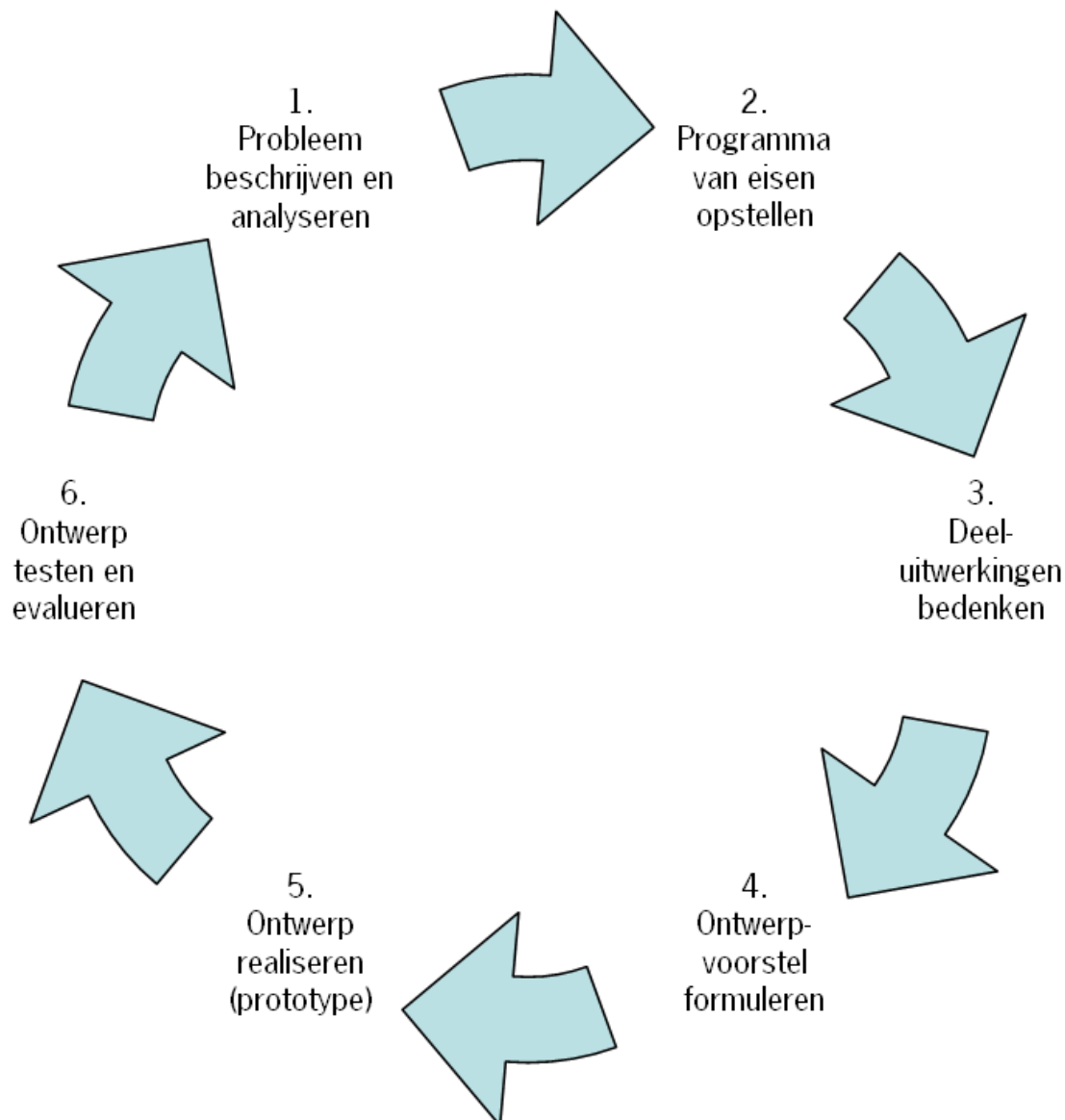
Het onderwerp van deze nota kan worden opgevat als een project op het gebied van technisch ontwerpen. Er is behoefte aan meer energie-efficiëntie in de tuinbouw, er is een idee over een mogelijke oplossing. Hoe kom je van een *idee over* een oplossing tot een *werkende* oplossing, die inderdaad voorziet in de gesignaleerde behoefte?

Technisch ontwerpen is een methode om dit proces te organiseren.

Aan het proces van technisch ontwerpen kunnen enkele voor de hand liggende eisen worden gesteld: het ontwerp moet technisch deugdelijk zijn, dus goed uitgekiend en kritisch getest. Ook moet het resultaat van het ontwerpproces datgene kunnen doen waarvoor het bedoeld is, en moeten die bedoelingen (ontwerpspecificaties) goed aansluiten bij de behoeften van de doelgroep. Een belangrijk deel van de inspanning die in het hier beschreven project is geleverd is gaan zitten in het precies in kaart brengen van de behoeften van de doelgroep en het van gedachten wisselen met vertegenwoordigers van die doelgroep over de ontwerpspecificaties. Door het ontwerpen te benaderen als een interactief proces tussen wetenschappers/technici en de doelgroep (in dit geval de telers), wordt gewaarborgd dat het te ontwikkelen product uiteindelijk zijn nut zal bewijzen doordat het in de dagelijkse praktijk in een behoefte voorziet en ook daadwerkelijk wordt toegepast. Toepassen van de ontwerpcyclus als methode voorkomt dat een systeem als het eenmaal ontwikkeld is statisch wordt, en zelfs verdere innovatie in de weg kan gaan staan. Door de toepassing van het ontworpen systeem kritisch te evalueren komen verbeterpunten aan het licht en ontstaan impulsen voor verdere ontwikkeling. Ook waarborgt de methode dat nieuwe inzichten, technische ontwikkelingen of veranderingen in economische omstandigheden en maatschappelijke randvoorwaarden op een gestructureerde manier kunnen worden meegenomen en efficiënt worden vertaald in verbeteringen van het ontwerp. Het beoogde systeem moet om die reden ook al van meet af aan zo worden ontworpen dat het transparant is en aanpasbaar blijft.

1.2 De ontwerpcyclus

In het ontwerpproces worden over het algemeen verschillende fasen onderscheiden. Vaak wordt het proces weergegeven als een cyclus (Figuur 1.1). Als de cyclus één keer doorlopen is dan heeft het ontwerpproces geleid tot een resultaat dat is getest. De evaluatie van het testen levert vaak weer nieuwe vragen op: hoe lossen we de problemen op die in de test aan het licht zijn gekomen? Ook is van belang om goed te kijken of het gerealiseerde ontwerp inderdaad voldoet aan het oorspronkelijke programma van eisen. Het oplossen van dit soort vragen kan als een volgende ronde van de ontwerpcyclus worden georganiseerd. Als een testversie (prototype) blijkt te voldoen ontstaat de vraag naar een productieversie. Kan het ontwerp worden vereenvoudigd, of verfijnd? Kan de efficiëntie van het productieproces worden verbeterd, de kwaliteit worden geborgd? Dit leidt dan tot een nieuwe ronde van de ontwerpcyclus. Intussen kunnen nieuwe ontwikkelingen, technieken of inzichten leiden tot veranderingen in de eisen die aan het ontwerp worden gesteld (stap 2) of leiden tot nieuwe deeloplossingen (stap 3), waarmee het proces een impuls krijgt om een nieuwe ronde in te gaan.



Figuur 1.1. Het proces van technisch ontwerpen kan worden beschreven als een cyclus met zes stappen.

1.3 Het ontwerpprobleem

Het ontwerpprobleem dat in dit project aan de orde was kan als volgt worden geformuleerd: in de potplantensector wordt in toenemende mate planmatig en vraaggestuurd gewerkt. Er is een verband tussen teeltplanning en energie-efficiëntie van het teeltproces. Er wordt algemeen verwacht dat de energieprijzen de komende tijd blijven stijgen. Het is een complex ontwerpprobleem, er zijn veel deel onderwerpen, er is behoefte aan diverse en uiteenlopende zaken, dus het systeem moet alle kanten op kunnen. Kunnen we een teeltplanningssysteem ontwikkelen waarin alle aspecten van energie-efficiëntie volledig zijn geïntegreerd, zodat potplantentelers teeltdoelstellingen zoals productkwaliteit en tijdigheid kunnen afwegen tegen energiebehoefte en bedrijfseconomische factoren als arbeid en ruimtebenutting?

In dit concrete geval is geconcludeerd dat het systeem een heldere, modulaire structuur moet krijgen om steeds eenvoudig aanpasbaar te blijven. Door het systeem niet alleen geschikt te maken voor planning maar ook voor het monitoren van de realisatie van teeltplannen ontstaat transparantie. Door gewas- en klimaatregistraties te vergelijken met rekenresultaten kunnen gebruikers zelf controleren of de berekeningen kloppen. Een modulaire structuur zorgt

ervoor dat bij voortschrijdend inzicht het geheel steeds up-to-date gehouden kan worden. Bouwstenen moeten vervangen kunnen worden en toevoeging van nieuwe technieken en methoden moet mogelijk zijn. Denk bijvoorbeeld aan LED-belichting, verneveling in relatie tot het gedrag van de huidmondjes en benutting van CO₂ en luchtcirculatie in relatie tot botrytis-problemen. Uiteindelijk gaat het erom de deelonderwerpen in hun samenhang te begrijpen en zichtbaar te maken hoe ze op elkaar inwerken en het teeltresultaat beïnvloeden.

1.4 Leeswijzer

Bij elk van de volgende hoofdstukken in dit rapport zal worden aangegeven met welke fase van de ontwerpcyclus dat onderwerp correspondeert.

Fase 1. Probleem beschrijven en analyseren:

In hoofdstuk 2 wordt een algemene analyse gegeven van energie-efficiëntie en teeltplanning in de potplantensector. Verder wordt er ingegaan op complexiteit en dynamiek van systemen, hoe modellen kunnen worden gebruikt om de informatiestromen in systemen in samenhang zichtbaar en hanteerbaar te maken, en hoe deze benadering perspectief biedt op het ontwikkelen van een beslissingsondersteunend systeem voor energiezuinige teeltplanning.

In hoofdstuk 3 wordt op basis van relevante criteria een drietal gewassen geselecteerd voor de tweede fase.

Fase 2. Programma van eisen opstellen

Hoofdstuk 4 beschrijft interviews met telers, teeltadviseurs en vertegenwoordigers van de toeleverende industrie en afzet. Analyse van de resultaten geeft inzicht in de verdeling van meningen en belangen m.b.t. energiezuinig telen en dynamische beslissingsondersteuning.

Op basis van de in kaart gebrachte innovatiebehoeften van telers is in hoofdstuk 5 opgesomd aan welke eisen en voorwaarden een energiezuinig plannings- en monitoringssysteem zou moeten voldoen.

Fase 3. Deeluitwerkingen en modules.

In hoofdstuk 6 worden verschillende modules van het planningssysteem toegelicht. Ook de informatie-uitwisseling tussen de verschillende modules wordt belicht.

Fase 4. Ontwerpvoorstel formuleren.

Hoofdstuk 7 omschrijft de integratie van de verschillende modules tot een planningssysteem dat aan de innovatiewensen van de telers voldoet.

Fase 5. Ontwerp realiseren.

Hoofdstuk 8 beschrijft een voorstudie voor een planningssysteem, uitgewerkt voor het gewas Ficus.

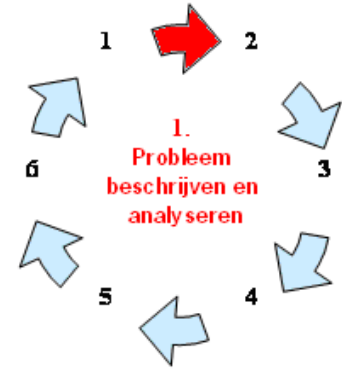
Hoofdstuk 9 beschrijft het realisatietraject. Hierbij wordt een structuur voorgesteld voor samenwerking tussen telers en onderzoekers, om zo gezamenlijk verschillende modules voor het planningssysteem te ontwikkelen en te valideren. Aansluitend wordt de modules geïntegreerd tot een systeem.

Fase 6. Testen en evalueren.

Hoofdstuk 10 beschrijft hoe dezelfde samenwerkingsstructuur van telers en onderzoekers kan worden benut om het ontwikkelde systeem te testen.

2 Doelmatig gebruik van energie

De stijgende energieprijzen vormen een steeds grotere kostenpost voor de glastuinbouw. Ook in de potplantensector zal doelmatiger met energie moeten worden omgegaan om op langere termijn de bedrijfsvoering rendabel te kunnen houden. Nieuwe mogelijkheden moeten worden gevonden en er zal steeds scherper moeten worden gekeken naar doelmatigheid van het energieverbruik en beperking van de CO₂-uitstoot. In de potplantensector houdt doelmatigheid meer in dan alleen het efficiënt laten verlopen van het groeiproces, omdat aflevermoment, productkwaliteit en leveringszekerheid hier zwaar meetellen. Al deze aspecten zullen op een goede manier op elkaar afgestemd moeten worden en moeten worden afgewogen tegen energiekosten en overige kosten zoals ruimtebeslag en arbeid.



2.1 Teeltplanning en energie

In de potplantensector wordt een grote diversiteit aan gewassen geteeld. Er zijn twee hoofdtypen bedrijven te onderscheiden: 1. gespecialiseerde bedrijven die één soort potplant telen (jaarrond); 2. Bedrijven die meerdere soorten potplanten telen. Op beide typen bedrijven zijn binnen één kasafdeling doorgaans verschillende gewasstadia naast elkaar te vinden.

Door het variëren van plantafstand en tijdsduur per teeltfase heeft de teler invloed op de productkwaliteit (sierwaarde) en het aflevermoment (Benninga *et al.*, 2005; Buwalda 2003; Dijkshoorn-Dekker, 2002). De tijdsduur per teeltfase is afhankelijk van de fysiologische ontwikkelingssnelheid van het gewas. Deze ontwikkelingssnelheid wordt voor een belangrijk deel bepaald door de kastemperatuur (bijv. Johnson & Thornley, 1985; Bonhomme, 2000). Het realiseren van een gewenst niveau van de kastemperatuur is gedurende een belangrijk deel van het jaar afhankelijk van (stook)energie, maar de zomermaanden vormen hierop een uitzondering. Verder hebben bedrijfskenmerken (bijv. energieschermen, warmtebuffer) en instellingen van de klimaatregeling een grote invloed op de relatie tussen kastemperatuur en energieverbruik. De energiebehoefte per plant is dus afhankelijk van het seizoen, de bedrijfsuitrusting en de klimaatregeling en wordt tijdens het teeltproces bepaald door het wijderzetschema en de tijdsduur per teeltfase, samen uit te drukken als het ruimtebeslag (week.m² per plant).

Omdat ontwikkelingssnelheid en plantafstand ook een grote invloed hebben op de economische waarde van het product (aflevermoment, uitwendige kwaliteit), is er dus een relatie tussen energieverbruik en economisch rendement van het teeltproces. Deze relatie is echter complex van aard en niet zonder meer in een recept te beschrijven.

Telers passen planningsmethoden toe om het productieproces te optimaliseren (Leutscher, 1995). Vanwege de complexiteit wordt daarbij ook gekeken naar de mogelijkheid om gewasmodellen toe te passen (Leutscher, 1995; Fischer *et al.*, 1997a, b; Dijkshoorn-Dekker, 2002). In de praktijk wordt echter bij de teeltplanning nog niet op grote schaal gebruik gemaakt van gewasmodellen. Van een modelmatige benadering van energie-efficiëntie in plannings-systemen is tot nu toe geen sprake. Wat het meest geschikte teeltplan is, valt niet zomaar te zeggen. Bedrijven hebben hun eigen strategie. Kosten en baten liggen niet vast maar worden beïnvloed door o.a. de bedrijfsuitrusting, productprijzen, het weer en de energiemarkt. De telers plannen hun teelten, al dan niet in samenspraak met een voorlichter, op basis van bestaande kennis uit voorgaande jaren. Soms doet men dit met behulp van bestaande planningspakketten (Deroose 1998). Het blijkt dat het opstellen van een goed teeltplan niet eenvoudig is en dat heeft voor een groot deel te maken met de onvoorspelbaarheid van groei, ontwikkeling en de totstandkoming van gewaskwaliteit en de mogelijkheden om daarop in te grijpen. De mogelijkheden om het teeltverloop van afzonderlijke partijen te sturen worden vaak beperkt door de aanwezigheid van andere partijen in de zelfde kasafdeling.

2.2 Systemen, dynamiek en modellen

Eigenschappen van systemen: een voorbeeld

We weten bij een systeem vaak behoorlijk veel van de afzonderlijke onderdelen en processen en effecten van omgevingsfactoren daarop. Wat het optimaliseren van systemen ingewikkeld maakt is dat processen elkaar onderling kunnen beïnvloeden, en dat een systeem als geheel eigenschappen kan hebben die niet bij de afzonderlijke onderdelen terug te vinden zijn. Om een voorbeeld te geven: we hebben een touwtje, een gewicht en een ophangpunt. Als we het gewicht aan het touwtje hangen en dat bevestigen aan het ophangpunt, dan hebben we een systeem gemaakt dat bestaat uit drie onderdelen. Als we het gewicht een duwtje geven, kan het heen en weer slingeren aan het touwtje. Dit is een dynamische eigenschap van het complete systeem. De afzonderlijke onderdelen kunnen niet slingeren. Uit dit simpele voorbeeld valt nog iets te leren: het is lastig om het gedrag van systemen vast te leggen in recepten. Wat is bijvoorbeeld het effect van een duwtje tegen het gewicht? Dat hangt er van af: als het gewicht al slingert en het net naar je toe komt, werkt een duwtje remmend. Als het net van je af beweegt versterkt een duwtje de slingerbeweging juist. Als we dus het gedrag van het systeem willen optimaliseren door precies de juiste duwtjes te geven, hebben we weinig aan een recept. Een rekenmodel kan dan helpen om zichtbaar te maken hoe een stukje algemene kennis (principe van de slingerbeweging) uitpakt in een concrete situatie (verloop in de tijd van fase en positie van de slinger).

Dit zelfde type complexe vragen heeft een teler ook op te lossen als hij op een vooraf geplande dag een bepaalde partij planten met gegeven kwaliteitsspecificaties klaar wil hebben om af te leveren. Bij welke combinatie van startdag, temperatuurstrategie en wijderzetschema lukt dat tegen minimale stookkosten?

Het beschrijven van eigenschappen van systemen in de vorm van rekenmodellen is een gespecialiseerde methode om kennis te organiseren. In een model worden rekenkundige formules van alle relevante onderdelen en processen van een systeem geïntegreerd. Dit maakt het mogelijk om op een systematische manier met de interacties tussen processen en dynamische eigenschappen van het systeem rekening te kunnen houden.

Van de belangrijkste gewasprocessen zoals fotosynthese, groei en ontwikkeling (bijv. Adams, 2006, Boote & Scholberg, 2006) zijn algemene modellen beschikbaar. Voor de relatie tussen weer, kastemperatuur en energieverbruik bestaan zelfs al geavanceerde modellen zoals het model KASPRO (Swinkels, 2006). Van deze modellen kunnen we gebruikmaken bij het ontwerpen van planningssystemen die telers helpen om op energie-efficiënte wijze de productie, timing en kwaliteit van hun gewassen af te stemmen op vragen vanuit de keten..

Hierbij is het belangrijk om voldoende aspecten van de bedrijfsvoering in aanmerking te nemen. Om een voorbeeld te geven: Benninga *et al.* (2005) hebben voor verschillende gewassen gekeken naar de economische perspectieven van verlaagde teelttemperaturen. Bij Hortensia bleek een lagere temperatuur de teeltduur het energieverbruik te verminderen maar tegelijk ook de teeltduur te verlengen. Het effect op de energiebehoefte per plant was daardoor minder groot dan dat per m² per tijdseenheid. Bij de verlaagde temperatuur bleken de planten steviger te worden (= betere kwaliteit). Hierdoor zou in principe het arbeidsintensieve stekken van de planten achterwege kunnen blijven. Een rentabiliteitsverbetering bleek alleen op te treden wanneer deze besparing op arbeidskosten mede in aanmerking werd genomen. Ook bij verschillende andere potplantengewassen is een verband gevonden tussen (uitwendige) kwaliteit en teeltomstandigheden (o.a. Dijkshoorn-Dekker, 2002; Buwalda *et al.*, 2004; Carvalho *et al.*, 2006). Voor zover uitwendige kwaliteit tot uitdrukking komt in de prijs (bijv. Benninga, 1997) heeft het kasklimaat dus effect op de inkomsten en zal het bij het optimaliseren van de energie-efficiëntie van de bedrijfsvoering met deze aspecten rekening moeten worden gehouden.

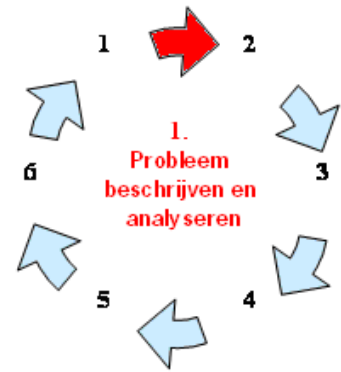
2.3 Energiedoelstellingen

Uiteindelijk is het streven om dynamische modellen en optimalisatietechnieken te gaan gebruiken om voor verschillende potplantenteelten onder uiteenlopende condities de meest energiezuinige manier vinden waarop kwekers hun teeltdoelen kunnen realiseren. Een dergelijk instrument kan de telers helpen om op efficiënte wijze de aanpassingen te ontwikkelen die nodig zijn om bij verder stijgende energieprijzen hun bedrijfsvoering economisch rendabel te houden, en in te spelen op actuele technologische ontwikkelingen zoals (semi-)gesloten kassen en toepassing van geavanceerde kasdekmaterialen. Hoewel de potentiële effecten op productie en energiebesparing van het geoptimaliseerd telen (resp. ca. 5 en 10%) en dat van innovatieve technologieën zoals de aircokas en (semi-)gesloten kassen (resp. ca. 10-20 en 15-30%), NIR-reflectie, en diffuus licht (tot 8% productieverhoging) waarschijnlijk niet klakkeloos bij elkaar opgeteld kunnen worden, is toch aannemelijk dat er nog veel winst te behalen valt. De ervaring met de gesloten kas leert dat dynamische beslissingsondersteuning een belangrijke rol kan spelen bij het omzetten van dit potentieel in feitelijke energiebesparing en productiewinst. Daarnaast speelt nog de overweging dat behalve productie ook uitwendige kwaliteit en aflevertijdstip een belangrijke invloed hebben op het bedrijfsresultaat. Vanuit de teler bezien is het verbeteren van de energie-efficiëntie van waarde-creatie door middel van het telen van potplanten het eigenlijke doel. De optimale energie-efficiëntie van waarde-creatie valt niet noodzakelijkerwijs samen met die van gewasgroei, productkwaliteit of geproduceerde aantallen planten. Modellen kunnen niet alleen ook behulpzaam zijn bij het sturen van de teelt om een beoogde einddatum en productkwaliteit te realiseren, maar ook om de diverse aspecten van energie-efficiëntie tegen elkaar af te wegen.

Dit project draagt bij aan dat doel door coalities van belanghebbenden te smeden die actieplannen gaan trekken voor de verwezenlijking van energiezuinige planningssystemen voor potplanten, gebaseerd op dynamische modellen. Drijvende krachten voor energiebesparing zijn in principe kostenbesparing, vergroting van de bedrijfszekerheid bij verdere stijging van de energieprijzen op termijn, en (voor de sector als geheel) het voldoen aan convenanten op het gebied van energie-efficiëntie en CO₂-uitstoot.

3 Inventarisatie

Dit project heeft als belangrijkste doel het creëren van draagvlak in de potplantensector rond het thema energiezuinige teeltplanning. Hiervoor is allereerst inzicht nodig in het potentieel van energiezuinige teeltplanning: voor welke teelten heeft het waarde en waarom? De potplantensector is erg divers. In het project is basale informatie verzameld over handelsvolumes, teeltwijze en energiegebruik van de potplantengewassen die tot de top 20 van Nederland behoren (zie Bijlage I).



3.1 Keuzecriteria

Niet alle aspecten zijn voor alle gewassen relevant. Voor eenmalig bloeiende potplanten zoals Kalanchoë en Pothrysan is tijdigheid belangrijk, voor bijvoorbeeld groene potplanten zoals Ficus is het aflevermoment veel minder direct gekoppeld aan een stadium. Hoe selecteren we drie gewassen met voldoende perspectief om mee aan de slag te gaan, zo dat de belangrijkste aspecten van het probleem van het optimaliseren van de energie-efficiëntie van het teeltproces aan de orde komen?

Om uit de potplanten top-20 drie gewassen te selecteren gekozen om mee verder te gaan in het ontwikkeltraject zijn volgende criteria gebruikt:

Aantal Bloeiende/niet bloeiende gewassen

Er is een keuze gemaakt voor twee bloeiende en een groenblijvend gewas, omdat wanneer er een keuze voor een seizoensproduct gemaakt wordt, dit altijd een bloeiend product is.

Energiebehoefte

Voor alle gewassen uit de top-20 is de energiebehoefte bepaald op basis van de indeling in het handboek milieumaatregelen glastuinbouw (GLAMI, 2000). De energiebehoefte per gewas is gekwalificeerd als laag, gemiddeld en hoog. De gewassen die in categorie Laag staan worden buiten beschouwing gelaten, omdat daar te weinig van wordt verwacht om energie te besparen.

Jaarrond of seizoen potplanten

Er is gekozen voor minimaal 2 jaarrondproducten, omdat dit 'simpeler' is qua planning, omdat er bij seizoensproducten ook nog alle verschillende voor- en nateelten in beeld gebracht moeten worden. Een actiematige afzet is weer een pré om wel een seizoensproduct mee te nemen, omdat het realiseren van een geplande afleverdatum een belangrijk aspect is van teeltplanning.

Omzet

De te kiezen gewassen moeten qua omzet in de top 20 staan.

Sturingsmogelijkheden binnen de teelt

Binnen de teelt moeten er wel mogelijkheden zijn om de teeltsturing aan te passen aan de uitkomsten van het onderzoek (zie Bijlage I).

Teeltduur

Er is gekozen voor relatief korte teelten omdat die qua teeltplanning interessanter zijn dan gewassen met een lange teeltduur.

Teeltsysteem

Het 'standaard' teeltsysteem is van belang omdat een mobiele teelt of vaste teelt van invloed op de sturingsmogelijkheden binnen een teelt.

Is er een actieve groep kwekers beschikbaar (LTO gewasgroep o.i.d.)

Voor het doel van dit project, n.l. het vinden van draagvlak voor het ontwikkelen van energiezuinige teeltplanning, is de kans dat een actieve trekkersgroep kan worden geworven een relevante factor.

Zijn er proef-/meetgegevens of gewasmodellen beschikbaar

Van praktisch belang is de vraag hoeveel tijd en inspanning het gaat kosten om voor het planningssysteem een gewasmodel beschikbaar te hebben.

3.2 Conclusie gewaskeuze

Op basis van de criteria opgesomd in paragraaf 3.1 zijn de volgende gewassen gekozen:

Ficus is gekozen omdat het een jaarrond groene plant is met een gemiddelde energiebehoefte en een korte of middellange teeltduur. Er zijn redelijk veel onderzoeksresultaten voor *Ficus* beschikbaar. Ook is er een gewasmodel en een kwaliteitsmodel gepubliceerd (Dijkshoorn-Dekker 2002). De kans dat actieve telers kunnen worden gevonden voor het ontwikkelingstraject wordt gunstig ingeschat. Alle andere groene planten in de top 20 werden op grond van bovenstaande criteria als minder geschikt beschouwd.

Hydrangea is gekozen omdat het tijdens het in bloei trekken een korte teelt is, met een gemiddelde energiebehoefte. Verder zijn er vanuit de landelijke gewascommissie vragen gesteld over de relatie teelt en energiebesparing. De kans dat een actieve groep telers kan worden gevonden voor het vervoltraject wordt daarom gunstig ingeschat. Voor dit gewas is vrij veel literatuur beschikbaar, maar er is nog geen gewasmodel.

Poinsettia is gekozen als vertegenwoordiger van het seizoensproduct. Het gewas heeft een gemiddelde energiebehoefte. Ook bij dit gewas zijn er duidelijke vragen over energiezuinig telen vanuit de landelijke gewascommissie, zodat het perspectief voor de vorming van een actieve groep gunstig lijkt. Verder leent dit gewas zich als korte dag plant goed om het thema sturing van bloei-inductie en aflevermoment uit te werken. Er is vrij veel literatuur beschikbaar voor *Poinsettia*, en zijn er al diverse gewasmodellen gepubliceerd (o.a. Fisher *et al.*, 1996; Snipen *et al.*, 1998; Saebo *et al.*, 2001).

4 Interviewronde

Door middel van een interviewronde is geïnventariseerd welke behoeften en verwachtingen er leven onder telers van de gekozen gewassen in verband met het thema 'Energiezuinige teeltplanning'. De benodigde informatie is verzameld bij telers, adviseurs en exporteurs met kennis van zaken. De resultaten zijn geanalyseerd en teruggekoppeld op bijeenkomsten van telers van de gekozen gewassen.



4.1 Interviewvragen

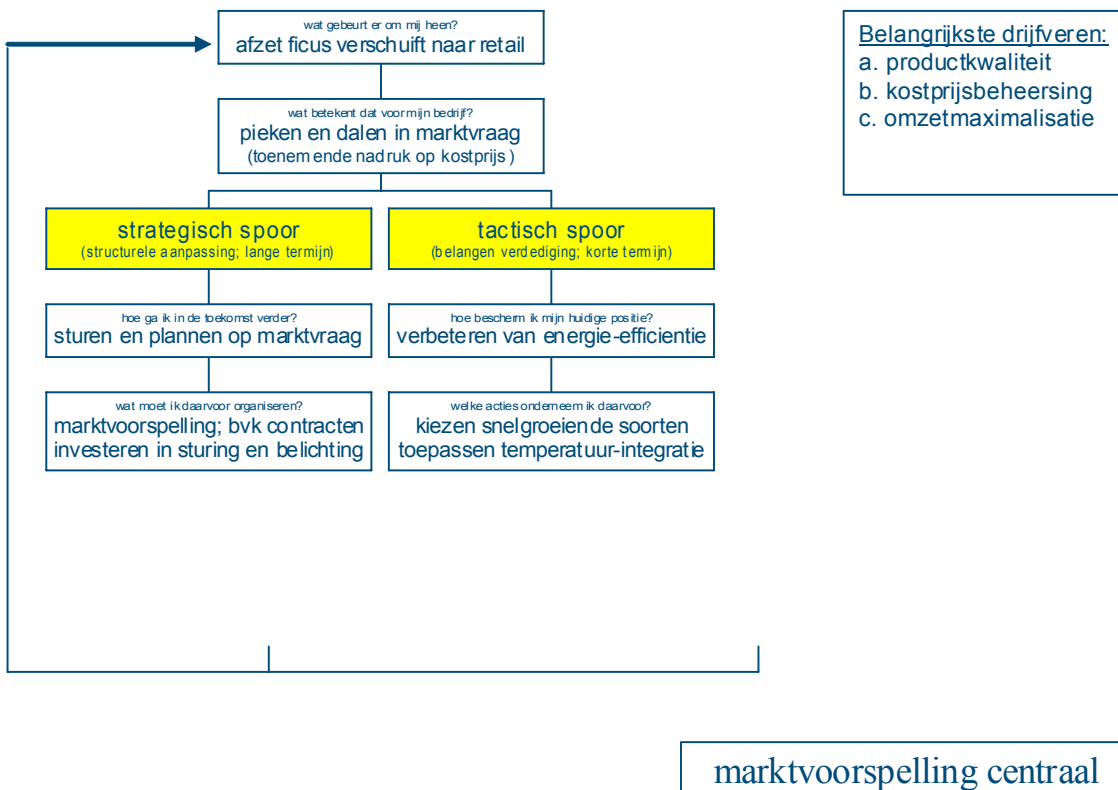
Geïnterviewd zijn drie hortensiatelers, drie poinsettiateelers, drie ficustelers en vijf teeltadviseurs en deskundigen op het gebied van afzet. Het eerste deel van de interviewvragen heeft betrekking op de achtergronden van de geïnterviewde telers:

- a. Bedrijfsoppervlakte, soorten, en afzet;
- b. Wijze van telen
- c. Wijze van plannen
- d. Energiegebruik

Het tweede deel had betrekking op de wensen van telers in relatie tot hun ondernemersdoelstelling, waarbij de vragen waren geconcentreerd rond de thema's teeltplanning en energie. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen ideeën, wensen en zorgen die betrekking hebben op de huidige situatie (tactische overwegingen) en gedachten over de langere termijn (situatie over ca. 5 jaar; strategische aspecten). De volledige vragenlijst staat in Bijlage II.

4.2 Interviewresultaten en innovatieschema's

De interviewrespons van individuele deelnemers is geanalyseerd en de resultaten zijn samengevat in innovatieschema's (Figuur 4.1). Hierin worden tactische en strategische aspecten systematisch onderscheiden. Door rangschikking van de innovatieschema's van individuele bedrijven in een schema met twee assen ontstaan zogenaamde innovatielandschappen. De twee assen worden bepaald door de belangrijkste factoren die het krachtenveld bepalen rond het gekozen thema. In de innovatielandschappen komt tot uitdrukking hoe de geïnterviewden zich onderling tot elkaar verhouden, wat vaak een goed uitgangspunt blijkt te zijn voor coalitievorming. De methodiek van het definiëren van innovatielandschappen en innovatieschema's is vaker met succes toegepast bij het vormen van draagvlak voor innovatieprocessen. Vaak is dit gebeurd als onderdeel van het formeren van een socio-technisch netwerk waarbij de analyse dient als uitgangspunt voor het ontwikkelen van gemeenschappelijke projecten (Buurma 2006). De methode is gericht op het boven tafel krijgen van korte- en lange termijn visies en de wegen waarlangs de deelnemers hiervan afgeleide doelen denken te bereiken. Het vormen van praktijknetwerken of socio-technische netwerken is een methode die tegenwoordig wereldwijd wordt toegepast bij het bevorderen van sociale verandering of het managen van complexe innovatieprocessen (Wenger, 1998; Kranendonk and Kersten, 2007).



Figuur 4.1 Innovatieschema van ficusteler.

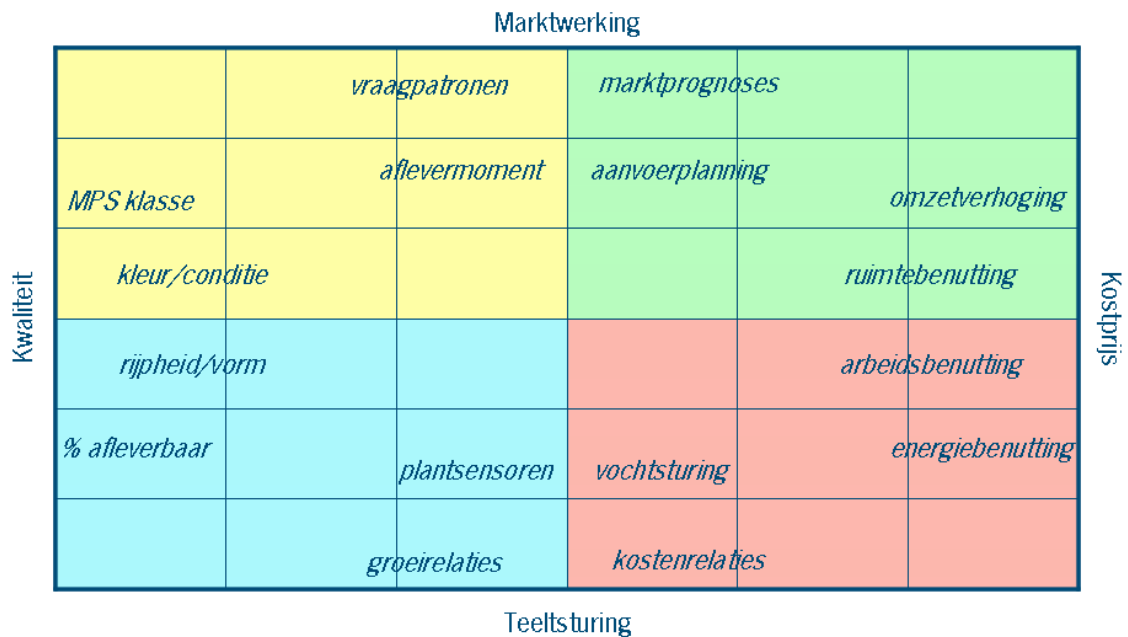
4.3 Innovatielandschap

De veertien individuele innovatieschema's zijn gerangschikt in één innovatielandschap, waarin de positie van de geïnterviewden is bepaald op basis van het krachtenveld. De assen zijn bepaald door de onderwerpen die uit de interviews als belangrijkste naar voren zijn gekomen (Figuur 4.2). Op de horizontale as is kwaliteit geplaatst tegenover kostprijs. Dit is een spanningsveld dat vrijwel alle telers wel zullen herkennen: vooral de uitwendige kwaliteit van het product is vaak gebaat bij een wat rustiger teelttempo en een wat ruimer plantverband. Hiermee nemen over het algemeen echter ook de teeltkosten toe. Afhankelijk van wat de relatie prijs – kwaliteit op de markt bepalen telers in dit opzicht hun bedrijfsstrategie. Op de andere as is marktwerking tegenover teeltsturing geplaatst. Deze indeling heeft vooral te maken met het type innovatie waarvan telers aangaven het meeste heil te verwachten. Telers die aan de kant van 'marktwerking' zijn gerangschikt zijn vooral geïnteresseerd in vraagprognose, prijsprognose, aanvoerpianing en sturing op aflevermoment. Telers die geïnteresseerd zijn in 'teeltsturing' zien het meeste perspectief in teeltmonitoring, beheersing van de teeltcondities door middel van groeimodellen en sensoren en het inschatten van de marginale kosten en baten van teeltmaatregelen. Opgemerkt wordt dat 'teeltsturing' en 'marktwerking' zijn te karakteriseren als middelen, waarmee telers een doelstelling kunnen bereiken. 'Kwaliteit' en 'kostprijs' zijn begrippen die meer direct zijn gerelateerd aan de doelstellingen van ondernemers. In Tabel 4.1 is een overzicht gegeven hoe de verschillende aspecten onderling samenhangen. Aanvullend geeft Figuur 4.2 een overzicht van verschillende aspecten die geassocieerd zijn met bepaalde posities in het krachtenveld van het innovatielandschap.

Tabel 4.1. Overzicht van de relaties tussen de vier asaanduidingen in de innovatielandschappen.

Aspect 1	Aspect 2	Relatie
Teeltsturing	Marktwerking	<ul style="list-style-type: none"> Productuiterlijk Oogsttijdstip
Marktwerking	Teeltsturing	<ul style="list-style-type: none"> Wensen plantuiterlijk Aantallen afleverbaar op gewenst tijdstip
Kwaliteit	Kostprijs	<ul style="list-style-type: none"> Gewenste kwaliteit met bijbehorend kostenplaatje
Kostprijs	Kwaliteit	<ul style="list-style-type: none"> Relatie kostprijs – kwaliteit?
Teeltsturing	Kwaliteit	<ul style="list-style-type: none"> Beïnvloeding kwaliteit
Kwaliteit	Teeltsturing	<ul style="list-style-type: none"> Gewenste kwaliteit
Kwaliteit	Marktwerking	<ul style="list-style-type: none"> Prijsvorming
Marktwerking	Kwaliteit	<ul style="list-style-type: none"> Wensen/prijs
Marktwerking	Kostprijs	<ul style="list-style-type: none"> Prijsvorming
Kostprijs	Marktwerking	<ul style="list-style-type: none"> Marge (discutabel)
Kostprijs	Teeltsturing	<ul style="list-style-type: none"> Doelstelling teler
Teeltsturing	Kostprijs	<ul style="list-style-type: none"> Gevolg van

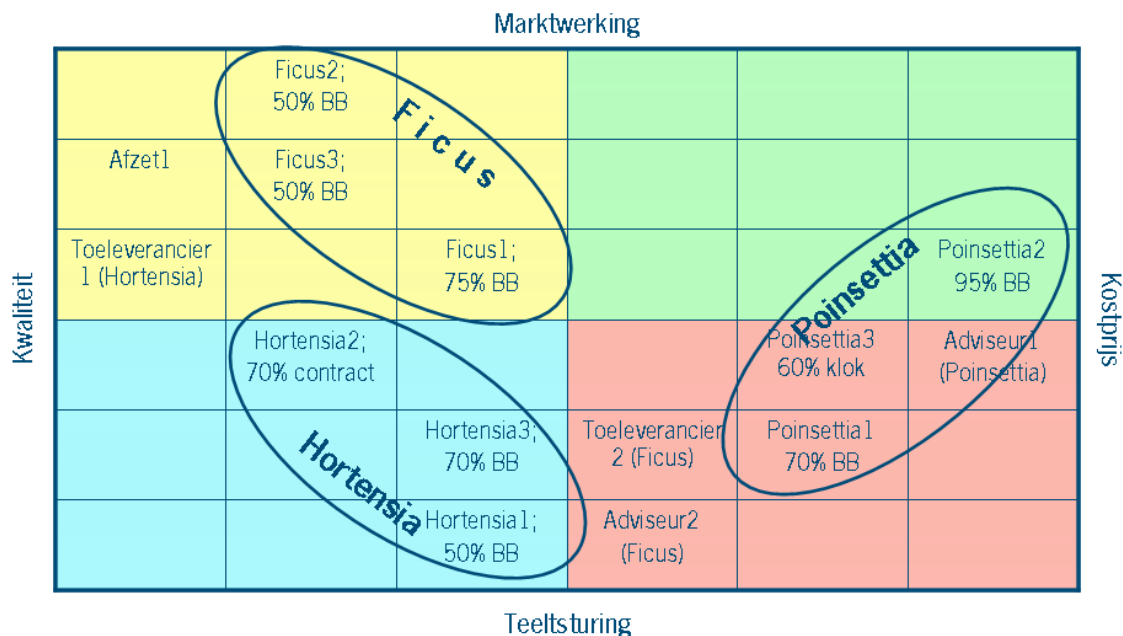
Innovatie-landschap >> associaties



Figuur 4.2. Innovatiethema's die zijn geassocieerd met verschillende posities in het krachtenveld van het innovatielandschap.

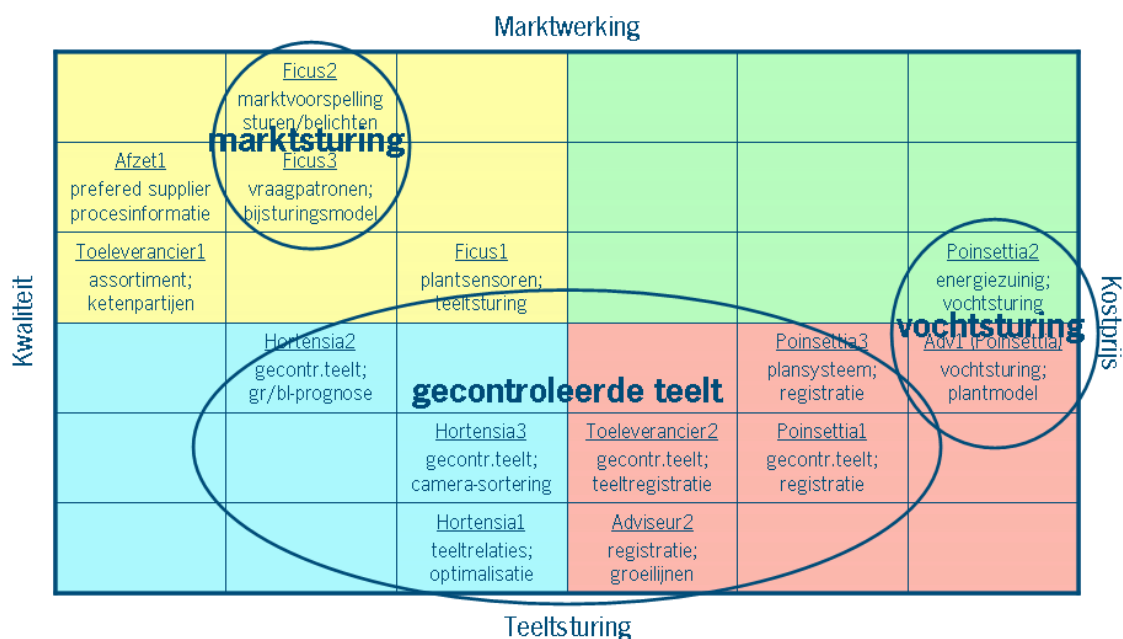
4.4 Positie van geïnterviewden in het innovatielandschap

Innovatie-landschap >> posities van telers



Figuur 4.3. Positionering van de geïnterviewden in het innovatielandschap op basis van de huidige bedrijfskarakteristieken (of meningen daarover van de geïnterviewde niet-telers). Bij elk bedrijf is aangegeven welk percentage van de aanvoer via de veiling gaat (klok), via een bemiddelingsbureau (BB) of op contract.

Innovatie-landschap >> wensbeeld van spelers



Figuur 4.4. Positionering van de geïnterviewden in het innovatielandschap op basis van innovatiewensen.

De drijfveren achter gecontroleerde teelt/ teeltsturing zijn op hun beurt:

- Productkwaliteit; vooral ingegeven door afnemers met betrekking tot uitwendige kwaliteit;
- Omzet maximalisatie;
- Energiegebruik, energiebesparing, energiekosten en energie-efficiency;
- Kostprijs.

De drijfveren achter teeltplanning (voorspellingsmodel) zijn:

- Omzetmaximalisatie;
- Kwaliteit optimalisatie;
- Kostprijs (via geproduceerde aantallen en kosten als gevolg van.....);
- Ruimtebenutting;
- Rendement;
- Energie efficiency;
- Afzet (resultaat van teeltplanning/realisatie is het aantal afleverbare planten per week)

Veel van deze drijfveren kunnen beschouwd worden als primaire of secundaire ondernemersdoelstellingen, waarbij omzet en kostprijs het rendement bepalen. De kostprijs wordt voor een belangrijk deel bepaald door de ruimtebenutting. Een belangrijk aspect van de omzet is de kwaliteit en dat heeft een directe relatie met de prijs. Bij kwaliteit denken telers vooral aan uitwendige kwaliteit. Homogeniteit binnen een partij hoort hier ook bij, wat op zijn beurt weer teruggrijpt op de teeltduur/ efficiency van het oogsten. Energie-efficiency brengen telers in verband met de energiekosten/kostprijs, sector imago, energie efficiëntere rassen en kwaliteit/ gecontroleerde teelt en teeltsturing/gecontroleerde teelt met kwaliteit.

Energiebesparing als ondernemersdoelstelling in relatie tot andere ondernemersdoelstellingen en milieuscores is in 2003 voor de gehele glastuinbouw al eens onderwerp van onderzoek geweest (Verstegen *et al.*, 2003). In dit onderzoek zijn bedrijven in zogenaamde clusterprofielen geplaatst. Een duidelijke conclusie voor alle bedrijven was dat de energiedoelstelling geen prioriteit had. Daarbij moet worden aangetekend dat het ondernemersgedrag op het punt van energie, sinds 2003 sterk is veranderd. De duidelijk stijgende trend in energieprijzen confronteert de bedrijven nu al met duidelijk hogere kosten. De meeste telers zijn goed doordrongen van het feit dat bij verdere stijging van de energieprijzen een verhoging van het energierendement van de bedrijfsvoering een voorwaarde is om economisch rendabel te kunnen blijven.

Bovenstaande maakt duidelijk dat veel van de drijfveren van potplantentelers voor verschillende aspecten aan elkaar gerelateerd zijn. Dat geldt ook voor ondernemersdoelstellingen. Daarmee wordt duidelijk dat het bedrijfsproces op potplantenbedrijven complex van aard is. Er is duidelijk draagvlak voor een beslissingsondersteunend systeem, waarmee de samenhang tussen processen en keuzes met betrekking tot teeltsturing en teeltplanning en de gevolgen daarvan voor de totale bedrijfsvoering inzichtelijk kan worden gemaakt.

4.6 Terugkoppelen van resultaten

Tijdens verschillende bijeenkomsten met telers is de interpretatie van de onderzoekers voorgelegd aan doelgroep. Hieronder worden de belangrijkste reacties samengevat:

Hortensia/Hydrangea

Hortensiatelers staan duidelijk positief tegenover dit onderzoek en de voorstellen t.a.v. het ontwikkelen van modellen, gekoppeld aan bedrijfsvergelijking, zo is gebleken op de landelijke Hortensiadag op 19 september 2007, waar de resultaten van dit onderzoek zijn gepresenteerd. Wel werd benadrukt dat er een grote diversiteit is in Hortensia-bedrijven, en dat vrijwel alle genoemde aspecten voor de hortensiateelt relevant zijn. De telers spraken daarom hun sterke voorkeur uit voor een integrale benadering. Er bleek onder Hortensiatelers veel animo te bestaan voor de vorming van een telersgroep om samen met de onderzoekers de ontwikkeling van een energie-efficiënt teeltplanningssysteem vorm te gaan geven.

Ficus

Met vooraanstaande Ficustelers is afgesproken dat de terugkoppeling schriftelijk afgehandeld wordt. Wel is gesproken met teler Erik Persoon. Hij wil graag deelnemen in een van de drie telersgroepen die samen met de onderzoekers een energiezuinig planningssysteem gaan ontwikkelen.

Het vervolgtraject zal wat betreft de Ficustelers vooral via de elektronische snelweg verlopen. 'Al vanuit het project 'Kijk in de kas' hebben we daarmee goede ervaring opgedaan. Je kunt elkaar op een bepaald moment bellen en bedrijfsgegevens met elkaar vergelijken, ondersteund door modellen.'

Zelf gebruikt Persoon verschillende modellen op zijn bedrijf, onder andere voor de teeltplanning. 'Je kunt als ondernemer niet uit de voeten met één model, waar je informatie instopt en een teeltrecept uithaalt. Alles om je heen is voortdurend in beweging. Je bent continu bezig met het optimaliseren van al je processen.' Het idee van een modulair opgebouwd planningssysteem spreekt hem daarom sterk aan.

Poinsettia

Naar aanleiding van een presentatie over de resultaten van de interviewronde van dit project op een studiedag van de landelijke Poinsettia commissie zijn de volgende zaken duidelijk geworden:

- Energie benutting is een belangrijk aandachtspunt;
- Voldoen aan minimum kwaliteitseisen is een must;
- Verschil in eisen Engelse markt en Duitse markt;
- Via teeltconditionering in kwaliteitseisen voorzien;
- Kostprijnsbewaking; kosten van kwaliteit bewaken;
- Toeleveranciers doen al veel op modelengebied;
- Conclusie: Model op snijvlak van energiekosten, teeltconditionering en kwaliteitseisen heeft meerwaarde;
- Boodschap: Wielen van toeleveranciers niet opnieuw uitvinden!
- De aanwezige telers konden zich goed herkennen in het gepresenteerde innovatielandschap.

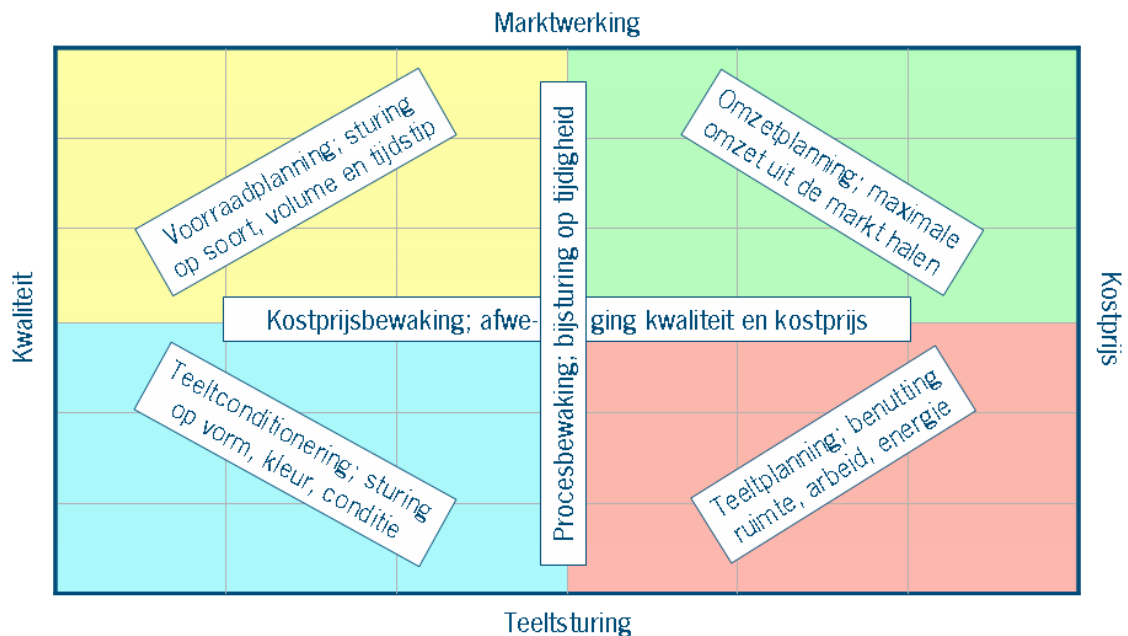
Conclusies analyse

De ideeën die bij aanvang van dit project bestonden (zie hoofdstuk 2) worden bevestigd door de doelgroep. Er bestaat in de praktijk voldoende draagvlak voor het ontwikkelen van innovaties op het terrein van energie-efficiëntie en teeltplanning/teeltsturing. Telers zijn bereid om initiatieven in die richting te steunen en ook zelf in die ontwikkeling te participeren.

5 Van behoeften naar een systeem



Reflectie >> modellen en hun functies



Figuur 5.1. *verschillende functies van modules in beslissingsondersteunende systemen en hun positie in het innovatielandschap.*

Gezien de wensen die telers in de interviews hebben geuit, is duidelijk geworden dat er behoefte bestaat aan modelvorming voor verschillende aspecten. Qua specifieke wensen zijn er wel grote verschillen. De ene groep telers heeft behoefte aan modellering op het gebied van teeltsturing, een andere groep heeft vooral behoefte aan teeltplanning en een derde groep ziet meer in een alles omvattend systeem. Vanwege de verschillen in bedrijfsdoelstellingen gerelateerd aan de geteelde gewassen en daaruit voortvloeiende behoeften aan verschillende aspecten van modellering, is vastgesteld dat een systeem voor energiezuinige planning en sturing generiek van aard dient te zijn. Daarmee wordt bedoeld, dat het systeem toepasbaar dient te zijn voor meerdere soorten potplanten en bijbehorende teeltsysteem. In de opbouw en organisatie van het systeem moet er rekening mee worden gehouden dat verschillende onderdelen sterk verweven zijn. Het meest voor de hand ligt dan een modulaire organisatiestructuur met goed gedefinieerde uitwisseling van gegevens tussen de modules. Daar waar gewasspecifieke modules nodig zijn, moeten ze eenvoudig uitwisselbaar zijn om het algemeen toepasbare karakter van het systeem te waarborgen.

5.1 Programma van eisen

Uit de analyse en terugkoppeling van de interviews is duidelijk geworden welke aspecten telers belangrijk vinden om in het te ontwikkelen systeem te worden opgenomen. Daarnaast worden de volgende eisen aan het model gesteld:

Geïntegreerd, generiek, modulair

- Integratie van meerdere aspecten;
- Generieke toepasbaarheid van het model voor meerdere potplantensoorten, waaronder jaarrond en seizoensproducten en in combinatie voorkomend op één bedrijf;
- Zowel geschikt voor korte termijn planning (operationeel), als middellange termijn planning (tactisch) en integratie van deze vormen van planning;

Puzzelgereedschap met voldoende flexibiliteit en keuzemogelijkheden

- Het moet een overzichtelijk en interactief beslissingsondersteunend systeem zijn;
- Mogelijkheid voor invoer bedrijfseigen gegevens naast mogelijkheid gebruik 'model databank';
- Mogelijkheid om naast optimalisatie volgens bepaalde algoritmen, handmatig te simuleren;
- Teler moeten gemakkelijk zelf alternatieve opties kunnen doorrekenen;
- Bij optimalisatieberekeningen moet de teler zelf kunnen bepalen welke factoren wel en welke niet worden geoptimaliseerd of worden bepaald door het model.
- Bij een eventuele automatische optimalisatiefunctie, dient de teler minimaal zelf de doelstellingen, randvoorwaarden en uitgangspunten interactief te kunnen bepalen;
- Mogelijkheid voor selectief gebruik van delen van model;
- Mogelijkheid voor selectief gebruik van delen van de output; Het systeem werkt off-line, dus het heeft geen directe invloed op de klimaatcomputer;

Gebruikersvriendelijk en laagdrempelig

- Gemakkelijke beschikbaarheid en bediening van het model voor telers;
- Universeel toepasbare software;
- Beschikbaarheid van handleiding;
- Ondersteuning met advies en helpdesk;
- Gebruikersvriendelijk; gemakkelijke keuzemogelijkheden, gemakkelijke invoer van gegevens, gemakkelijk interpreteerbare output;

6 Deeloplossingen en systeemmodules

Uit de interviews blijkt dat telers vooral behoefte hebben aan een adviessysteem dat rekening kan houden de diverse teelt- en bedrijfskundige aspecten in onderlinge samenhang. Ook moet het systeem verband kunnen leggen tussen tactische en operationele planning en teeltsturing. Verder moet het systeem flexibel en generiek zijn, dus bruikbaar voor meerdere situaties en gewassen. Het systeem moet dus informatie over allerlei ongelijksoortige zaken en processen, zoals gewas, klimaat, arbeid, productiekosten en markt, verwerken en integreren. Dit is een breed eisenpakket. Over het algemeen wordt in dit soort gevallen gekozen voor een modulaire opbouw van het systeem.



Modules zijn zelfstandige onderdelen van het systeem, zoals bijvoorbeeld de radio, de motor, de remmen, het navigatiesysteem en de klimaatregeling modules zijn van het systeem 'auto' (zie ook paragraaf 2.2). Systeemmodules kunnen best ongelijksoortig zijn, zolang maar goed is georganiseerd hoe ze onderling samenwerken. Deze organisatie (integratie) van modules maakt ze samen tot een systeem.

Op de zelfde manier is ook voor het een modulaire opbouw gewenst. De uiteenlopende wensen en de complexiteit van de bedrijfsvoering vragen bij de ontwikkeling van het beoogde planningssysteem om een modulaire aanpak. Verschillende onderdelen van het bedrijf en de markt die het bedrijf bedient (gewas, teeltsysteem, kas, bedrijfsuitrusting, markt) worden weerspiegeld in modules of sub-systemen van het planningssysteem. Elk subsysteem wordt dan beschreven door een gespecialiseerde module, die op een goed gedefinieerde manier informatie uitwisselt met andere modules. Elke module zelf kan ook weer modulaair zijn opgebouwd. Alleen een op deze wijze opgebouwd systeem kan aan de wensen van veel telers voldoen en is tegelijkertijd overzichtelijk van structuur blijven.

In dit hoofdstuk komen modules voor verschillende deelfuncties van het systeem aan de orde. In hoofdstuk 7 wordt ingegaan op de integratie van de modules tot een systeem. In hoofdstuk 8 wordt een eenvoudig voorbeeld van een systeem beschreven (voorstudie prototype Ficus). Hoofdstuk 9 gaat in op de vraag hoe een dergelijk systeem interactief met telers kan worden opgebouwd en getest.

6.1 Productspecificaties en sturingsmogelijkheden

Teeltplanning: het vooraf maken van een oppot-, wijderzet/ruimte- en afleverschema voor alle partijen die een bedrijf in een bepaald tijdsbestek levert. Een partij is een groep planten van dezelfde soort met hetzelfde oppot- en aflevertijdstip. Het teeltplan omvat een oppot-/wijderzet/afleverschema met nagestreefde eindspecificaties per partij, een kostenraming (totale input van ruimte, energie, arbeid en andere attributen) en een omzetverwachting. Het verband tussen productspecificaties en omzet is een belangrijk onderdeel van het planningssysteem. Hiervoor is informatie over de verwachte markt vraag en de relatie tussen (eind) kwaliteit en prijs nodig. Afzetprognose, een waarderingsmodel en een kostenmodel (arbeid, ruimte, energie) zijn dus belangrijke modules in het te ontwerpen systeem. In Tabel 6.1 staan verschillende voorbeelden van kenmerken op grond waarvan de gewassen Ficus, Poinsettia en Hortensia worden beoordeeld. Verder staan in deze tabel de belangrijkste gewaskundige processen die betrokken zijn bij de totstandkoming van deze kenmerken.

Bij teeltplanning gaat het om de vraag wanneer een partij moet worden opgezet en hoe die partij moet worden behandeld om een gewenst eindproduct op een bepaalde datum af te kunnen leveren. Deze planning kan zijn gebaseerd op ervaring of op advies van een voorlichter of een leverancier, maar dit soort kennis geeft over het algemeen weinig inzicht in alternatieve mogelijkheden. Om aan de wens van de geïnterviewde telers te voldoen moet het planningssysteem meer het karakter van 'puzzelgereedschap' hebben, en dus juist wel inzicht geven in de gevolgen van alternatieve opties. Om dit te kunnen moet het systeem informatie bevatten over de processen of

relaties die leiden tot de totstandkoming van deze beoordelingskenmerken. In de rechterkolom van Tabel 6.1 staan verschillende relevante modellen genoemd.

Tabel 4.1. Definitie eindproduct -> Gewascriteria -> Gewasprocessen -> per gewas uitgewerkt gewasmodellen.

Gewas	Fase	Gewascriteria	Gewasprocessen	Gewasmodellen		
Ficus	Uitgangsmateriaal	kwantitatief	Aantal internodiën	Bladafsplitsing		
		kwantitatief	starthoogte	Strekking	Kwaliteitsmodel (Dijkshoorn, 2002)	
	Teeltfase	kwantitatief	eindhoogte	Bladafsplitsing + strekking = Groeisnelheid op basis van licht en temperatuur	Bladafsplitsingsmodel op basis van licht en temperatuur (Dijkshoorn, 2002)	
	Eindproduct	kwantitatief	Potmaat	Scheutvorming	Kwaliteitmodel (Dijkshoorn, 2002)	
		kwantitatief	dichtheid per plantlaag			
		kwalitatief	Geen bladval (transporttolerant) houdbaarheid			
Poinsettia	eindproduct	Kwantitatief	Potgrootte	Uitgangsmateriaal Bladafsplitsing + Strekking internodiën = groeisnelheid Reactietijd	Bladafsplitsingsmodel op basis van licht- en temperatuur (voor handen)	
			eindhoogte			Aantal keer toppen
			Aantal koppen			Tophoogte
			Kwalitatief	Beperkte internodielengte	Aantal internodien na toppen	Condensatiemodel
			Botrytis-gevoeligheid			
			Transport-tolerant (geen Botrytis, besval)			
Hortensia	Uitgangsmateriaal	Kwantitatief	Hoogte van het 'hout';	Strekking	Strekkingmodel op basis van licht- en temperatuur (nog niet voor handen)	
			Verhouding hout/gewas;			
			Aantal bladparen in de knop.			
				Aantal hoofdknoppen	Uitgroeiduur bloeiwijze	Uitgroeiduur op basis van licht- en temperatuur (nog niet voor handen)
	Eindproduct	kwantitatief	Potmaat		Strekkingmodel op basis van licht- en temperatuur (nog niet voor handen)	
			Eindhoogte			
			Aantal bloeiwijzen rijpheidstadium bij afleveren			

Teeltsturing: het beïnvloeden van gewasgroei en -ontwikkeling tijdens de teelt, om te bereiken dat partijen planten op het gewenste aflevermoment de gewenste uitwendige/inwendige kwaliteit hebben. Middelen die de telers ter beschikking staan om die teeltdoelen te bereiken zijn de klimaatregeling (licht, temperatuur, CO₂, RV) en teeltmaatregelen zoals wijderzetten en gewashandelingen zoals toediening van groeiregulatoren, snoeien, toppen (Tabel 6.2).

Tabel 4.2. *Sturingsmogelijkheden die bij teeltsturing een rol spelen en hun invloed, de middelen en de soorten planten waarop die invloed van toepassing is.*

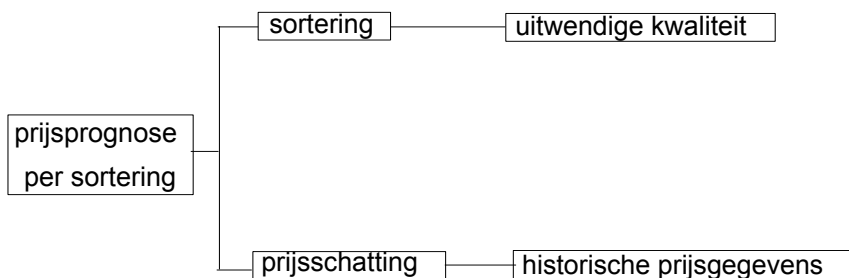
Sturing mogelijkheid	Invloed op	Middel	Soorten potplanten
Temperatuur	<ul style="list-style-type: none"> • Kwaliteit • Teeltsnelheid • Ziekten • Energiegebruik 	<ul style="list-style-type: none"> • Stoken • Luchten • Schermen • Belichten 	Alle
Licht	<ul style="list-style-type: none"> • Kwaliteit • Teeltsnelheid • Ziekten? • Energiegebruik 	<ul style="list-style-type: none"> • Belichten • Schermen • Kasdek 	Alle
RV	<ul style="list-style-type: none"> • Kwaliteit • Teeltsnelheid • Ziekten • Energiegebruik 	<ul style="list-style-type: none"> • Luchten • Minimum buis/stoken • Schermen • Teeltsysteem 	Alle
CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> • Kwaliteit • Teeltduur 	Zuiver of via rookgassen	Alle
Bemesting/EC	<ul style="list-style-type: none"> • Kwaliteit • Teeltduur 	<ul style="list-style-type: none"> • Bemestinggift • Soort bemesting • Watergeven 	Alle
Bloeihormonen	<ul style="list-style-type: none"> • Teeltduur 	<ul style="list-style-type: none"> • Middel • Toediening 	Bromelia's, Spathiphyllum
Ruimte	<ul style="list-style-type: none"> • Kwaliteit • Ruimte 	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeid/hulpmiddelen • Oppotschema • Wijderzetschema • Potmaat 	Alle

6.2 Afzetprognose

Om tot een goed teeltplan te komen dient de teler eerst zijn teelt/bedrijfsdoelen te bepalen. Uit de inventarisatie is gebleken dat veel telers kiezen voor een marktsegment/klanten benadering. Afhankelijk van het marktsegment/klant wordt een gewenst product gedefinieerd. Dit kan per gewas verschillen. Het is van belang om een goede kwantitatieve beschrijving te hebben van de gewenste eindkwaliteit van het product op de afleverdatum. Welke gewassenmerken zijn het meest bepalend voor de kwaliteit? Hoe is de gevoeligheid van het kwaliteitsoordeel voor afwijkende waarden van deze kenmerken? Hoe hangt de prijs van de kwaliteit af? Wat is het seizoenseffect hierin? Hoe groot is de gevoeligheid van prijs voor het precies realiseren van de geplande afleverdatum? Van belang is dat de gewassenmerken in het kwaliteitsmodel overeenkomen met outputvariabelen van het gewasmodel. Voor Ficus beschikken we over het kwaliteitsmodel (Dijkshoorn 2002), maar de relatie met veilingprijs is onbekend. Voor de overige twee gewassen is er voor zover momenteel bekend geen bruikbare kwaliteitsmodellen voorhanden. Ze zullen daarom moeten worden ontwikkeld op basis van ervaring van telers, veilingstatistieken en algemene principes.

De module afzetprognose is erop gericht enerzijds een voorspelling te geven van de afzet per soort/kwaliteit van het eigen bedrijf en anderzijds in de totale markt, waaruit een productprijs kan worden afgeleid. De afzetprognose vormt zowel input voor het economisch rendement als voor de planning.

Tabel 6.3 geeft voor de module afzetprognose een overzicht van de input, output en herkomst van data, het gaat hierbij dus vooral om het ‘puzzelgereedschap’, een soort context, om op basis van vroegere gegevens (klokverkopen, eerdere prijsgegevens) en de huidige stand van zaken (eigen prijsverwachting, prijsafspraken telers) te komen tot een eigen prijsverwachting.



Figuur 6.1. Relatieschema prijsprognose.

Tabel 6.3. Overzicht van de benodigde informatie en de bron van deze informatie voor de module.

Output:	Benodigde informatie:	Herkomst benodigde informatie:
Prijsprognose per afleverweek per soort per sortering	Uitwendige kwaliteit per partij	Teeltmodule
	Relatie prijs - kwaliteit Historische prijsschatting per afzetweek	Kwaliteitsmodule Te berekenen uit historische afzetgegevens
Verwacht aanbod per soort per kwaliteit	Aanbod per soort per week	Te berekenen uit historische afzetgegevens
	Kwaliteitsverdeling per partij	Teeltmodule
Vergelijking aanbod bedrijf per week met totaal aanbod	Verwacht aanbod per soort per kwaliteit per week eigen bedrijf	Te berekenen
	Verwacht aanbod per soort per kwaliteit per week alle bedrijven	Te berekenen uit historische afzetgegevens

In deze module wordt het aanbod per soort gekoppeld aan de prognose van de vraag, onderscheiden naar bijvoorbeeld afzetkanaal. Het totale aanbod per sortering op de markt wordt geschat op basis van een eenvoudig model gebaseerd op historische gegevens.

De schatting van de aanvoer per soort per week komt uit de teeltmodule. De output van de planningsmodule geeft aan waar eventuele knelpunten in de realisatie van het teeltplan van het eigen bedrijf zitten. Onderscheid naar kwaliteitsklasse is in dit verband van groot belang.

6.3 Economisch rendement

In deze module wordt het economisch rendement van een bepaald teeltplan berekend. Aan de opbrengstenkant wordt de in module teelt bepaalde kwaliteit gekoppeld aan de bijbehorende prijs. De prijsschatting (verschilt per week/periode) is afkomstig uit de module afzetprognose. Samen met de geproduceerde aantallen per partij levert dit de partijomzet en getotaliseerd voor alle partijen de totaalomzet. Aan de kostenkant worden de directe kosten getotaliseerd (per partij en totaal over de partijen). De indirecte kosten worden via de week.m² verdeelsleutel toegerekend aan partijen.

Het economisch rendement kan worden afgelezen aan meerdere kengetallen, maar primair gaat het op bedrijfsniveau om het totaal rendement (exclusief financieringskosten). Andere mogelijke kengetallen zijn: saldo per week m² per partij, saldo per 1000 uur per partij en totaal rendement per 1000 m³ gas. Daarnaast ligt het voor de hand dat telers graag inzicht willen hebben hoe het rendement tot stand komt, dus hoe de totale kosten zijn samengesteld. De economische module wordt voor een belangrijk deel gevoed door de modules teeltplanning en teeltsturing. Daarnaast is aanvullende informatie nodig. In deze module worden berekeningen uitgevoerd die bijdragen aan de gewenste economische informatie voor telers. Uitgangspunt voor deze module is dan ook de gewenste informatie. Het model is bestemd voor meerdere telers. Er wordt daarom ook in deze module rekening gehouden met de informatiebehoefte van meerdere telers door keuzemogelijkheden in te bouwen.

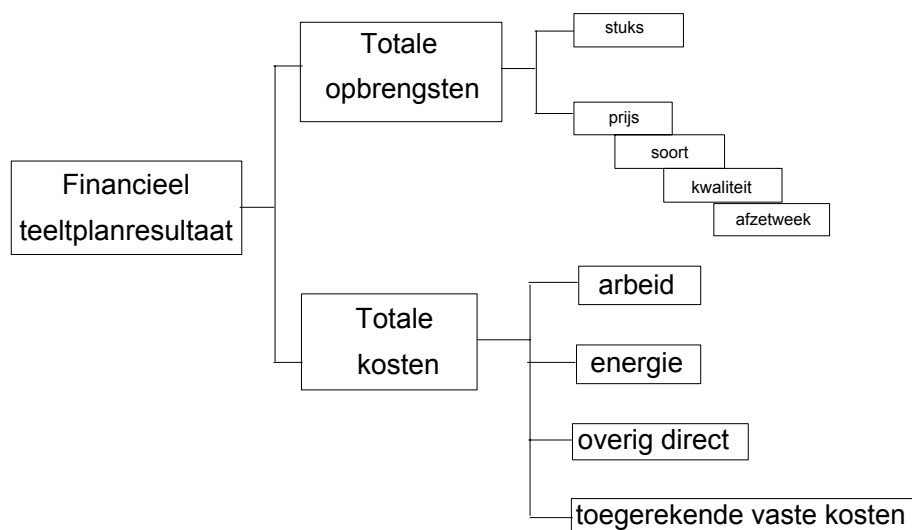
Op te leveren informatie

De volgende informatie die de module op dient te leveren is onderscheiden:

- Financieel resultaat teeltplan; Dit is het begrootte jaarresultaat van een bepaald teeltplan. Hieruit volgen:
- Totale opbrengst en opbrengst per bruto m²;
- Totale kosten en totale kosten per m²;
- Arbeidskosten; Arbeidskosten per partij
- Energiekosten; energiekosten per partij
- Kostprijs per partij; marge per partij; gemiddelde gerealiseerde marge;
- Saldo per week.m² gemiddeld en per partij;
- Arbeidsfilm; Overzicht per week/periode van beschikbare en benodigde arbeid;
- getotaliseerde arbeid per teelthandeling

Er kunnen gevoeligheden worden bepaald, bijvoorbeeld de gevoeligheid van het teeltplan voor gewijzigde kwaliteiten/prijzen.

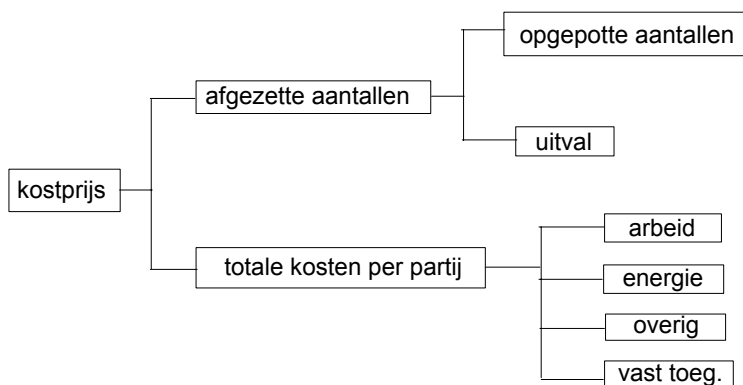
De relatieschema's In Figuren 6.2, 6.3 en 6.4 geven voor drie variabelen uit de module Economisch rendement aan welke gegevens nodig zijn om een gewenste outputvariabele te berekenen.



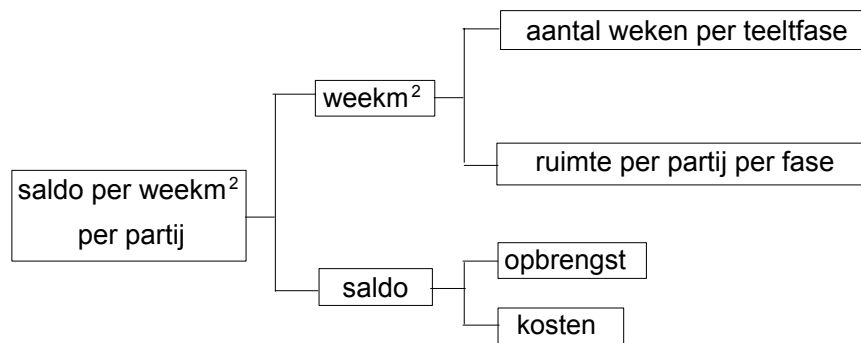
Figuur 6.2. Relatieschema financieel teeltplan resultaat.

6.4 Arbeidsfilm

Bij de gewenste informatie wordt gedacht aan een overzicht met daarin de beschikbare arbeid per week/periode, uitgesplitst naar vaste en losse arbeid en de benodigde begrootte arbeid ten behoeve van realisatie van het teeltplan. Knelpunten worden zo zichtbaar, evenals een teveel aan capaciteit. De totale arbeid per teelthandeling volgt uit het teeltplan.



Figuur 6.3. Relatieschema kostprijs.



Figuur 6.4. Relatieschema saldo per week.m².

6.5 Gewasmodule

De gewasmodule moet het gedrag van planten in de kas op procesniveau beschrijven, want oorzakelijk inzicht is nodig om rekening te kunnen houden met de flexibiliteit van planten in reactie op hun groeiomstandigheden (Figuur 6.5). Dat wil zeggen dat het geheel bestaat uit losse modules voor de processen die bepalend zijn voor groei, ontwikkeling, teeltsnelheid en eindkwaliteit. Er zijn al veel 'ingrediënten' voor de diverse modules beschikbaar, hoewel beslist ook nog gesleuteld zal moeten worden.

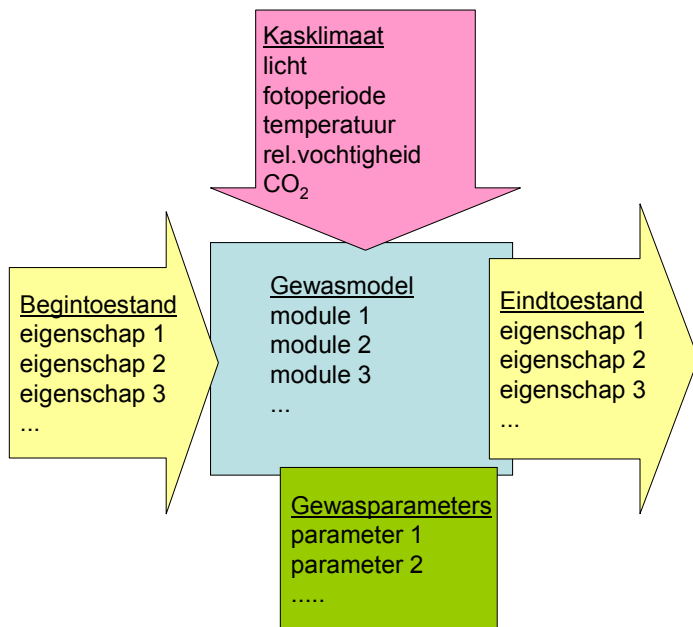
Voor Poinsettia zijn verschillende modellen beschreven in de literatuur gepubliceerd (o.a. Fisher *et al.*, 1996; Snipen *et al.*, 1998; Saebo *et al.*, 2001). Deze modellen vormen het uitgangspunt voor deze module. Voor Hydrangea is er wel literatuur beschikbaar, maar een model is er nog niet. Wel kennen we natuurlijk de algemene fysiologische principes en hebben we ervaring met het bouwen van modellen op basis daarvan. Voor Ficus is een model (Dijkshoorn 2002) beschikbaar. Dat model geeft een redelijk gedetailleerde beschrijving van de gewasontwikkeling, maar beschrijft geen groeiprocessen, omdat de fotosynthese ontbreekt. Uitgaande van het ficusmodel is een prototype gemaakt (zie hoofdstuk 8) dat van hoofdscheut en zijscheuten apart alle internodiën beschrijft, met lengte, positie, bladoppervlak, toestand van de okselknop (slappend of uitgelopen) als kenmerken.

Helaas zijn de beschikbare gewasmodellen in wezen gefitte responslijnen die weinig bruikbaar inzicht opleveren in de onderliggende processen. Hoewel ze als uitgangspunt voor de modelontwikkeling voor het beoogde systeem zeker bruikbare uitgangspunten vormen missen ze de gewenste flexibiliteit, die nodig is om bijvoorbeeld vanuit andere of nieuwe uitgangssituaties te kunnen variëren of puzzelen.

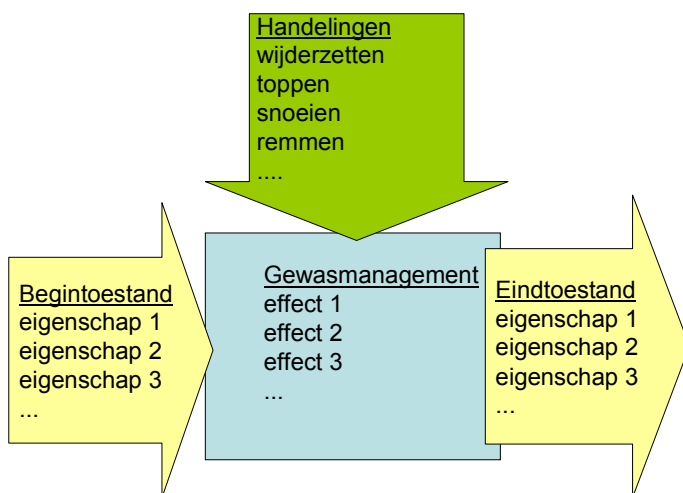
De gewasmodule moet dus verschillende subfuncties (modules) hebben, omdat de onderliggende processen in de plant bepalend zijn voor hoe de plant als geheel zich zal gedragen. Voor een groeimodel bestaat de beschrijving op procesniveau uit bijvoorbeeld fotosynthese, ademhaling en groei. In een ontwikkelingsmodel zit meestal bladaf-splitsingssnelheid, bloeisnelheid, ontwikkelingssnelheid, etc. Een aparte categorie vormen de systeemintegratie-functies zoals assimilatenverdeling, regulatie van het al of niet uitlopen van zijscheuten, abortie, bladval, afremmen bij assimilantetekort, etc. Dit type functies is erg belangrijk; bij potplanten bepalen ze voor een belangrijk deel de eindkwaliteit. In de potplantenteelt is verder de functie die de reactie van het gewas op de toediening van groeiregulatoren van belang.

De eigenschappen van het uitgangsmateriaal aan het begin van de teelt zijn enorm belangrijk als startpunt voor de berekeningen. Vooral bij Hydrangea wordt het een uitdaging om goed in te schatten wat er al in de geïnduceerde knoppen zit aan bladparen en geïnduceerde bloemschermen als de planten uit de koeling komen.

De inputvariabelen wat betreft uitwendige omstandigheden zijn: licht, temperatuur, CO₂, RV, daglengte, (en voor zover relevant: watergift, bemesting). De input van het gewasmodel komt van sensorinformatie wanneer het wordt gebruikt voor monitoring van een teelt, uit een databestand als het gaat om het narekenen, of uit een kasklimaat-model als het gaat om prognose.



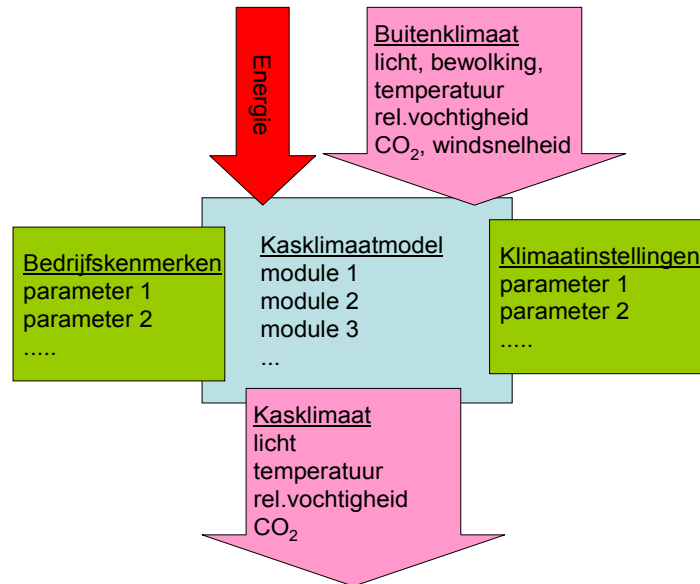
Figuur 6.5. Schema van een dynamisch gewasmodel als module voor het teeltplanningssysteem. Het model is opgebouwd uit submodules voor groei, ontwikkeling en assimilatenverdeling.



Figuur 6.6. Gewasmanagement-module.

6.6 Gewasmanagement

Informatie over teelthandelingen zijn afkomstig uit de module Gewasmanagement (zie Figuur 6.6). Met behulp van deze module verwerkt het systeem de informatie van toppen, snoeien, wijderzetten, remmen, fotoperiodische behandelingen (voor zover van toepassing). Veel van deze functies kunnen in de vorm van een tabelzoeker worden uitgevoerd, andere als criterium (bijv. als LAI > grenswaarde dan wijderzetten).



Figuur 6.7. Energie en kasklimaat.

6.7 Kas/energiemodule

Bepaalde klimaatinstellingen leiden bij een gegeven bedrijfsuitrusting onder gegeven weersomstandigheden tot een bepaald kasklimaat, met bijbehorend energiegebruik. Deze dynamische relaties worden berekend door de module Kasklimaat/energie (Figuur 6.7). Het gewas reageert op klimaatinstellingen, dus hier ligt een link met de teeltsturing en -planning. Momenteel is goed gevalideerd model (KASPRO) beschikbaar, waarmee de benodigde berekeningen uitgevoerd kunnen worden (de Zwart, 1996; Swinkels, 2006).

Voor de energie-efficiency wordt aan het energiegebruik een productiecomponent toegevoegd (afkomstig uit de module Economisch rendement (paragraaf 6.3). Het energiegebruik wordt omgerekend naar CO₂ emissie.

Een belangrijke functie van deze module is het berekenen van de teeltomstandigheden (licht, temperatuur, CO₂ en RV, daglengte) voor het gewasmodel, afhankelijk van de eigenschappen van de kas en het teeltsysteem (poothoogte, spanwijdte, dimensies luchtramen, soort dek, schermen, lampen, verwarmingssysteem, bodembedekking, etc.), de stookstrategie (allerlei instellingen van de klimaatcomputer zoals stook- en luchttingssetpoints per tijdvak, opstook-snelheid, vochtgrenzen, schermen, belichting, eigenschappen ketel, WKK, warmtebuffer) en de weersomstandigheden (windsnelheid, instraling, bewolgingsgraad, buitentemperatuur, etc). Als additionele output wordt berekend: energieverbruik en teeltrisico (bijvoorbeeld bij Poinsettia: natslag, Botrytis).

KASPRO is een bestaand en goed rekenmodel voor kasklimaat en energie. Er is redelijk veel ervaring in het kalibreren van dit model zodat het met specifieke bedrijfssituaties mee kan rekenen. Ook is bekend hoe het met LetsGrow-gegevens van bedrijven mee kan rekenen. Deze techniek wordt momenteel toegepast in het project Kijk in

de Kas. In dit project worden niet alleen registraties van de weertoren maar ook locale week-weersverwachtingen van MeteoConsult als input gebruikt. Dit maakt het mogelijk dat het model niet alleen berekeningen levert over een periode in het verleden tot aan het huidige moment, maar ook doorlopend voor de komende week. Voor prognoses over een hele teeltperiode worden langjarige gemiddelden gebruikt.

Praktische vereenvoudigingen: voor afwegingen waarbij het veranderen van klimaatinstellingen niet aan de orde is kunnen de dynamische berekeningen van KASPRO worden vereenvoudigd door het fitten van polynomen van energieverbruik en binnenklimaat op de buitenklimaatwaarden. In eerdere proeven is bijvoorbeeld gewerkt met een dagelijkse automatische berekening van de relatie tussen gewenste kastemperatuur enerzijds en energieverbruik en CO₂-beschikbaarheid anderzijds, gegeven de huidige instellingen van de klimaatcomputer en de weersverwachting.

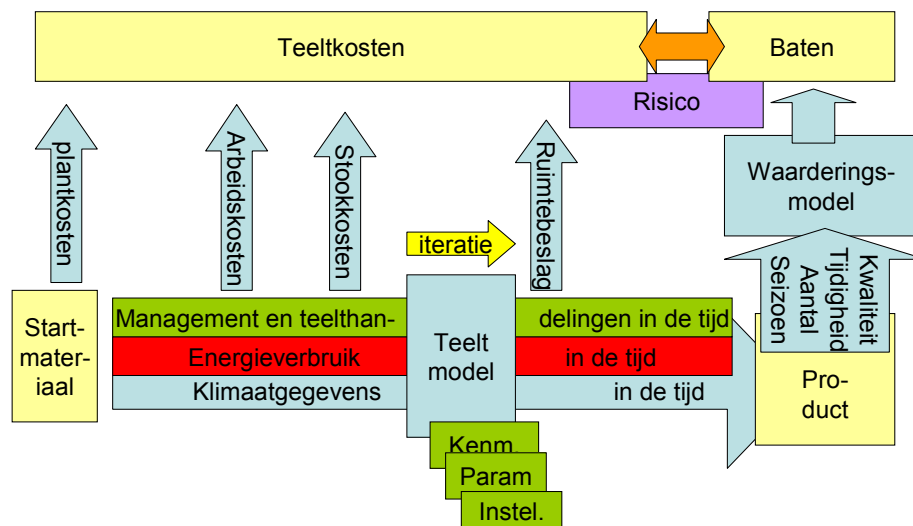
Zoals elk model heeft ook KASPRO zijn beperkingen. Toepassen van dit model zal dus op een creatief / kritische manier moeten gebeuren, en waar nodig zullen aanvullende modules worden moeten ingevoegd.

7 Ontwerp van een teeltplanningssysteem

Dit hoofdstuk beschrijft de integratie van de modules beschreven in hoofdstuk 6 tot een compleet teeltplanningssysteem. Eindresultaat moet zijn: een systeem dat teeltdoelen zoals productkwaliteit en 'tijdigheid' kan afwegen tegen energiebehoefte en bedrijfseconomische factoren als arbeid en ruimtebenutting. Een belangrijke functie van een teeltplanningssysteem is dus het nabootsen van het teeltproces door middel van modelberekeningen. Een tweede belangrijke functie is het zichtbaar maken van alle kosten en baten van het teeltproces.



Deze functies worden vervuld door de modules Economisch rendement en Marktprognose (waardingsmodel). Een derde onderdeel is het organiseren van registraties van klimaat, gewas en teeltmanagement. Deze registraties vormen de tijdbasis van het systeem. De kunst van het bouwen van een systeem is om de uitwisseling van informatie tussen de verschillende functies goed te organiseren (Figuur 7.1).

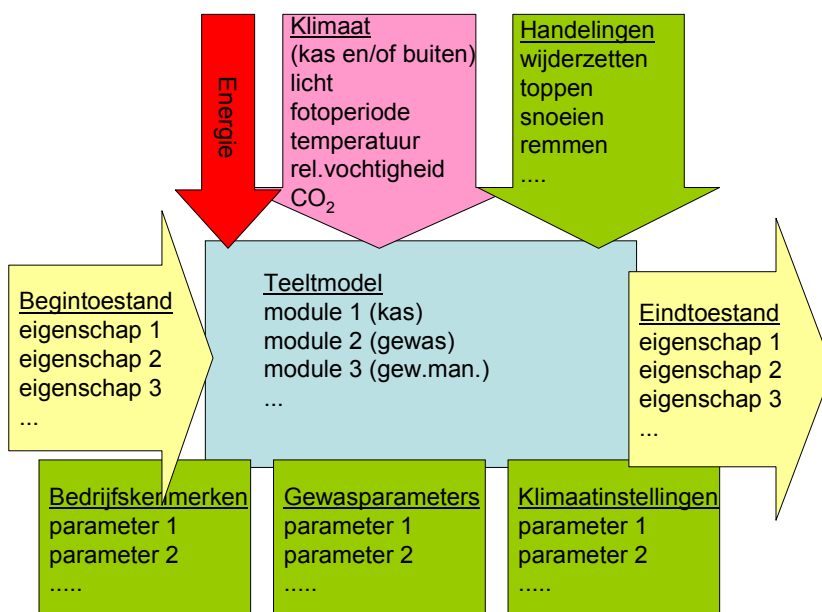


Figuur 7.1. Integratie van verschillende modules tot een teeltplanningssysteem. Het schema geeft de relaties weer tussen de teeltmodule, het waarderingsmodule en de module die het economisch rendement berekent. De rekenmodules worden gevoed met registratiegegevens van klimaat en gewasmanagement-handelingen.

7.1 Teeltmodule – integratie van modules Gewas, Gewasmanagement en Kas/energie

De teeltmodule (teeltmodel in Figuur 7.1) is een sub-systeem dat in staat is een complete teelt na te rekenen. Afhankelijk van weersomstandigheden en gewasmanagement (wijderzetschema, toppen, korte dag, etc.) de relatie legt tussen gewasgroei- en ontwikkeling, energieverbruik, arbeidsbehoefte en ruimtebeslag. De teeltmodule bestaat uit verschillende onderdelen: de gewasmodule, de kas/energiemodule en de gewasmanagement-module (Figuren 6.5, 6.6 en 6.7). De rest van het planningssysteem wisselt uitsluitend informatie uit met de teeltmodule als

geheel (Figuur 7.2). Deze teeltsimulator levert alle kwantitatieve output m.b.t. de uiterlijke kenmerken van het gewas en de ontwikkeling daarvan in de tijd.

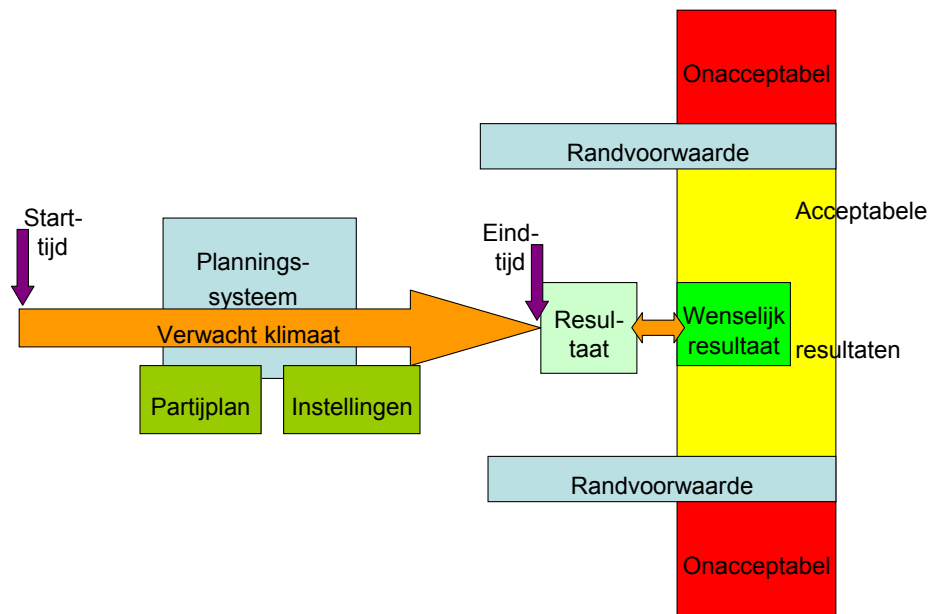


Figuur 7.2. In de teeltmodule (teeltmodel, teeltsimulator) zijn de modules Kas/energie, gewas en teeltmanagement geïntegreerd. Op basis van registraties van gewasmanagement-handelingen en klimaat kan dit subsysteem groei, ontwikkeling en energiebehoefte van een partij gedurende de teelt berekenen.

7.2 Samenwerking van de teeltmodule met de modules voor waardering en rendement

Een tweede belangrijk onderdeel is de economische module, die alle input en output van de teeltsimulator vertaalt naar kosten en baten. Met het waarderingsmodel plus het verbinden van kosten aan alle input (arbeid, energie, ruimte, uitgangsmateriaal) kan een integrale simulatie van een teelt worden uitgevoerd.

Met behulp van het geïntegreerde teeltmodel kunnen teeltscenario's worden doorgerekend door de start- en eindtijden, teelthandelingen zoals toppen en wijderzetten (partijplan) en klimaatinstellingen te variëren. Bij de beoordeling van de uitkomsten op wenselijkheid spelen randvoorwaarden een belangrijke rol (Figuur 7.3).



Figuur 7.3. Beoordeling uitkomsten op wenselijkheid.

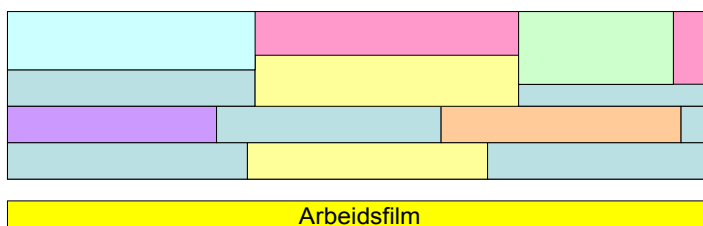
7.3 Scenario's berekenen of optimalisatie

Een belangrijk punt is dat dit soort modellen heel gemakkelijk van begin tot eind rekt, maar dat rekenen in de omgekeerde volgorde extreem lastig is. Het antwoord op de vraag: 'als ik op een bepaalde dag begin met een bepaald uitgangsmateriaal in een bepaalde kas met bepaalde instellingen en ik volg een bepaald teeltplan, wanneer ben ik dan klaar onder gegeven weersomstandigheden klaar, aan welke specificaties voldoet het product, wat is het energieverbruik en wat zijn de kosten, en baten?' is dus relatief gemakkelijk te berekenen. De omgekeerde vraag is voor teeltplanning eigenlijk veel interessanter: 'als ik op een bepaalde dag een product klaar wil hebben dat aan bepaalde specificaties voldoet, welke combinatie van teelthandelingen (starttijd, toppen, wijderzetschema, etc) en klimaatinstellingen levert dan de hoogste energie-efficiënte op, en welke combinatie is het meest rendabel, gegeven de verwachte klimaatomstandigheden?' Het antwoord op deze vraag is stukken moeilijker te berekenen. Voor dit type modellen bestaat daarvoor een speciale techniek genaamd Numerieke Optimalisatie, die in 2006 met redelijk succes is toegepast in een stuurproef met Paprika in Naaldwijk. Voor praktijkproeven komend jaar lijkt het aan te raden om de projecten te concentreren op een goede basis (datakoppeling, communicatie binnen testgroep, ontwikkelen en toetsen van gewasmodellen, toetsen van kasmodel) en het handmatig doorrekenen van alternatieven (scenariotool). Het handmatig te kunnen berekenen van scenario's om de gevolgen van verschillende keuzes en opties te kunnen vergelijken is het meest overeenkomstig met het programma van eisen dat uit de interviews naar voren is gekomen. Telers willen duidelijk zelf controle houden over de gemaakte keuzes en zijn in dit stadium niet geneigd om de selectie van het beste alternatief aan een optimalisatieroutine over te laten.

7.4 Teeltplanning

Gegeven een bedrijfsuitrusting en marktprognose kan door het teeltplannings-systeem een plan per individuele partij worden berekend. De mogelijkheid bestaat in dit verband ook om zogenaamde schaduwrijzen te berekenen. Een voorbeeld van een schaduwrij is die van het aantal arbeidskrachten waarmee de vraag wordt beantwoord met hoeveel het rendement worden verhoogd als één vaste arbeidskracht meer ter beschikking zou staan.

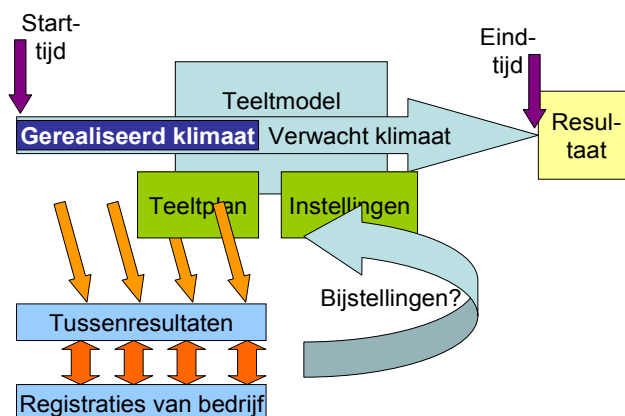
Behalve het plannen per afzonderlijke partij is een belangrijke vraag hoe de afzonderlijke partijen allemaal slim in het teeltplan voor het hele bedrijf te passen zijn (Figuur 7.4). Belangrijke criteria hierbij zijn arbeidsfilm en ruimtebenutting. In de module Economisch rendement worden de arbeidskosten in verband gebracht met productie en afzet. Even los van alle menselijke aspecten is het goed verdelen van de benodigde arbeidskracht belangrijk; zowel bij leegloop als bij overbelasting stijgen de arbeidskosten per eenheid product. Ook wat betreft ruimtebenutting is een goede spreiding van belang. Ook de vaste en variabele kosten van kasruimte worden in de economische module berekend per eenheid product. Het is echter niet in alle gevallen zo dat het maximaal volplannen van de beschikbare kasruimte ook het maximale economisch rendement oplevert. Door een bepaald deel van de kas tactisch leeg te laten ontstaat de flexibiliteit die het mogelijk maakt om op kansen in de markt in te spelen en zo met minder planten toch meer te verdienen.



Figuur 7.4. Inpassen partijplannen in teeltplan.

7.5 Realisatie van het teeltplan en monitoring

In deze fase wordt het proces beschreven om een teeltplan te realiseren. De realiteit zal vrijwel altijd afwijken van het geplande en de modellen zijn ook niet perfect, dus de realisatie moet worden gemonitord. Het teeltplan zal regelmatig moeten worden herberekend op basis van gerealiseerd en verwacht weer (Leutscher 1995). Het systeem werkt ook hier off-line, dus het heeft geen directe invloed op de klimaat. Per keer herberekenen moet per partij worden beoordeeld of het oorspronkelijke partijplan nog haalbaar is, welke stuuracties er eventueel nodig zijn om de teeltdoelen te halen, en wat de meest energiezuinige manier is om die doelen te halen (Figuur 7.5). Bij elke herberekeningsslag zal moeten worden gekeken hoe stuuracties per partij doorwerken op het complete teeltplan. Vaak wordt in 3 fasen geteeld, zodat eventuele stuuracties niet alle partijen tegelijk zullen beïnvloeden.

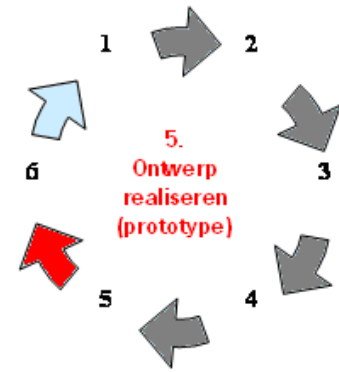


Figuur 7.5. Toepassing van monitoring bij van realisatie van het teeltplan om te bepalen of er bijsturing nodig is om het geplande teeltdoel te kunnen realiseren.

8 Prototype

Om enkele aspecten van het koppelen van gewasmodellen met energieverbruik en ruimtebeslag aan telers te kunnen demonstreren is voor het gewas Ficus een eenvoudig prototype van een planningssysteem gebouwd. Het gewasmodel is gebaseerd op het werk van Dijkshoorn (2002). Het model beschrijft bladafsplitsing afhankelijk van licht en temperatuur op basis van gefitte, empirische functies. Doordat ook zijscheuten ontstaan dringt er steeds minder licht door in de onderste bladlagen, waardoor hier lokaal de bladafsplitsing steeds verder vertraagt.

De lichtbeschikbaarheid wordt verder beïnvloed door het wijderzetschema. Er wordt in dit prototype maar op enkele onderdelen gebruik gemaakt van informatie over de achterliggende fysiologische processen. Zo ontbreekt bijvoorbeeld de beschrijving van processen als fotosynthese, ademhaling en groei, evenals verdamping momenteel nog volledig. Ook het onderdeel dat de stookbehoefte van de kas berekent in momenteel nog zeer schetsmatig. Het gewasmodel geeft output dat geschikt is als input voor een kwaliteitsmodel, gebaseerd op relatieve breedte van de plant op halve hoogte en 'gevuldheid' (Dijkshoorn 2002). Er worden in dit eenvoudige voorbeeld geen economische berekeningen uitgevoerd.



Startwaarden voor WUR-g...

Dagnummer start teelt (1 = 1 januari):
1

Aantal internodiën startmateriaal:
7

Gewenste eindhoogte (cm):
120

Pothoogte (cm):
19

Wijderzetcriterium (LAI):
3

Wijderzetsfactor (bijv 48->24->12 is factor 2):
2

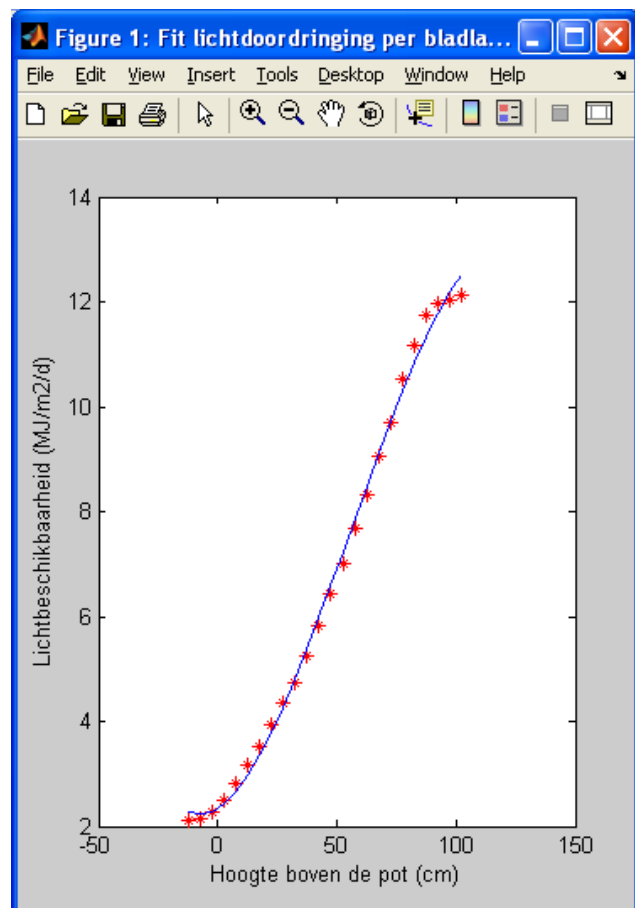
Plantdichtheid bij start teelt (potten/m²):
48

Basiswaarde etmaaltemperatuur (°C):
20

Stralingsinvloed etmaaltemperatuur (°C per MJ/m²/d):
0.2

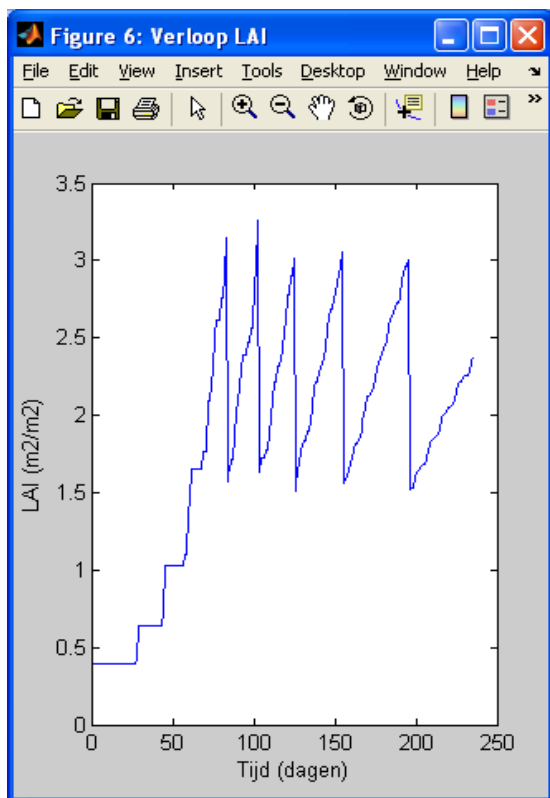
OK Cancel

Figuur 8.1. Invulscherm voor parameters.

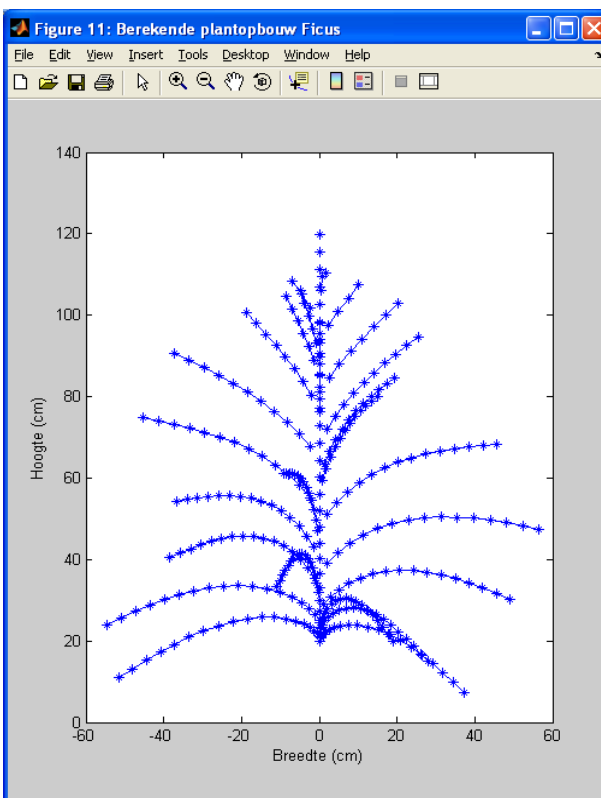


Figuur 8.2. Berekende lichtbeschikbaarheid per bladlaag aan het eind van de teelt.

Ondanks dat het model relatief eenvoudig is geeft het toch al een herkenbaar beeld van de teelt. Een ervaren teler bevestigde dit na vergelijking van de simulatieresultaten met de ervaringen op zijn bedrijf. Dit laat zien dat het goed met elkaar in verband brengen van op zich beperkte informatie al snel inzicht kan opleveren, ondanks dat de achterliggende modellen nog maar gedeeltelijk 'kloppen'. Door in de loop van de teelt het berekende teeltverloop voorsturend te kunnen vergelijken met gerealiseerde waarden ontstaat inzicht in de voorspellende waarde van het model, en op welke punten die eventueel verbeterd zou moeten worden.



Figuur 8.3. *Berekende leaf area index (LAI in m^2/m^2). De sprongen komen overeen met door het model berekende wijderzetmomenten (telers geven aan dat het aantal malen wijderzetten iets groter is dan in de praktijk).*



Figuur 8.4. *Berekende gewasopbouw aan het eind van de teelt. Streepjes komen overeen met internodia, kruisjes met bladeren. In deze versie van het model worden geen secundaire zijscheuten berekend.*

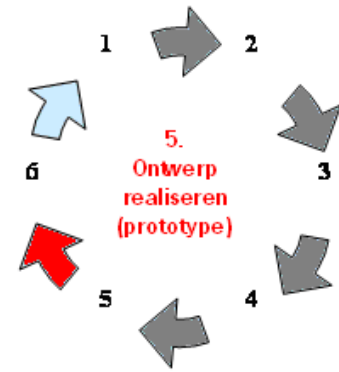
Tabel 8.1. *Het prototype geeft aan het eind van de teelt een samenvatting van de resultaten.*

Overzicht resultaten

Eindhoogte is 120 cm bij een pothoogte van 19 cm
 Teeltduur is 235 dagen
 Er is 419 MJ/m² stookenergie nodig geweest voor deze teelt
 Het ruimtebeslag is 7.1 wk.m² per plant
 Het specifieke energieverbruik bedraagt 8.72 MJ per plant
 Er is 708 MJ lichtenergie per plant gebruikt

9 Realisatietraject

Het programma van eisen dat in hoofdstuk 5 wordt beschreven en uitgewerkt tot een ontwerpschets in hoofdstuk 6 en 7 is relatief complex van aard. Ondanks dat het ontwerp in principe voldoet aan het programma van eisen en dus in grote lijnen is gebaseerd op wensen van telers, is de weg van ontwerp naar succesvol werkend systeem nog lang en vol valkuilen. De belangrijkste uitdaging is het organiseren en met elkaar in verband brengen van kennis en informatie. Op die manier wordt duidelijk wat de consequenties van allerlei algemene principes zijn in concrete situaties. Modellen hebben hierbij de rol van operationeel gemaakte stukjes kennis. Ook wanneer er nog kennis ontbreekt of modellen onvolledig zijn, ontstaat er op deze manier inzicht, en dus meerwaarde. Een absolute voorwaarde hierbij is dat het systeem geen 'black box' mag worden; iedereen moet kunnen begrijpen wat er gebeurt en kunnen controleren of het klopt wat er gebeurt. Het systeem moet ook van meet af aan flexibel genoeg worden opgezet dat nieuwe kennis er achteraf eenvoudig aan kan worden toegevoegd en dat onderdelen die niet voldoen kunnen worden vervangen door betere. Een tweede voorwaarde is dat het systeem goed aansluit bij de informatiebehoefte van telers op bedrijven. Het ontwikkelen en testen van het planningssysteem kan daarom het beste worden georganiseerd als een interactief proces waarbij telers, teeltadviseurs, onderzoekers en ICT diensverleners betrokken zijn.



Deze samenwerking vormt de basis voor het gezamenlijk ontwikkelen en valideren van de verschillende modules voor het planningssysteem. Aansluitend wordt de modules geïntegreerd tot een systeem, dat vervolgens – interactief – op de deelnemende bedrijven kan worden getest (hoofdstuk 10).

9.1 De basis: digitale bedrijfsvergelijking

Hierbij kan worden teruggegrepen op het beproefde concept van de bedrijfsvergelijkingsgroep, een vorm van praktijknetwerken die de trends van schaalvergroting, professionalisering en afname van de rol van de traditionele collectieve structuren goed heeft doorstaan. Sterker nog: de ontwikkeling van digitale data-uitwisseling (KlimLink, LetsGrow.com) de laatste 10 jaar heeft deze vorm van samenwerking een sterke impuls gegeven. Voor de realisatiefase van dit project is gekozen voor de diensten van LetsGrow.com als uitgangspunt. Uit de klimaatcomputers van deelnemende bedrijven worden elke 5 minuten gegevens opgehaald en opgeslagen op een centrale dataservert. Deelnemers kunnen met behulp van een vergelijkingsprogramma van deze gegevens, afkomstig van verschillende bedrijven, het verloop in de tijd weergeven in de vorm van grafieken. De mogelijkheden kunnen worden uitgebreid doordat ook gegevens van de plaatselijke weekweersverwachting en meetsignalen van allerlei gewassensoren kunnen worden verzameld en uitgewisseld. Deze vrijwel real-time informatie kan ook dienen als basis voor de monitoring-functie van het planningssysteem. Naast de geautomatiseerde datacollectie is ook het opbouwen van een goede routine voor het aanleveren van gewaswaarnemingen van groot belang. Ook hiervoor vormt de samenwerkingsstructuur in een bedrijfsvergelijking een solide basis. De bedrijfsvergelijkingsgroep is ook de bron van bedrijfskundige informatie die kan worden gebruikt voor het parameteriseren van de bedrijfskundige modules van het systeem (paragraaf 6.1 – 6.3).

9.2 Real-time meerekenen met modellen

De formules van de digitale bedrijfsvergelijkingsgroep kan aanzienlijk worden versterkt door de mogelijkheid om real-time met de datastromen van de bedrijfsvergelijkingsgroep mee te rekenen. Deze mogelijkheid maakt gebruik van LetsGrow-technologie en is recentelijk ontwikkeld in het kader van de projecten Teeltbegeleiding voor de teelt van paprika in een semi-gesloten kas (Buwalda *et al.*, 2008), Ventilatievoud in de praktijk (Bontsema en Hemming, 2007) en Kijk in de Kas (Buwalda *et al.*, 2008). Het uitwisselen van simulatieresultaten naast de normale meet- en regel-

gegevens binnen het bedrijfsvergelijingsplatform van LetsGrow maakt het mogelijk om de verschillende modules voor het planningssysteem interactief uit te werken door middel van stapsgewijze verfijning. Hart van het systeem is de combinatie van energieberekening, gewasmodel en teeltmanagementmodel (Figuur 7.2). Voor energie vormt het model KASPRO het uitgangspunt, dat op bedrijven moet worden geparаметeriseerd en gevalideerd. Dit kan tijdens het opbouwen van het systeem. Het gewasmodel wordt op basis van algemene fysiologische principes en modellen uit de literatuur ontwikkeld en gevalideerd tijdens de opbouwfase. Aan het eind van het ontwikkeltraject van de afzonderlijke modules kan dan het planningssysteem worden opgebouwd. De opbouw van het systeem in monitoren -> plannen) loopt dus omgekeerd aan de uiteindelijke werkwijze die wordt gevolgd als het voltooide systeem wordt gebruikt (plannen -> monitoren).

10 Testen en evalueren

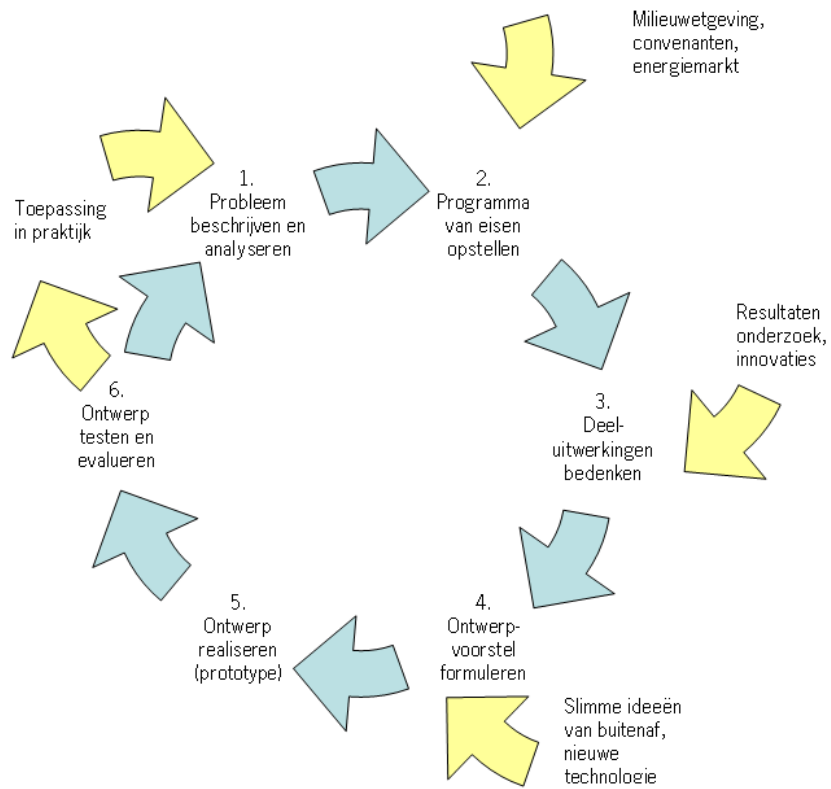
Met het testen en evalueren van het systeem als resultaat van het ontwerpproces is de cyclus rond. Een systeem zoals dit is natuurlijk nooit af. Uit de evaluatie zullen zeker weer nieuwe vragen en ontwerpproblemen naar voren komen. Verder worden er voortdurend nieuwe rassen geïntroduceerd en is de markt steeds in beweging. Naar aanleiding van het vergelijken van de rekenresultaten met waarnemingen kan blijken dat de achterliggende modellen aanpassing of verfijning nodig hebben, terwijl ook de behoefte kan ontstaan om het systeem op nieuwe gewassen toe te passen. Als resultaat van onderzoek en innovatie ontstaan voortdurend nieuwe ideeën en technische mogelijkheden.



Er blijven voortdurend vragen bestaan, zeker bij inpassing in het grotere geheel, blijkt er altijd ergens een meest kritische schakel te zijn, namelijk daar waar de minste kennis beschikbaar is (Figuur 10.1).

Omdat de validatie van de gewas- en klimaatmodules onder praktijkomstandigheden beperkt is door de relatief smalle marges waarbinnen telers normaal hun klimaat regelen, kan uit de evaluatie de noodzaak blijken om ook onder extremere condities te testen.

Uit de resultaten van de enquête valt op te maken dat Potplantentelers over het algemeen pas geneigd zullen zijn om nieuwe resultaten uit energie-onderzoek op hun eigen bedrijf toe te passen als ze van tevoren inzicht hebben hoe deze vernieuwing is in te passen in hun gehele bedrijfsvoering, met name op het gebied van teeltplanning. Het systeem kan daarom een rol gaan vervullen als platform waarop vernieuwingen zoals luchtbehandeling, verneveling, diffuus licht, LED-belichting een plek krijgen in een groter geheel, een soort landingsbaan voor innovaties dus.



Figuur 10.1. Wisselwerking van praktijk, onderzoek, technologie en maatschappij met de ontwerpcyclus.

Referenties

- Adams, S.R. 2006.
The physiology of flowering: quantifying the effects of photo-thermal environment. *Acta Hort.* (ISHS) 718:557-566
- Benninga, J., F. van Noort en F. Kempes,
Het economisch perspectief van energiebesparing door het aanhouden van lagere stooktemperaturen bij potplanten. Den Haag, LEI, 2005
- Benninga, J., C.G.T. Uitermark,
Bedrijfsvergelijking Ficus, deel 1: Bio-Economische analyse op partijniveau, Proefstation voor de bloemisterij in Nederland, Aalsmeer 1991.
- Benninga, J., C.G.T. Uitermark,
Bedrijfsvergelijking Ficus, deel 2: Bio-Economische analyse op cultivarniveau, Proefstation voor de bloemisterij in Nederland, Aalsmeer 1991.
- Benninga, J., C.G.T. Uitermark,
Bedrijfsvergelijking Ficus, deel 3: Bio-Economische analyse op bedrijfsniveau, Proefstation voor de bloemisterij in Nederland, Aalsmeer 1991.
- Benninga, J.,
Economische evaluatie van volledige kasteelt Hortensia , Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Intern verslag 182, Aalsmeer 1999
- Benninga, J.
Plantkenmerken in relatie tot plantwaardering door consumenten en handel en in relatie tot de veilingprijs bij Poinsettia, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, rapport 111, Aalsmeer 1997
- Benninga, J.,
Plantkenmerken in relatie tot plantwaardering door consumenten en handel en in relatie tot de veilingprijs bij Hortensia, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, rapport 78, Aalsmeer 1997
- Benninga, J.,
Economische evaluatie van arbeidsbesparende investeringen in de potplantenteelt, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Intern verslag 63, Aalsmeer 1996
- Bleijenberg, P.,
Moderne bedrijfsvoering in de glastuinbouw, misset Land- en Tuinbouweeks, Wageningen 1977.
- Bonhomme, R.,
Bases and limits to using 'degree.day' units. *European Journal of Agronomy* 13 (2000) 1–10
- Boote, K.J. and Scholberg, J.M.S. 2006.
Developing, parameterizing, and testing of dynamic crop growth models for horticultural crops. *Acta Hort.* (ISHS) 718:23-34
- Bruns, A.,
Ganz ohne Wachstumregulatoren geht es bei Hortensien noch nicht, *TASPO* 3 März 1995
- Buurma, J.S., A.J. de Buck, B.W. Klein Swormink, R. Stokkers en F.J. Munnike,
Innovatieprocessen in de praktijk, LEI en Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Den Haag 2006.
- Buwalda F.,
Grenswaarden voor temperatuurintegratie - Een definitiestudie. PPO Rapport GT 12053, 2003.
- Deroose, J.,
Evaluation of the use of planning and registration models in Dutch potplant industry, Wageningen 1998 (afstudeerscriptie; LUW, agrarische bedrijfseconomie).
- Susana M.P. Carvalho, Sanassy E. Wuillai and Ep Heuvelink,
Combined Effects of Light and Temperature on Product Quality of *Kalanchoe blossfeldiana*. *Acta Hort.* 711, 2006.
- Dijkshoorn-Dekker, M.,
Crop quality control system; a tool to control the visual quality of pot plants, (Proefschrift LUW-vakgroep tuinbouwplantenteelt) Wageningen 2002.

- Fisher, P.R., R.D. Heins, N. Ehler, J. H. Lieth. 1997.
A decision-support system for real-time management of Easter Lily (*Lilium longiflorum* Thunb.) scheduling and height. 1. System description. *Agricultural Systems* 54(1):23-38.
- Fisher, P.R., R.D. Heins, N. Ehler, J. H. Lieth, M. Brogaard and P. Karlsen. 1997.
A decision-support system for real-time management of Easter Lily (*Lilium longiflorum* Thunb.) scheduling and height. 2. Validation. *Agricultural Systems* 54(1):39-56.
- Fisher, P.R., Heins, R.D., and Lieth, J.H., 1996.
Quantifying the Relationship between Phases of Stem Elongation and Flower Initiation in Poinsettia. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 121, 686-693.
- GLAMI. 2000.
Handboek Milieumaatregelen Glastuinbouw.
- Hendriks, Prof. Dr. L.,
Kundenorientiert Zierpflanzen produzieren, TASPO juli 1996.
- Johnson, I.R., Thornley, J.H.M., 1985.
Temperature dependence of plant and crop processes. *Ann. Bot.* 55, 1–24
- Klapwijk, A.P.,
Bedrijfs-economische kostenanalyse van de teelt van *Hydrangea Macrophylla*, LUW-vakgroep Agrarische Bedrijfseconomie, Wageningen 1996 (afstudeerscriptie).
- Kranendonk, R.P. and Kersten, P.H. 2007.
Midlife Communities of Practice: Experiences and Alignment *American Behavioral Scientist*; 50; 946.
- Leutscher, K.J.,
Operational management in potplant production, (Proefschrift vakgroep Tuinbouwplantenteelt), Wageningen 1995.
- Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland,
Informatiemodel Potplanten, Rapport nr 37, Aalsmeer 1985
- Saebo, S., Almoy, T., Snipen, L. 2001.
Adjusted Prediction of Plant Height with Application to Greenhouse Grown Poinsettias. *Biometrical Journal* 43 (2001) 4, 421–434
- SITU,
Informatiemodel potplanten, Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland, rapport nr. 37, Aalsmeer 1985.
- SITU,
Het gedetailleerde informatiemodel glastuinbouw, Cluster tactische en strategische planning, Aalsmeer 1989.
- SITU, Cluster,
Tactische en Strategische Planning, Het gedetailleerde informatiemodel Glastuinbouw, Honselersdijk 1989.
- Snipen, L.G., Moe, R. and Sørensen, J.S., 1998.
Predicting the time to flowering in poinsettia using a first passage time model. *Acta Hort.* 456, pp. 151–159
- Swinkels, G.L.A.M. 2006.
Software for calculating the effect of energy saving investments on greenhouses. *Acta Hort. (ISHS)* 718:233-242
- Uitermark, C.G.T., B.J.H. van der Geest,
Kostprijsberekening potplanten, Agrarisch Telematica Centrum, Wageningen 1994.
- Veldhuizen van Zanten, E.,
Invloed van prijsverwachtingen van potplantentelers op het teeltplan, Literatuuronderzoek en empirisch onderzoek, Wageningen 1994, LUW-vakgroep agrarische bedrijfseconomie (afstudeerscriptie).
- Verstegen, J., E. Westerman, P. Ravensbergen, J. Bremmer,
Gedragsonderzoek naar drijfveren van glastuinders ten aanzien van energiebesparing, LEI rapport 2.03.12, Den Haag
- Wenger, E. (1998).
Communities of practices, learning, meaning, and identity. Cambridge, UK:Cambridge University Press.
- De Zwart, H.F., 1996.
Analyzing energy-saving options in greenhouse cultivation using a simulation model. PhD Thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.

Bijlage I.
Beslissingsmatrix gewaskeuze

Matrix gewaskeuze energie zuinig telen

Gewas	Jaarrond/ seizoen	Areaal grootte (ha)	Energie behoefte	Omzet (mln) 2006	Bloeiend/ niet bloeiend	Teeltduur (> 4mnd = lang)	Sturings Mogelijk- heden teelt	Teelt systeem (mobiel/vast)	ziekten onder invloed van vocht	Lto-groep	Proef/ meetgegevens
Phalaenopsis	jaarr.	120	hoog	174	b	lang	beperkt bij vegetatief	mobiel	nee	ja (lastig)	ja
Anthurium	jaarr.		hoog	45	b	lang	ja	vast	nee	ja (actief)	ja
Kalanchoe	jaarr.	37	gemiddeld	43	b	kort	ja	mobiel	nee	ja (actief)	ja
Dracaena	jaarr.	30	gemiddeld	40	nb	lang	ja	vast	nee	ja (deel van)	nee
Ficus	jaarr.	75	gemiddeld	34	nb	kan beide	ja	vast	nee	ja (deel van)	ja
Rosa	jaarr.		hoog	30	b	kort	ja	mobiel		nee	?
Chrysanthemum	jaarr.		gemiddeld	29	b	kort	ja	mobiel	nee	ja	ja
Hydrangea (trek)	Seizoen/jaarr.	50	gemiddeld	25	b	kort	ja	beide	nee	ja	ja
Spathiphyllum	jaarr.		hoog	24	b	lang	ja	beide	nee	ja	ja
Pelargonium	seizoen		laag	24	b	kort	ja	beide	ja	ja (deel van)	ja, Duits
Hedera			laag	22	nb		ja				nee
Guzmania	jaarr.		gemiddeld	19	b	lang	ja	tafel	nee	ja	ja
Begonia	jaarr.		gemiddeld	17	b	kort	ja	tafel		ja	ja
Poinsettia	seizoen		(gemiddeld)	17	b	kort	ja	beide	ja	ja (actief)	ja
Cyclamen	seizoen		laag	16	b	lang	beperkt	beide	ja	ja	ja
Viola	seizoen		laag	15	b	lang	beperkt	vast	nee	ja	ja, Duits

Bijlage II.

Vragenlijst interviews

Interviewvragen deskundigen t.b.v. project 'Energie zuinige teeltplannen in de potplantenteelt'

Geïnterviewde persoon

Adresgegevens

Telefoonnummer..... E-mailadres.....

Achtergrond geïnterviewde persoon

Interviewer

1. Inleiding: Het waarom van dit interview.

2. Algemene bedrijfskenmerken

Bedrijfsuitrusting (indien van toepassing)

Bedrijfsoppervlakte (bruto)

Eigen vermeerdering ja/nee

Aantal afdelingen (fysiek gescheiden)

Gewassen in teeltplan

Omzet percentage vijf belangrijkste soorten:

1. %

2. %

3. %

4. %

5. %

Teeltsysteem (en) Betonvloer; Antiworteldoek; Transporttafels; Roltafels; Vaste tafels

Belichting% Intensiteit Belichtingsuren per jaar

Eigen WK zo ja vermogen

Aantal ondernemers

Aantal werknemers

Energieverbruik

Het gasverbruik per bruto per m²/jaarm³

Het elektriciteit gebruik per m²/jaarKwh

Evt. andere energie per m²/jaar

Stooktemperatuur winter dag..... nacht

Energiebesparende maatregelen (omcirkel indien toegepast)

Energiescherm type; condensor type.....

Temperatuur integratie

Bedrijfsstrategie

Wijze van afzet:

Via de klok/BB % omzet

Via contract % omzet

Kwaliteitssegment <eigen inschatting>: Top; hoog; middel/doorsnee; laag

Heeft u een vast omljnd beeld van de gewenste kwaliteit?

Ja/nee; zo ja, omschrijving.....

.....
.....
.....

Is dit beeld afhankelijk van het afzetkanaal?.....

Welke mogelijkheden voor teeltsturing zijn er:

Teeltsnelheid:

- 1.....
- 2.....
- 3.....

Uitwendige kwaliteit

- 1.....
- 2.....
- 3.....

In welke mate worden deze mogelijkheden voor teeltsturing voor bijsturing toegepast?

Teeltsnelheid:

Nooit; incidenteel; minstens 1x per teelt

Uitwendige kwaliteit

Nooit; incidenteel; minstens 1x per teelt

Wordt er gewerkt met teeltrecepten? Ja/nee

Zo ja, Hoe ziet zo'n recept eruit?

.....
.....
.....

3. Thema energie zuiniger teeltplannen

Wat zijn de mogelijkheden voor energie zuinige teeltplannen bij uw teelten?

1.
2.
3.
4.
5.

Ziet u mogelijkheden bij andere teelten?

.....
.....

Wat is er per mogelijkheid nodig om toepassing te krijgen?:

1.
2.
3.
4.
5.

Wat is de potentie?: (dwz reductie gasverbruik (%)) (per gewas/soort?) per mogelijkheid:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
-

Wat zijn mogelijke barrières?:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
-

Welke extra informatie is per mogelijkheid nodig en wat is hiervan de bron?

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
-

4. Doelstelling onderneming

Geef de vijf belangrijkste doelstellingen van de onderneming in volgorde van prioriteit:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
-

Hoe verhoudt zich de winstdoelstelling van het bedrijf tot andere doelstellingen?

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
-

Hoe verhoudt zich de energiedoelstelling van het bedrijf tot andere doelstellingen?

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
-

5. Teeltplanning

Op welke wijze wordt de teelt momenteel gepland?

- 1. Softwarepakket.....
- 2. Handmatig/ oppotschema vast per week; ieder jaar hetzelfde
.....
- 3 Anders

Wordt wel eens de afweging gemaakt andere soorten in het teeltplan op te nemen?

Ja/nee Zo ja op welke wijze gebeurt dat?
.....
.....
.....

Wordt wel eens een partij voor 'de einddatum' verkocht?

Ja/nee Zo ja waarom?.....

Gebeurt het wel eens dat een partij op de geplande einddatum nog niet klaar is?

Ja/nee Zo ja wat zijn dan de gevolgen voor de planning?
.....
.....
.....

Ziet u mogelijkheden voor een model voor teelt-optimalisatie?

Zo ja: Hoe zou zo'n model eruit moeten zien:
.....
.....
.....

Zo ja: Wat moet zo'n model kunnen?

.....
.....
.....
.....

Zo ja:

Moet er ook een economische component in zo'n model?

Ja/nee

Wat zijn de beperkingen van zo'n model?

.....
.....
.....
.....

Mogelijkheden bij ontwijkend antwoord:

- Groei/ontwikkelings-simulatie model; snel doorrekenen van alternatieve teeltplannen

Bio-economisch model-> optimalisatie

Bijlage III.

Artikel in Onder Glas 1 (2008) pp. 52-53

Puzzelgereedschap brengt alle relevante factoren bij elkaar

Buwalda: 'TomTom voor potplantentelers



Fokke Buwalda (links) tegen Erik Persoon: "Uit de inventarisatie blijkt dat een model op het snijvlak van energiekosten, teeltconditionering en kwaliteitseisen een duidelijke meerwaarde kan hebben."

Ook voor potplantentelers vormt energie een toenemende kostenpost. Een multidisciplinair team onderzoekers is met drie telersgroepen bezig om plannings- en monitoringsinstrumenten te ontwikkelen om op een energiezuinige manier hun teeltdoelstellingen te kunnen realiseren. In dit project is de eerste stap gezet: het verkennen van de wensen van potplantentelers. Nu volgt de vertaling.

TEKST EN BEELD: MARLEEN ARKSTELIJN

"Doelmatiger telen om energie te besparen klinkt simpeler dan het is. De potplantensector kenmerkt zich door veel soorten, vaak mobiele systemen en verschillende gewasstadia in één kas. Door het variëren van plantafstand en tijdsduur per teeltfase heeft de teler invloed op de productkwaliteit (sierwaarde) en het aflevermoment. De teeltsnelheid hangt via de kastemperatuur samen met de energiebehoefte, maar ook de plantafstand speelt een rol in de uiteindelijke hoeveelheid energie die een plant nodig heeft", zegt plantenfysioloog en modelbouwer Fokke Buwalda van Wageningen-UR.

Hij is projectleider van het multidisciplinair team onderzoekers van Wageningen UR Glastuinbouw, LEI en DLV-plant.

Puzzelgereedschap

"Ons probleem is het organiseren van alle kennis en informatie, zodat we voor ieder concreet bedrijf, gegeven de marktomstandigheden het gewenste plan kunnen berekenen en dit weer bijsturen op basis van het weer."

Er is al veel bekend over afzonderlijke processen en mechanismen en effecten van afzonderlijke factoren daarop. Om deze kennis te organiseren, gebruikt de onderzoeker modellen voor de groei, ontwikkeling, kasklimaat en energiekosten. Voor de relatie tussen weer, kastemperatuur en energieverbruik bestaan zelfs al uitontwikkelde modellen.

Modellen vormen het puzzelgereedschap om alle factoren die ertoe doen goed bij

elkaar te brengen.

Buwalda stelt zich voor dat er uiteindelijk beslissingsondersteunende modellen ontstaan die, gevoed door gegevens vanuit de gewasregistratie en de klimaatcomputer, de teler de weg wijzen naar een energie-efficiënte teelt met een kwalitatief goed eindproduct. "Zie het als een TomTom. Het pijltje geeft de goede weg aan, de teler zit zelf achter het stuur."

Interactief aan de slag

De onderzoekers hebben gekozen voor de zo verschillend mogelijke gewassen ficus, hydrangea en poinsettia. "We hebben voor ficus gekozen omdat het een jaar-rond groene plant is met een gemiddelde energiebehoefte en een korte teeltduur.

die energiezuiniger willen telen'

POTPLANTEN
ENERGIEBESPARING

Deelnemer Erik Persoon: 'Met een modulair opgebouwd model kun je als ondernemer beter uit de voeten'

Erik Persoon heeft een ficuswakerij van 4 ha in Honselersdijk. Hij zit in een van de drie telersgroepen, die meedoen met het project 'Energiezuinige teeltplannen voor de potplantenteelt'.

Hij heeft op zijn bedrijf negen ficussoorten en -rassen in vier verschillende sorteringen en met een teeltduur die varieert tussen vier en elf maanden.

Persoon deed mee met de interviewronde, waarbij onderzoekers de innovatiewensen wat betreft teelt, energie en markt wilden weten. Nu is hij betrokken bij het vervolgtraject. Dit zal wat betreft de ficustelers vooral via de elektronische snelweg verlopen. "Al vanuit het traject Kijk

in de kas hebben we daarmee goede ervaring opgedaan. Je kunt elkaar op een bepaald moment bellen en bedrijfsgegevens met elkaar vergelijken, met ondersteuning van modellen."

Zelf gebruikt Persoon verschillende modellen op zijn bedrijf onder andere voor de teeltplanning. "Je kunt als ondernemer niet uit de voeten met één model, waar je informatie instopt en een teeltherecept uithaalt. Alles om je heen is voortdurend in beweging. Je bent continu bezig met het optimaliseren van al je processen. Het idee van een modulair opgebouwd model spreekt me daarom veel meer aan."



Erik Persoon: "Als ondernemer kun je niet met één model uit de voeten, een modulair model spreekt me daarom veel meer aan."

Hydrangea hebben we in het onderzoek betrokken omdat het tijdens het in bloei trekken een korte teelt is, met een gemiddelde energiebehoefte. De landelijke gewascommissie heeft duidelijke vragen over dit onderwerp aan ons gesteld. Poinsettia is een vertegenwoordiger van een seizoensproduct. Bij dit gewas zijn er duidelijke vragen over energiezuinig telen in combinatie met de teeltduur en het voorkomen van ziekten."

De geformeerde pioniersgroepen bestaan uit drie of vier telers per gewas. "We willen interactief met deze groepjes aan de slag en producten ontwikkelen. We gebruiken daarvoor Let's Grow.com als database, onze modellen en de technologie om deze hier in Wageningen door te rekenen." Het project wordt gefinancierd uit energietransitiegelden van LNV en PT.

Complexe bedrijfsprocessen

De eerste stap was het inventariseren waar eigenlijk behoefte aan is in verband met



Buwalda: "Doelmatiger telen om energie te besparen klinkt simpeler dan het is."

'Energiezuinige teeltplanning'. Daarvoor zijn drie hortensiatelers, drie poinsettiatelers, drie ficustelers en vijf teeltadviseurs en deskundigen op het gebied van afzet, geïnterviewd.

Uit de antwoorden bleek dat het bedrijfsproces op de verschillende potplantenbedrijven complex van aard is. Er is bij de ondervraagde telers een duidelijk draagvlak voor een model, waarmee ze de gevolgen van complexe vragen kunnen inschatten.

"Op de landelijke hortensiadag bleek dat deze groep telers blijken duidelijk positief staat tegenover de voorstellen om modellen te ontwikkelen, die gekoppeld kunnen worden aan de bedrijfsvergelijking. Op een onderzoeksdag van de landelijke poinsettia-commissie gaven telers aan dat energiebenutting een belangrijk aandachtspunt is en dat het voldoen aan minimum kwaliteitseisen een must is. Hun conclusie was dat een model op het snijvlak van energiekosten, teeltconditionering en kwaliteitseisen een duidelijke meerwaarde kan hebben."

Model in modules

De onderzoekers constateerden na de interviewronde ook dat er wat specifieke wensen betreft grote verschillen zijn. De ene teler heeft behoefte aan modellering op het gebied van teeltsturing, een ander aan teeltplanning en een derde ziet meer in een alles omvattend model. "Vanwege die verschillen in behoeften hebben we vastgesteld dat een model toepasbaar moet zijn voor meerdere soorten potplanten. Het model moet als een modulair systeem zijn opgebouwd vanwege de uiteenlopende

wensen en de complexiteit van de bedrijfsvoering. Elk subsysteem gaan we dan beschrijven door een gespecialiseerde module."

Uit de interviews in de inventarisatieronde is duidelijk geworden dat telers teeltsturing, teeltplanning, energie, economie en afzetprognose belangrijke aspecten vinden om in een model op te nemen.

Vervolgtraject

Buwalda wil dit vervolgtraject met de telersgroepen van de drie potplantensoorten opzetten. "We gaan de Kijk in de Kas-technologie gebruiken voor het klimaat, maar we laten ook meer gedetailleerde gewasmodellen meerekenen."

Eindresultaat moet zijn: een planningsysteem dat teeltdoelen zoals productiviteit en 'tijdigheid' kan afwegen tegen energiebehoefte en bedrijfseconomische factoren als arbeid en ruimtebenutting.

In het project 'Energiezuinige teeltplannen voor de potplantenteelt' is een eerste stap gezet door telers te interviewen. De onderzoekers weten nu wat telers op het gebied van energie belangrijk vinden en aan wat voor soort modellen ze behoefte hebben. Op basis van deze wensen werkt een team van onderzoekers aan een planningsysteem dat teeltdoelen kan afwegen tegen energiebehoefte en bedrijfseconomische factoren.

SAMENVATTING