

dr. J.P. Elhorst  
ir. M.J.G. van Onna  
ir. J.H.M. Wijnands (red.)

Mededeling 506

# DE (ON)MOGELIJKHEDEN VAN MATHEMATISCHE PROGRAMMERING IN HET LANDBOUW-ECONOMISCH ONDERZOEK

Methodische Notities 1

Juli 1994



SIGN: L27-506  
EX. NO: 4  
MLV:

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)

## REFERAAT

### DE (ON)MOGELIJKHEDEN VAN MATHEMATISCHE PROGRAMMERING IN HET LANDBOUW-ECONOMISCH ONDERZOEK; METHODISCHE NOTITIES 1

Elhorst, J.P., M.J.G. van Onna en J.H.M. Wijnands (red.)

Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), 1994

Mededeling 506

ISBN 90-5242-257-5

104 p., tab., fig.

Bundel met tien artikelen, alle handelend over mathematische programmering. Te zamen geven zij een ruim overzicht van de toepassingsmogelijkheden van deze methode in het landbouw-economische onderzoek. Ingegaan wordt op de voor- en nadelen van deze methode en de afweging waarom juist deze methode en geen andere wordt gebruikt voor de oplossing van specifieke vraagstellingen. Voorts wordt een aantal nieuwe terreinen gesignaleerd waarop deze methode kan worden toegepast.

Methodologie/Mathematische Programmering/Landbouweconomie

## CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

### (on)mogelijkheden

De (on)mogelijkheden van mathematische programmering in het  
landbouw-economisch onderzoek : methodische notities /

J.P. Elhorst, M.J.G. van Onna en J.H.M. Wijnands (red.). -

Den Haag : Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO). -

(Mededeling / Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) ; 506)

1. - Ill., fig, tab

ISBN 90-5242-257-5

NUGI 835

Trefw.: landbouweconomie ; mathematische programmering.

---

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

## INHOUD

	Blz.
<b>WOORD VOORAF</b>	5
<b>DE (ON)MOGELIJKHEDEN VAN MATHEMATISCHE PROGRAMMERING IN HET LANDBOUW-ECONOMISCH ONDERZOEK: INLEIDING</b> J.P. Elhorst, M.J.G. van Onna, J.H.M. Wijnands	7
<b>DE PLAATS VAN MATHEMATISCHE PROGRAMMERING BIJ DE MODELLERING VAN HET PRODUCENTENGEDRAG IN DE LANDBOUW</b> J.P. Elhorst	9
<b>HET GEBRUIK VAN LINEAIRE PROGRAMMERING VOOR DE BEDRIJFS- ECONOMISCHE ADVISERING IN DE AKKERBOUW</b> S.R.M. Janssens	20
<b>GEBRUIK VAN OPTIMALISATIE- EN SIMULATIEMODELLEN IN BEDRIJFSECONOMISCH ONDERZOEK VOOR DE MELKVEEHOUDERIJ: EEN AFWEGING</b> F. Mandersloot en A.T.J. van Scheppingen	35
<b>DYNAMISCHE LINEAIRE PROGRAMMERING TEN BEHOEVE VAN BOOMKWEKERIJBEDRIJVEN</b> A.G. van der Zwaan	49
<b>SAMENSTELLEN VAN VERGELIJKBARE GROEPEN VAN BEDRIJVEN</b> P.B. de Boer en J. Dijk	53
<b>PARALLELE LP'S MET EEN NIET-LINEAIRE DOELFUNCTIE</b> J.C. Blom en M.W. Hoogeveen	62
<b>HET MESTTRANSPORT- EN VERWERKINGSMODEL</b> M.Q. van der Veen	74
<b>HET GEBRUIK VAN LINEAIRE PROGRAMMERING VOOR DE VERBIJ- ZONDERING VAN KOSTEN EN OPBRENGSTEN NAAR LANDBOUW- PRODUKTIERICHTINGEN</b> A.D. Verhoog	85
<b>DRAM, EEN GEREGIONALISEERD MODEL VAN DE NEDERLANDSE LANDBOUW</b> G.F. Tamminga	95

# DE (ON)MOGELIJKHEDEN VAN MATHEMATISCHE PROGRAMMERING IN HET LANDBOUW-ECONOMISCH ONDERZOEK: INLEIDING

(J.P. Elhorst, M.J.G. van Onna en J.H.M. Wijnands)

Op woensdag 19 juni 1991 is op LEI-DLO een studiedag georganiseerd met als thema "De (on)mogelijkheden van mathematische programmering in het landbouw-economisch onderzoek". Deze studiedag had de volgende doelen:

1. het geven van een overzicht van toepassingen van mathematische programmering in het landbouw-economisch onderzoek;
2. het krijgen van inzicht in de afwegingen waarom juist deze methode gebruikt wordt en geen andere voor de oplossing van een specifieke vraagstelling;
3. het bespreken van de voor- en nadelen van het gebruik van mathematische programmering, afgezet tegen de doelstellingen van het onderzoek;
4. het signaleren van nieuwe terreinen waarop deze techniek kan worden toegepast.

In eerste instantie was de studiedag over mathematische programmering bedoeld voor LEI-DLO-medewerkers, om hen te informeren over de plaats van deze belangrijke wetenschappelijke onderzoeksmethode in het landbouw-economisch onderzoek, alsook over de plaats in het onderzoek op LEI-DLO. Om met name dit laatste gestalte te geven werd besloten op deze studiedag, op een uitzondering na, alleen LEI-DLO-medewerkers aan het woord te laten.

Om grotere bekendheid te geven aan de inzichten die inmiddels op LEI-DLO met mathematische programmering zijn opgedaan is ervoor gekozen om de gehouden inleidingen te publiceren. LEI-DLO wil de discussie over methodologie met geïnteresseerden van buiten niet uit de weg gaan. Het geheel heeft geleid tot een publikatie in de vorm van een Mededeling met in totaal tien verschillende papers. Aan de orde komen respectievelijk toepassingen van mathematische programmering op bedrijfsniveau - Elhorst, Janssens en Mandersloot/Van Scheppingen -, op sectorniveau - Blom/Hoogeveen, Van der Veen en Verhoog -, en op nationaal niveau - Tamminga. Daartussendoor is een paper opgenomen - De Boer/Dijk - met een bijzondere toepassing van mathematische programmering.

Tenslotte heeft prof. dr. P. van Beek als externe referent opgetreden en een kritische beschouwing over de toepassingen gegeven. Hij heeft ook suggesties gedaan voor verbetering en voor nieuwe onderzoeksvelden.

### *Conclusie van deze studiedag*

Voor de effectiviteit en efficiëntie van onderzoek op basis van mathematische programmering is het belangrijk op de hoogte te zijn van ontwikkelingen die zich in dit vakgebied voordoen. Een eerste aanzet daartoe vormt de bestudering van de literatuur. Daarnaast biedt de studiedag een goede gelegenheid daartoe.

Een van de aandachtspunten op de studiedag was de zogenaamde geïntegreerde benadering.

De mogelijkheden die de mathematische programmering biedt zijn talrijk. Genoemd zijn: lineaire programmering, kwadratische programmering, geheeltallige programmering, mixed-integer programmering, stochastische programmering, fractionele programmering, niet-lineaire programmering, lineaire risico-programmering, dynamische programmering en programmering onder meerdere doelstellingen. Heel belangrijk daarbij is de geïntegreerde benadering waar deze methoden kunnen samengaan. In een aantal papers wordt dat ook genoemd of toegepast. Meestal worden methoden tegen elkaar afgezet, zoals simulatie versus mathematische programmering of regressie-analyse versus mathematische programmering. Maar ook is gewezen op de wijze waarop deze methoden kunnen samengaan. De mogelijkheden die de mathematische programmering biedt, zeker als deze wordt toegepast in een geïntegreerde context, zijn namelijk vele malen groter dan door de meeste mensen wordt ingeschat. De complexiteit kan er wellicht de oorzaak van zijn dat maar weinigen dit tot zich (kunnen) nemen.

Verder is het belangrijk aandacht te besteden aan de ontwikkelingen die gaande zijn op het gebied van de software. Binnen het LEI-DLO wordt sterk de hand gehouden aan Sciconic dat vooral voor lineaire programmering geschikt is. Uit verschillende papers blijkt echter dat er vraag is naar andere toepassingen van mathematische programmering, maar dat dat met dit pakket niet zo goed mogelijk is. In wezen is deze beperking in het onderzoek echter niet nodig, omdat er inmiddels betere software voorhanden is.

# DE PLAATS VAN MATHEMATISCHE PROGRAMMERING BIJ DE MODELLERING VAN HET PRODUCENTENGEDRAG IN DE LANDBOUW

(J.P. Elhorst)

## *Abstract*

In this paper I discuss two models to describe producer behaviour, mathematical programming models and econometric models based on duality theory, as well as their pros and cons. It is stated that econometric models are well equipped to describe the past, while mathematical programming models are well equipped to explore the future. An integrated system will be proposed in which disadvantages of both models can be avoided.

## 1. Inleiding

De bestudering van het producentengedrag in de landbouw is een belangrijk onderzoeksthema binnen de landbouweconomie. Voor het meten van de invloed van prijsveranderingen van produkten en produktiefactoren op de voortbrenging en inzet van deze produkten en produktiefactoren bestaat veel belangstelling. De belangrijkste bijdrage die de economische wetenschap heeft opgeleverd om dit probleem te analyseren is de neo-klassieke theorie ter verklaring van het producentengedrag. Deze theorie gaat uit van drie axioma's:

1. de producent streeft naar winstmaximalisatie;
2. de prijzen van de produkten en produktiefactoren zijn gegeven en kunnen niet beïnvloed worden door het individuele gedrag van de producent. Dit gegeven kan twee oorzaken hebben. De producent opereert of op markten die worden gekenmerkt door volledige mededinging of op markten waar de prijzen worden bepaald door andere marktpartijen of instanties, bijvoorbeeld door de overheid;
3. het productieproces kan volgens één produktiefunctie worden beschreven.

De meest algemene vorm van het wiskundige model gebaseerd op deze axioma's laat zich als volgt omschrijven:

$$\text{MAX } p_1 Y_1 + \dots + p_n Y_n - w_1 X_1 - \dots - w_g X_g \quad (1a)$$

$$Y, X \text{ onder voorwaarde dat } f(Y_1, \dots, Y_n, X_1, \dots, X_g) = 0, \quad (1b)$$

met  $p_i$  de prijs van produkt  $Y_i$  ( $i=1, \dots, n$ ),  $w_j$  de prijs van produktiefactor  $X_j$  ( $j=1, \dots, g$ ) en  $f$  een produktiefunctie van het bedrijf als geheel. Voor de afleiding van deze vorm, de veronderstellingen die eraan ten grondslag liggen, alsook de condities waaraan voldaan moet zijn, zij verwezen naar de diverse micro-economische handboeken. Daarbij kan er op gewezen worden dat het ook mogelijk is uit te gaan van andere economische criteria, bijvoorbeeld van andere economische doeleinden die worden nagestreefd. In dat verband kan worden gedacht aan omzetmaximalisatie, handhaving van het marktaandeel van de onderneming of een meer algemeen gericht streven naar continuïteit. Deze doelstellingen passen echter minder goed bij de gekozen marktform van volledige mededinging en zijn vaak moeilijk te operationaliseren.

Binnen het bovengenoemde, wiskundige model nu zijn twee duidelijke, verschillende modeltypen te onderscheiden (vergelijk 1a en 1b):

- a) mathematische programmeringsmodellen of normatieve modellen;
- b) econometrische of positieve modellen op basis van de dualiteitstheorie.

In deze paper zal dieper op de beide modeltypen worden ingegaan. Beide modeltypen zullen in het kort worden besproken en ook zullen de voor- en nadelen genoemd worden. Om een volledig beeld te geven van alle modeltypen die in het landbouw-economisch onderzoek gebruikt worden om het producentengedrag te beschrijven, zullen ook twee alternatieve aanpakken besproken worden, hoewel deze niet of minder sterk de hand houden aan het model als geformuleerd in (1). Vervolgens zal een visie worden ontwikkeld op een geïntegreerde aanpak van mathematische programmerings- en econometrische modellen teneinde de resultaten verkregen uit de verschillende modeltypen beter op elkaar af te stemmen. Tenslotte zal deze paper worden afgesloten met enkele conclusies.

## 2. Een beschrijving van de verschillende modeltypen

### 2.1 Mathematische programmeringsmodellen

In een mathematisch programmeringsmodel zijn steeds drie belangrijke gemeenschappelijke elementen aanwezig:

1. de doelstelling van de producent;
2. de activiteiten waarmee de doelstelling in meer of minder sterke mate verwezenlijkt kan worden; en
3. de beperkingen waaraan de uitvoering van de activiteiten onderworpen is.

Om het producentengedrag in de landbouw te beschrijven heeft men tot nu toe het meeste gebruik gemaakt van lineaire programmeringsmodellen. In deze aanpak is het programmeringsmodel opgebouwd uit a) een stelsel van lineaire, additieve produktiefuncties van alle mogelijke produkten die de agrarische producent zou kunnen produceren, b)

een aantal restricties op de beschikbaarheid van produktiefactoren en c) een doelfunctie die, zoals boven is weergegeven, in het algemeen neerkomt op winstmaximalisatie. De oplossing van het programmeringsmodel geeft vervolgens het aanbod van produkten en de vraag naar produktiefactoren van een representatief landbouwbedrijf bij gegeven prijzen en bij gegeven stand van de techniek. Voor een overzicht van de stappen die genomen dienen te worden bij de opbouw van een lineair programmeringsmodel ten behoeve van agrarische bedrijven zij verwezen naar Niejenhuis en Renkema (1989). Terzijde kan worden opgemerkt dat dit overzicht zich niet beperkt tot louter lineaire programmeringsmodellen, er wordt ook een aantal generalisaties behandeld, zoals niet-lineaire relaties, lineaire risicoprogrammering, dynamische lineaire programmering en het programmeringsmodel bij meerdere doelstellingen.

## 2.2 Econometrische modellen op basis van de dualiteitstheorie

De belangrijkste instrumenten die de dualiteitstheorie heeft voortgebracht zijn het concept van de kostenfunctie, van de opbrengstfunctie en van de winstfunctie. Deze concepten zijn belangrijk gebleken, omdat ze als alternatief gebruikt kunnen worden voor de specificatie van een produktiefunctie. Volgens de dualiteitstheorie namelijk bestaat een direct verband tussen deze functies en de produktiefunctie in die zin, dat zij alle het produktieproces op het bedrijf beschrijven gegeven de stand van de techniek.

Van de drie genoemde functies is de winstfunctie de meest algemene. Zij geeft een verklaring voor de winst - het verschil tussen de totale opbrengsten verkregen uit de voortbrenging van produkten en de totale kosten verbonden aan de inzet van produktiefactoren - als functie van de prijzen van deze produkten en produktiefactoren. De belangrijkste eigenschap van de winstfunctie is echter wel dat tegelijkertijd ook aanbodvergelijkingen van produkten en vraagvergelijkingen naar produktiefactoren kunnen worden afgeleid. Dit gebeurt door de winstfunctie naar de prijzen van produkten en produktiefactoren te differentiëren. Het op deze wijze te verkrijgen stelsel van vergelijkingen heeft aldus als te verklaren variabelen: de winst, de omvang van de produktie van elk van de produkten en de inzet van elk van de vlottende produktiefactoren. Analooch kan ook de kostenfunctie of de opbrengstfunctie worden beschreven.

Belangrijk bij dit modeltype is om in te zien dat een produktiemodel op basis van de dualiteitstheorie eveneens een schatting geeft van de onderliggende produktiestructuur, maar dan impliciet. Met andere woorden: als men een schatting maakt van de kostenfunctie, de opbrengstfunctie of de winstfunctie, dan maakt men impliciet ook een schatting van de produktiefunctie. Het is ook mogelijk om deze produktiefunctie, als men daarin geïnteresseerd is, af te leiden. Zo kan men laten zien dat



uit een winstfunctie van het type Cobb-Douglas een produktiefunctie kan worden afgeleid van eveneens het type Cobb-Douglas (Lau, 1972).

### 3. De voor- en nadelen van beide type modellen

Hoewel uit beide modeltypen het aanbod van produkten en de vraag naar produktiefactoren afgeleid kunnen worden bestaat tussen de twee toch een belangrijk verschil. Mathematische programmeringsmodellen geven aanbod- en vraagrelaties die onder bepaalde veronderstellingen potentieel kunnen bestaan. Daarom worden deze modellen ook wel normatieve modellen genoemd. Normatief niet in de zin wat zou moeten, maar wat mogelijk zou kunnen gebeuren als producenten bepaalde doelstellingen nastreven binnen bepaalde vrijheidsgraden. Econometrische modellen daarentegen trachten een schatting te maken van aanbod- en vraagrelaties zoals ze feitelijk bestaan. Beide benaderingen hebben voor- en nadelen en dat verklaart waarom ze over en weer zijn gebruikt. Hieronder zullen de voor- en nadelen in het kort worden opgesomd. Voordeelen van mathematische programmeringsmodellen zijn:

1. zij kunnen eenvoudig tot een groot aantal produkten en produktiefactoren worden uitgebreid. In principe is het met een mathematisch programmeringsmodel dan ook mogelijk om met alle factoren die van invloed zijn op het aanbod van produkten en de vraag naar produktiefactoren rekening te houden, zoals de prijzen van produkten en produktiefactoren en alle institutionele, technologische en fysische restricties. Een dergelijke vergaande detaillering is met een econometrisch model nauwelijks haalbaar;
2. met een mathematisch programmeringsmodel kunnen allerlei alternatieven - quoterings van bepaalde produkten of beperkingen op het gebruik van bepaalde produktiefactoren - eenvoudig worden doorgerekend; ook alternatieven die sterk afwijken van ontwikkelingen in het verleden.

Nadelen zijn:

1. het model geeft alleen oplossingen voor een hypothetisch bedrijf. Over het algemeen wordt de te onderzoeken populatie opgedeeld in een aantal groepen en wordt binnen elke groep één bedrijf gedefinieerd als representant voor alle bedrijven binnen deze groep. Het nadeel daarvan is dat men geen rekening meer kan houden met de verscheidenheid tussen deze bedrijven. Als bijvoorbeeld binnen een bepaalde groep het ene deel van de bedrijven niet en het andere deel wel van een bepaalde produktiefactor gebruik maakt, dan kan dat voor het representatieve bedrijf onmogelijk worden aangegeven. Natuurlijk kan men in dat geval deze groep in twee delen uiteen laten vallen, maar zo doorredenerend eindigt men uiteindelijk met één model voor elk afzonderlijk bedrijf en dat is een onhandelbare situatie;

2. de uitkomsten van het model worden niet aan de praktijk getoetst. Er is geen uitsluitel over de vraag of potentieel berekende effecten in de praktijk ook daadwerkelijk zullen optreden. Volgens Bauer (1989: 15) vindt er geen statistische schatting plaats van de parameters en ontbreekt het aan een "formalized calibration and validation procedure".

Voordelen van econometrische modellen op basis van de dualiteitstheorie zijn:

1. door een model af te leiden van een economische theorie en deze te confronteren met feitelijke data, is het mogelijk de veronderstellingen die aan het model ten grondslag liggen aan de praktijk te toetsen. Daarnaast kan ook de verklaringskracht van deze modellen berekend worden volgens "generally accepted calibration and validation procedures" (Bauer, 1989: 15);
2. binnen dit modeltype zijn ook multiple-input, multiple-output systemen te schatten, hoewel vaak niet eenvoudig;
3. flexibele functievormen zijn eenvoudig toepasbaar. Dit vergroot de aantrekkelijkheid van dit modeltype, omdat het gebruik hiervan impliceert dat zo min mogelijk restricties aan de onderliggende produktiestructuur behoeven te worden opgelegd (Chambers, 1988: 160-164);
4. uitkomsten welke worden verkregen uit econometrische modellen als functie van exogene variabelen kennen een continu karakter en zijn daardoor makkelijker te interpreteren dan die welke worden verkregen uit mathematische programmeringsmodellen. Deze laatste hebben vaak te kampen met het probleem van hoekoplossingen 1).

Nadelen zijn:

1. econometrische modellen geven vaak een beperkte beschrijving van de onderliggende produktietechniek;
2. econometrische modellen zijn gebaseerd op historische data en kunnen daarom niet worden gebruikt om voorspellingen te doen omtrent nieuwe produkten, produktiefactoren of produktietechnieken.

#### 4. Alternatieve aanpakken

Om het producentengedrag in de landbouw te verklaren zijn behalve mathematische programmeringsmodellen en econometrische modellen op basis van de dualiteitstheorie ook alternatieve aanpakken denkbaar. Op twee daarvan zal hieronder in het kort worden ingegaan, omdat er in het landbouweconomisch onderzoek veelvuldig gebruik van

---

1) Hoekoplossing: oplossingen van een mathematische programmeringsmodel liggen meestal op een hoek van het toegelaten gebied, het gebied waar een oplossing kan liggen.

wordt gemaakt. Het betreft respectievelijk partiële aanbod- en vraagstudies en het bedrijfsvergelijkende onderzoek op basis van factoranalyse.

#### 4.1 Partiële aanbod- en vraagstudies

Een groot aantal studies is in deze klasse in te delen. Deze studies leiden de aanbodvergelijkingen van produkten en de vraagvergelijkingen naar produktiefactoren niet af uit een theoretisch model opgebouwd uit economische beslissingscriteria, maar geven een directe schatting van deze vergelijkingen. Meestal beperkt men zich dan tot één of enkele aanbod- of vraagvergelijkingen, vandaar de term partiële studies. Dien-tengevolge neemt het belang van de neo-klassieke theorie van het producentengedrag af en is het niet langer noodzakelijk restricties die volgen uit de doelstelling van winstmaximalisatie aan de aanbod- of vraagvergelijkingen op te leggen. Dat wil niet zeggen dat men zich in deze studies van een theoretische onderbouwing onthoudt; er wordt meer dan eens gebruik gemaakt van verklaringsschema's. Een verklaringsschema kan omschreven worden als een relatiestructuur tussen de belangrijkste technische en economische grootheden die bij het producentengedrag een rol spelen. Zo'n verklaringsschema wordt gekenmerkt door plausibiliteit en consistentie en is meestal gebaseerd op de algemeen beschikbare kennis en op de visie van de onderzoeker. Toch biedt zo'n verklaringsschema de lezer in het algemeen niet meer dan alleen een globaal inzicht in de modelopzet. Het belangrijkste bezwaar tegen deze benadering is dan ook dat de resultaten in belangrijke mate worden beoordeeld op basis van voorspelkracht. Of in de woorden van Burell (1989: 5): "Since the maintained hypothesis implies few restrictions on the model apart from a priori expectations about some coefficient signs, the results are assessed largely in terms of goodness-of-fit". Dit heeft het gevaar dat "spurious correlations may wrongly be taken as evidence of the validity of the specification and its behavioural assumptions" (Burell, 1989: 5).

#### 4.2 Het bedrijfsvergelijkend onderzoek op basis van factoranalyse

Een aparte stroom van literatuur, die in Nederland veel opgang heeft gemaakt, is het onderzoek op basis van factoranalyse; beter bekend als het bedrijfsvergelijkende onderzoek. Dit type onderzoek is voornamelijk gebruikt om inkomensverschillen te analyseren en was met name bedoeld om, na het onderkennen van de oorzaken van inkomensverschillen, individuele landbouwers te kunnen adviseren over de mogelijkheden het inkomensniveau te verbeteren.

Behalve het analyseren van inkomensverschillen is of wordt factoranalyse ook gebruikt voor het analyseren van het aanbod van produkten en de vraag naar produktiefactoren (Zachariasse en De Hoop, 1983). Ook

met deze aanpak is het dus zeer wel mogelijk inzicht te verkrijgen in het producentengedrag in de landbouw. Aan de andere kant moet worden gewaarschuwd voor te hoge verwachtingen van deze aanpak. Factoranalyse is net als vele andere statistische technieken - variantie-, cluster-, discriminant-, correspondentie- en principale componentenanalyse - uitermate geschikt om het inzicht in de beschikbare data te vergroten, om zoals wel eens wordt gezegd de data te doen laten spreken teneinde op die manier realistischer verbanden te kunnen afleiden. Het betekent echter niet dat tussen de gemeten variabelen ook oorzakelijke verbanden zijn af te leiden zoals dat gebeurt in econometrische modellen op basis van de dualiteitstheorie of in partiële aanbod- en vraagstudies.

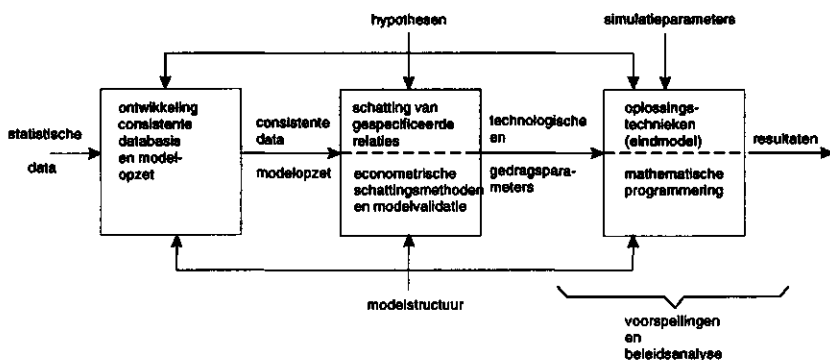
## 5. Een geïntegreerde aanpak

Na bij deze twee alternatieve aanpakken te hebben stil gestaan, zal de aandacht zich nu weer richten op mathematische programmerings- en econometrische modellen. Uit het voorgaande zal duidelijk zijn geworden dat beide modeltypen hun sterke en hun zwakke punten hebben en dat maakt dat het ene modeltype op een bepaald terrein beter gebruikt kan worden dan het andere. Dit wordt in sterke mate bepaald door de doelstelling van het onderzoek. Het zou dan ook verkeerd zijn om een algemene voorkeur voor een bepaald modeltype uit te spreken. Wel is het mogelijk om aan te geven op welke terreinen beide het beste thuis zijn. Een goed overzicht daarvan is gegeven door Bauer (1989: 14-16). Volgens Bauer is er behoefte aan een geïntegreerde aanpak waarbij van verschillende modeltypen gebruik wordt gemaakt en waarbij op ieder terrein dat modeltype wordt gekozen dat op dat terrein het beste thuis is. In de woorden van Bauer (1989: 14): "What seems necessary is critical reflections of the potential and limitations of conceptual approaches and an appropriate combination within a well-structured system approach. The basic idea of such an approach is that the most advantageous methods can be applied to single system components, while it is possible to avoid the disadvantages of single methods within a combined system analysis approach". Om deze gedachtengang te onderstrepen onderscheidt Bauer drie stappen bij het bouwen van een beleidsondersteunend model van het producentengedrag:

1. de ontwikkeling van een consistente databasis en modelopzet;
2. het schatten van de gespecificeerde relaties met behulp van econometrische schattingsmethoden;
3. het oplossen van het model met behulp van mathematische programmering.

In figuur 1 staan deze drie stappen nogmaals aangegeven, alsook hun onderlinge relaties.

Het startpunt van de analyse wordt gevormd door de doelstelling van het onderzoek. Modellen worden met een bepaald doel gebouwd. Het duidelijk formuleren van de doelstelling van een model is van we-



*Figuur 1 De opeenvolgende stappen te ondernemen voor de bouw van een beleidsondersteunend model van het producentengedrag*

zenlijk belang voor de verdere bouw ervan. Een model dat voor het ene doel uitermate geschikt is, kan totaal ongeschikt zijn voor een ander doel. Afhankelijk van het model dat men voor ogen heeft worden keuzes gemaakt, bijvoorbeeld aangaande de mate van aggregatie, het onderscheid tussen endogene en exogene variabelen, en dergelijke. Uit de doelstelling van een te construeren model kan dan ook een globale modelstructuur worden afgeleid. Om dat te kunnen doen zal het te beschrijven systeem, in dit geval het beslissingskader van een agrarische producent, duidelijk in kaart gebracht moeten worden. Een multidisciplinaire aanpak ligt daarbij voor de hand. Vakdisciplines die met het systeem te maken hebben, zullen hierbij informatie kunnen aanleveren over de wezenlijke eigenschappen van het systeem: welke grootheden kenmerken het systeem, hoe beïnvloeden die elkaar en welke grootheden van buiten het systeem zijn op welke manier van invloed op grootheden binnen dat systeem? Op deze wijze zal een beeld ontstaan van de werking van het systeem. Naar aanleiding van de beschrijving van het systeem zal een modelstructuur gekozen moeten worden die op logische en consistente wijze het systeem afbeeldt. De kenmerken van het systeem op een bepaald moment krijgen in het model de vorm van variabelen, de invloeden van variabelen op andere variabelen krijgen de vorm van wiskundig gespecificeerde, maar nog niet gekwantificeerde relaties. Voorts zullen op basis van de modelstructuur data worden verzameld en gecontroleerd op consistentie.

In een model waarvan de structuur in grote lijnen vastligt, zullen aan de parameters van de wiskundig gespecificeerde relaties getalswaarden toegekend moeten worden. Dit is de tweede stap bij de bouw van een beleidsondersteunend model ter beschrijving van het producentengedrag. Hiervoor kan het beste gebruik worden gemaakt van economische schattingsmethoden, omdat alleen langs deze weg kan worden

nagegaan of een model ontwikkeld kan worden dat bij de data past of dat ook het verleden kan beschrijven. Mathematische programmeringsmodellen zijn voor dit doel minder geschikt, omdat de parameters in dergelijke modellen al zijn vastgesteld. Het is dan ook uitermate moeilijk om met een mathematisch programmeringsmodel te pogen het verleden te beschrijven. Doordat men niet beschikt over een "formalized calibration and validation procedure" heeft men geen houvast om de verklarende kracht van deze modellen aan te geven.

In de bovenstaande omschrijving is aangenomen dat de overgang van de eerste naar de tweede stap, dat is de overgang tussen de keuze van de modelstructuur en de toekenning van getalswaarden aan de parameters binnen deze modelstructuur, vloeiend verloopt. In de praktijk behoeft dat geenszins het geval te zijn; het kan zijn dat bepaalde onderdelen van de modelstructuur nog onvoldoende bekend zijn, dat nog niet duidelijk is hoe de variabelen elkaar onderling beïnvloeden of nog erger welke variabelen überhaupt opgenomen moeten worden. In dat geval ligt het voor de hand om gebruik te maken van de alternatieve aanpakken die in deze paper genoemd zijn, dan wel van andere vormen van data-analyse. Data-analyse is het geheel van technieken en middelen dat dient om inzicht te krijgen in samenhangen en patronen in beschikbaar data-materiaal. Het omvat zowel het gebruik van eenvoudige hulpmiddelen (bijvoorbeeld grafieken en spreidingsdiagrammen) als het toepassen van multivariate technieken om verbanden in het data-materiaal op te sporen, alsook het schatten en toetsen van wiskundige relaties met statistische technieken.

Als het volledige model eenmaal is gespecificeerd en de parameters geschat, dan is men toe aan de laatste stap bij de bouw van een beleidsondersteunend model ter beschrijving van het producentengedrag: het verrichten van beleidsanalyse en het doen van voorspellingen. Een mathematisch programmeringsmodel is daar uitermate geschikt voor. Als men antwoord wil geven op de vraag welke instrumenten nodig zijn om een bepaald beleid te voeren en welke effecten dat beleid tot gevolg zal hebben, dan is het mogelijk een daartoe geschikt mathematisch programmeringsmodel te ontwikkelen, waarvan het econometrische schattingsmodel een onderdeel vormt. Bovendien kan het mathematische programmeringsmodel daarbij worden uitgebreid op die punten waarop het econometrische model tekort schiet. Gesteld is dat econometrische modellen zijn gebaseerd op historische data en daarom niet gebruikt kunnen worden om voorspellingen te doen omtrent nieuwe producten, productiefactoren of produktietechnieken. Mathematische programmeringsmodellen kunnen dat wel. Allerlei alternatieven - quotering van bepaalde producten of beperkingen op het gebruik van bepaalde productiefactoren - kunnen eenvoudig worden doorgerekend; ook alternatieven die sterk afwijken van het verleden. Er is niets wat een onderzoeker let om deze alternatieven aan het econometrische model vast te koppelen en zo aan de hand van een mathematisch programmeringsmodel een toekomstverkenning uit te voeren.

Het door Bauer ontwikkelde schema overziende leidt dan ook tot de conclusie dat de verschillende modeltypen elkaar niet bij voorbaat behoeven uit te sluiten. Als de onderzoeker zou willen, is het zeer wel mogelijk om beide modeltypen op elkaar te laten aansluiten.

Uit het bovenstaande overzicht zal duidelijk zijn geworden dat er talloze studies zijn verschenen die het producentengedrag in de landbouw proberen te beschrijven of te verklaren. In deze paragraaf is een geïntegreerde aanpak beschreven ten einde het onderzoek met behulp van mathematische programmerings- en econometrische modellen nader tot elkaar te brengen. De belangrijkste reden om dat na te streven is gelegen in het feit dat de verschillende modeltypen uiteenlopende resultaten te zien geven als het gaat om de vraag hoe de agrarische producent op bepaalde beleidsmaatregelen zal reageren. Hierboven is getracht duidelijk te maken dat een oplossing daarvoor niet is gelegen in het opnieuw opstarten van studies die zijn gebaseerd op één modeltype. Men kan dat wel doen door de modellen die tot nu toe zijn ontwikkeld nog verder te verfijnen, maar dat zal de verschillen in uitkomsten die de verschillende modeltypen te zien geven niet wegnemen. Beter kan men een onderzoek opstarten naar die methoden die de verschillende modeltypen kunnen combineren. Het schema dat is gegeven in tabel 1 kan dienen als een handleiding daarbij.

## 6. Enkele conclusies

De mathematische programmering neemt een belangrijke plaats in bij de modellering van het producentengedrag in de landbouw. Zij vormt naast het econometrische model op basis van de dualiteitstheorie één van de twee modeltypen om dit gedrag te beschrijven. De populariteit van het mathematische programmeringsmodel kan verklaard worden uit het feit dat een expliciete en doelmatige optimaliseringsprocedure wordt geboden, waarbij alle managementsdeelgebieden en de interne en externe randvoorwaarden in hun onderlinge samenhang worden bekeken. Een verandering in een van deze aspecten is bovendien snel door te rekenen met een eenmaal geformuleerd model (De Koeijer et al., 1991:25). Het mathematische programmeringsmodel heeft echter ook nadelen. De belangrijkste is wel dat het model minder geschikt is om het verleden te beschrijven. Om die reden is in deze paper gefilosofeerd over een nieuwe, geïntegreerde aanpak voor de bouw van een beleidsondersteunend model van het producentengedrag waarbij van beide bovengenoemde modeltypen gebruik wordt gemaakt. De kern van deze aanpak is dat voor het toekennen van getalswaarden aan wiskundig gespecificeerde relaties gebruik wordt gemaakt van econometrische schattingsmethoden, omdat alleen langs die weg kan worden nagegaan of een model ontwikkeld kan worden dat bij de data past of dat ook het verleden kan beschrijven. Terwijl voor het oplossen van het model, dat wil zeggen voor het zoeken naar een antwoord op de vraag welke instrumenten nodig

zijn om een bepaald beleid te voeren en welke effecten dat beleid tot gevolg zal hebben, gebruik wordt gemaakt van een mathematisch programmeringsmodel.

#### Literatuur

Bauer, S.

*Historical review, experiences and perspectives in sector modelling*; In: Bauer, S. en W. Henrichsmeyer (ed.), *Agricultural sector modelling*. Kiel (Vauk) 1989

Burrell, A.

*"The demand for fertiliser in the United Kingdom"*; *Journal of agricultural economics* 40 (1989) 1-20

Chambers, R.G.

*Applied production analysis; a dual approach*; Cambridge (University Press) 1988

Koeijer, T.J. de et al.

*"De zorg voor het milieu in economisch perspectief"*; *Landbouwkundig tijdschrift* 103 (1991) no. 3, 24-26

Lau, L.J. en P.A. Yotopoulos

*"Profit, supply and factor demand functions"*; *American journal of agricultural economics* 54 (1972) 11-18

Niejenhuis, J.H. en J.A. Renkema

*De opbouw van modellen ten behoeve van de mathematische programmering van agrarische bedrijven*; Wageningen, LUW, 1989; Wageningse economische studies 15



# HET GEBRUIK VAN LINEAIRE PROGRAMMERING VOOR DE BEDRIJFSECONOMISCHE ADVISERING IN DE AKKERBOUW

(S.R.M. Janssens)

## *Abstract*

In the seventies a system for management advisory services for individual arable farms was developed, using mixed integer linear programming as planning method for generating optimal production plans. Since the implementation many farmers have been supported by using this system.

In 1984 a new project (BEA) was started. Main goal of this project was to design one management advisory system including a database and linear programming, for all branches in agriculture. The advisor himself must be capable of using this system to support farmers in their management activities. The main goal of the project was never reached.

During both projects it became obvious that the extension service was not really able to handle systems based on advanced techniques (linear programming, databases). This was mainly due to:

- lack of knowledge and experience with linear programming;
- the fact that the total management advisory proces is very time-consuming if linear programming is to be used.

## 1. Inleiding

Het opstellen van bedrijfseconomische adviezen door de landbouwvoorlichting voor individuele landbouwbedrijven in Nederland begon rond 1960. Omstreeks die tijd werden door het toenmalige Consulentenschap voor Bedrijfsvraagstukken formulierensets ontwikkeld voor het opstellen van bedrijfseconomische adviezen. Deze formulierensets werden in de praktijk geïntroduceerd als het gele, groene en blauwe boek voor respectievelijk de akkerbouw, tuinbouw en rundveehouderij. Later werd ook de mogelijkheid van het gebruik van eenvoudige optimaliseringstechnieken (saldomethode, "program planning") aan de formulierensets toegevoegd en bij de bedrijfsvoorlichters geïntroduceerd.

In 1974 werd besloten een onderzoek in te stellen naar de mogelijkheid om het opstellen van bedrijfseconomische adviezen te automatiseren door gebruik te maken van geavanceerde optimalisatietechnieken. Op deze wijze diende het opstellen van bedrijfsontwikkelingsplannen

zowel kwantitatief als kwalitatief te worden versterkt. Het onderzoek werd uitgevoerd door het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt (PAGV) te Lelystad in samenwerking met het Instituut voor Mechanisatie, Arbeid, en Gebouwen (IMAG) te Wageningen. Op het PAGV ontwikkelde men een toepassing van gemengd geheeltallige lineaire programmering (LP) voor de simultane optimalisatie van bouwplan, arbeid, werktuiginventaris en verdere bedrijfsuitrusting. De basis van het systeem bestond uit een tweetal standaardmatrices. Om de gegevensverzameling op de bedrijven gestructureerd te laten verlopen werden op de standaardmatrices afgestemde invulformulieren ontworpen. Ook het ontwerp van een systeem voor de invoer van de gegevens en de opbouw van het bedrijfsrapport vond op het PAGV plaats. Op het IMAG ontwikkelde men een reeks computerprogramma's voor:

- het omzetten van de standaardmatrices in bedrijfsspecifieke matrices;
- het lezen en selecteren van de resultaten van zes alternatieve plannen;
- het uitschrijven van het bedrijfsadvies.

Na afronding van het onderzoek werd het systeem in de praktijk geïntroduceerd. Jaarlijks werd voor circa vijftig bedrijven een bedrijfseconomisch advies opgesteld met behulp van de standaardmatrices. Het systeem vormde een aanvulling op de formulierensets en was bedoeld voor akkerbouwbedrijven waar ingrijpende wijzigingen in de bedrijfsopzet werden overwogen. De opname van de bedrijfsspecifieke gegevens werd uitgevoerd door de bedrijfsvoorlichting terwijl de verwerking centraal op het PAGV plaatsvond. Na verwerking werden de bedrijfsrapporten teruggezonden en door de bedrijfsvoorlichter en ondernemer besproken.

Ook in enkele andere takken nam de belangstelling toe voor het gebruik van lineaire programmering. Op het Proefstation voor de Rundveehouderij (PR) had men inmiddels een eigen systeem voor de bedrijfseconomische advisering in de rundveehouderij ontwikkeld. De gedachte ontstond om de afzonderlijk ontwikkelde systemen onder te brengen in één geïntegreerd adviessysteem dat door voorlichters zelf gebruikt kon worden. Bovendien diende het systeem dusdanig van opzet te zijn dat het via uitbreiding mogelijk zou worden om bedrijfseconomische adviezen op te stellen voor takken die nog niet over een dergelijk systeem beschikten (glastuinbouw, fruitteelt, intensieve veehouderij). Met zo'n uitgebreid systeem zouden onder andere adviezen voor gemengde bedrijven opgesteld kunnen worden, hoewel het aantal gemengde bedrijven relatief gering was.

In 1984 werd in opdracht van de directie Veehouderij en Zuivel en de directie Akker- en Tuinbouw van het Ministerie van Landbouw en Visserij een masterplanstudie uitgevoerd. Het onderzoek betrof:

- de inventarisatie van mogelijke hulpmiddelen voor een geautomatiseerd bedrijfseconomisch advies ten behoeve van de voorlichtingsdienst;
- de definiëring van een pilotproject met betrekking tot het implementeren van het geautomatiseerd bedrijfseconomisch advies voor de voorlichtingsdienst.

Op basis van de masterplan-studie ging in november 1984 het BEA-project van start. In eerste instantie beperkte men het te automatiseren deel tot de akkerbouw vanwege de daar aanwezige kennis en ervaring. Na anderhalf jaar ontwikkelen kon voor de akkerbouw een systeem met LP in de praktijk getest worden. De voorlichters hadden op dat moment nog geen enkele ervaring met automatisering, het BEA-systeem was een eerste kennismaking. Het systeem was complex en traag waardoor het niet beantwoordde aan de behoefte die bij de bedrijfsvoorlichters bestond. De ervaringen binnen de voorlichting waren dusdanig dat het gebruik van LP op een zijspoor werd gezet en gestart werd met de bouw van een systeem zonder LP. Eind 1988 werd het BEA-project beëindigd zonder dat het uiteindelijk gewenste resultaat was bereikt.

Door het PAGV is het jaar daarna een aantal spreadsheettoepassingen voor bedrijfseconomische advisering van akkerbouw- en vollegrondsgroenteteeltbedrijven ontwikkeld. Deze toepassingen (zonder LP) worden momenteel op ruime schaal in de praktijk gebruikt.

In deze paper zijn de eerder genoemde, voor LP toonaangevende, (onderzoeks)projecten chronologisch op een rij gezet. Daarbij is getracht om met name de motivatie voor het gebruik van LP, inclusief de voor- en nadelen na te gaan. Desondanks is het met name voor het complexe automatiseringsproject BEA minder eenvoudig een oordeel over het gebruik van LP te geven omdat ook diverse andere factoren het verloop van dit project bepaalden.

## 2. Oorzaken beperkt gebruik optimaliseringstechnieken

Na het beschikbaar komen van optimaliseringstechnieken is het gebruik ervan niet dusdanig toegenomen zoals menigeen zich dat aanvankelijk voorstelde. De volgende oorzaken werden daarvoor in 1975 op een congres aan het Wye College in Engeland genoemd:

- aanvankelijk wantrouwen, zowel bij boer als bij voorlichter, ten aanzien van de verschillende methoden. Dit werd onder andere veroorzaakt doordat gewerkt werd met een sterke vereenvoudiging van de werkelijkheid en ook door de onbekendheid met het gebruik van de computer;
- gebrek aan bruikbare gegevens van de te adviseren bedrijven voor het opstellen van matrices en gebrek aan noodzakelijk aanvullend onderzoek. Dit probleem doet zich nogal eens voor in die landen waar de bedrijfseconomische boekhouding weinig of geen ingang heeft gevonden;

- het gebruik van verschillende planningsmethoden, zeker de meer geavanceerde methoden, vereist een bepaalde scholing. Regionale voorlichters die met deze methoden zouden moeten werken, bleken daarin vaak onvoldoende geschoold;
- gebleken is dat ook bij planningsmethoden waarbij veel rekenwerk door de computer kan worden gedaan, het maken van bedrijfsbegrotingen nog tamelijk tijdrovend kan zijn door het vele handwerk dat nog verricht moet worden, zoals het verzamelen van alle benodigde data op het bedrijf waarvoor een advies wordt opgesteld; het opbouwen van het begintableau met behulp van deze data; het invoeren van de gegevens in de computer; het analyseren van de output en het samenvoegen van de meest relevante kengetallen in bepaalde overzichten die voor de boer leesbaar en begrijpelijk zijn.

Bovenstaande factoren hebben een toepassing op grote schaal bemermd. Om de toepassingsmogelijkheden te vergroten, is er in het PAGV/IMAG-onderzoek naar gestreefd te komen tot een verdere rationalisatie en automatisering van het planningsproces.

### 3. Verschillende optimaliseringstechnieken

De beschikbaarheid van optimaliseringstechnieken maakten het mogelijk om meerdere, complexe bedrijfsvraagstukken tegelijkertijd in hun onderlinge samenhang te optimaliseren; bijvoorbeeld de consequenties voor zowel arbeid als mechanisatie (of loonwerk) bij vergroting van het akkerbouwbedrijf in combinatie met bouwplanintensivering.

De saldomethode en "program planning" zijn planningsmethoden, waarbij de noodzakelijke berekeningen met de hand kunnen worden uitgevoerd. Ook bleek de program planning uitstekend geschikt voor instructiedoeleinden (introductie binnen de voorlichting), omdat bij gebruik van deze methode vrij snel een goed inzicht in het totale bedrijfsverband wordt verkregen. Een nadeel van beide methoden is, dat er geen garantie bestaat dat het optimale plan wordt gevonden. Ook is de toepassing van deze methoden in ingewikkelde planningsituaties vaak bijzonder moeilijk. Bij gebruik van de methode van de lineaire programmering treden de hiervoor genoemde nadelen in mindere mate op, maar ook aan deze methode kleefde toen nog een belangrijk bezwaar.

Het gebruik van de methode van lineaire programmering heeft tot doel te komen tot de optimale bedrijfsopzet. De consequentie van het uitgangspunt van de continuïteit, die aan de methode van lineaire programmering ten grondslag ligt, is dat de gelimiteerde duurzame produktiemiddelen ten onrechte moeten worden vastgelegd in de uitgangssituatie (respectievelijk alternatieve uitgangssituaties).

Een andere mogelijkheid is het veronderstellen van volledige deelbaarheid van duurzame produktiemiddelen. Deze veronderstelling houdt evenwel in dat een fictief element in de programmering wordt gebracht.

Bij het vastleggen van de gelimiteerde duurzame produktiemiddelen in de uitgangssituatie, zoals bijvoorbeeld de benodigde werktuigen, worden reeds bepaalde beperkingen opgelegd aan werkmethoden en noodzakelijke arbeidsbezetting.

Daar echter bij het samenstellen van de werktuiginventaris de bouwplansamenstelling nog niet bekend is, wordt het twijfelachtig of wel een optimaal bedrijfsplan wordt gevonden, daar het werktuigenpark niet simultaan, dat wil zeggen in één rekengang, wordt geoptimaliseerd met de arbeidsbezetting en het bouwplan.

Door het beschikbaar komen van computerprogramma's die het mogelijk maken integer (geheeltalig) te programmeren werd dit bezwaar voor een belangrijk deel ondervangen.

#### 4. De opzet van het PAGV systeem

Het hoofddoel van het in 1974 gestarte onderzoek was het mogelijk maken van toepassing op grote schaal van gemengd geheeltallige lineaire programmering. Anders gezegd: het toegankelijk maken van de methode voor niet-planningsdeskundigen door middel van verdere automatisering. Als basis voor het systeem werd een tweetal standaardmatrices of moedermatrices ontwikkeld (figuur 1). Op deze wijze verviel het telkens tijdrovende opbouwen van beginmatrices.

Eén matrix is bestemd voor akkerbouwbedrijven in het veenkoloniale en noordelijke zandgebied (PAVEEN) en één voor akkerbouwbedrijven uit het noordelijk/centraal/zuidwestelijk zeeleigebied (PAKLEI). Met behulp van deze matrices kunnen voor bedrijven van 25-150 ha optimale bedrijfsplannen berekend worden. Bedrijven die groter zijn dan 150 ha vragen vanwege hun diversiteit een nog verdergaande individuele aanpak.

Afgestemd op deze moedermatrices zijn twee sets invulformulieren ontworpen. Niet-planningsdeskundigen kunnen op deze formulieren een globale probleemstelling aangeven voor de huidige situatie en maximaal vijf alternatieve plannen. Ook dienen data die afwijkend zijn van de standaard ingevuld te worden. Het invullen van de formulieren door de voorlichter samen met de boer neemt ongeveer een halve dag in beslag.

De invulformulieren dienen tevens als ponsdocument. Na invoer van de wijzigingen via de terminal worden deze via het programma CHANGE aangebracht in de standaardmatrix. De ontstane bedrijfsspecifieke matrix (PAL.GEG) wordt voor optimalisatie aan het LP-pakket aangeboden. Met behulp van het programma READLP worden, uit de volledige output (LANDO.LPT) van zes plannen, de gegevens geselecteerd die in het eindrapport moeten worden opgenomen. Via het programma REPORT wordt het eindrapport gegenereerd en van toelichtende tekst voorzien, zodat ook niet-planningsdeskundigen de resultaten goed kunnen begrijpen.

## 5. Voor- en nadelen van gemengd geheeltallig lineair programmeren

In de verslaggeving van het PAGV-onderzoek wordt een aantal voor- en nadelen voor het gebruik van gemengd geheeltallige lineaire programmering aangegeven.

### *Voordelen:*

De methode van gemengd geheeltallig lineair programmeren geeft een simultane optimalisatie van bouwplan, arbeidsbezetting, werktuigen en gebouwen/installaties. Indien, zoals bij de continue lineaire programmering het geval is, wordt uitgegaan van een tevoren vastgestelde bedrijfsuitrusting, dan ligt het bedrijfsplan al voor een deel vast, zodat de kans op het vinden van een sub-optimaal plan groot is. De methode maakt het mogelijk om op een meer verantwoorde wijze in één rekengang het netto-bedrijfsresultaat te bepalen. Het berekenen van de bedrijfsfinanciering in dezelfde rekengang met de bedrijfsplanning wordt als mogelijkheid voor verdere uitbreiding van het systeem aangemerkt, maar is niet gerealiseerd.

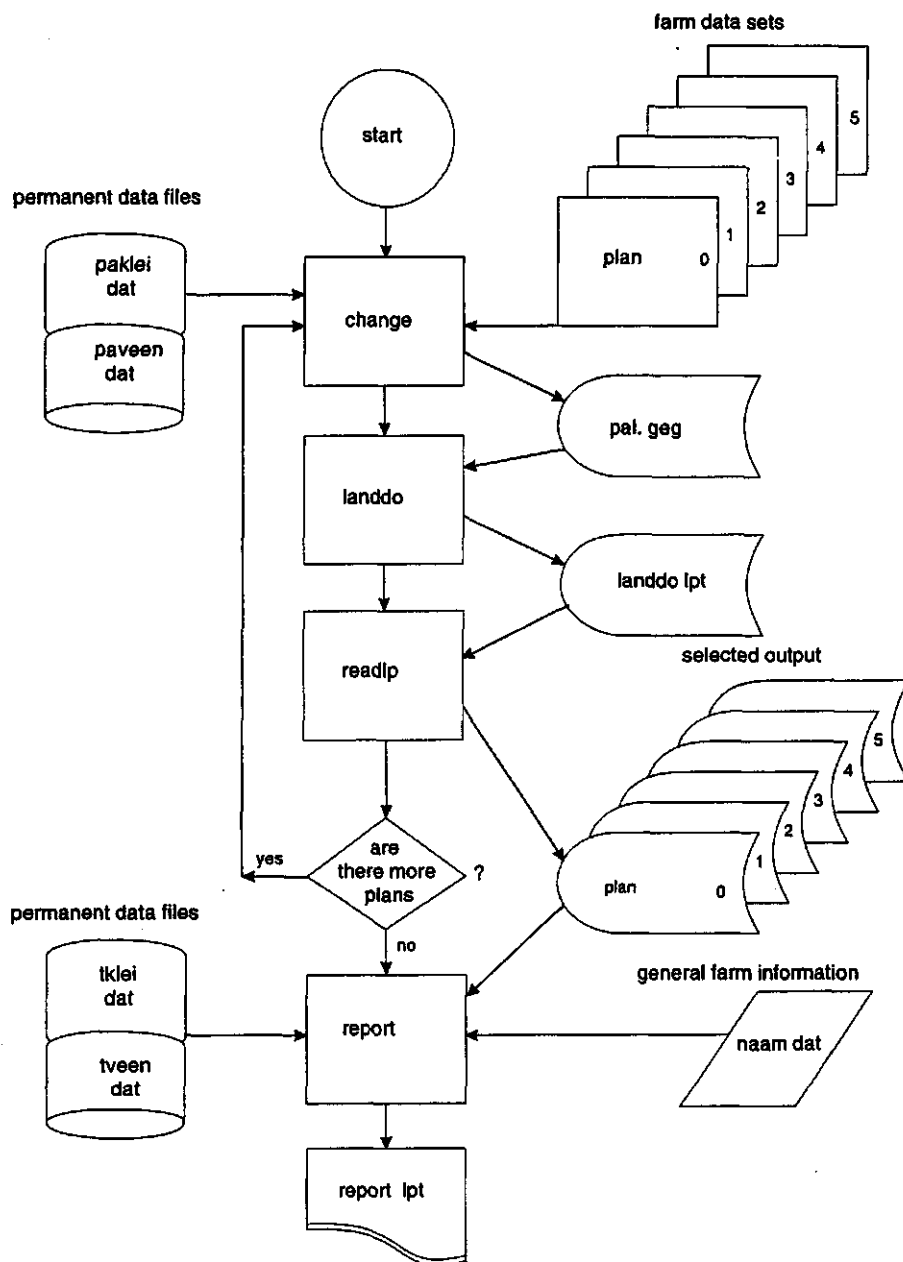
Automatisering is vooral welkom wanneer de benodigde menskracht beperkt is. In een aantal gevallen kan men dan een integrale begroting aanbieden waar in het verleden met een partiële benadering werd volstaan.

Er wordt duidelijk meer informatie verkregen over de samenhang tussen bouwplan, arbeidsbezetting, werktuigeninventaris en gebouwen/installaties. Doordat de verschillende vragen gelijktijdig beantwoord kunnen worden, kan met aanmerkelijk minder plannen worden volstaan.

### *Nadelen:*

De computerkosten per plan zijn, bij gebruik van de "mixed-integer" programmering, aanmerkelijk hoger dan bij de eerder gevolgde methode van de (continue) lineaire programmering. Vooral de langere rekentijd en de grotere aanspraak op het interne geheugen zijn hier debet aan. Dit nadeel werd echter gecompenseerd doordat volstaan kon worden met aanmerkelijk minder plannen, omdat de verschillende vraagstellingen simultaan zijn op te lossen.

Standaardmatrices moeten geschikt zijn voor het programmeren van een groot aantal, qua opzet zeer verschillende akkerbouwbedrijven met zeer uiteenlopende planningsvraagstukken. Om te voorkomen dat bij het programmeren van een willekeurig bedrijf met een standaardmatrix te veel aanvullingen respectievelijk uitsluitingen moeten worden aangebracht, moet een relatief grote, zorgvuldig opgezette, standaardmatrix worden gecreëerd. Dit vergt veel tijd en vormde destijds mede de oorzaak van de genoemde relatief hoge computerkosten. Ook de jaarlijkse actualisatie van de omvangrijke standaardmatrices en invulformulieren vergden een behoorlijke tijdsinspanning.



Figuur 1 Stroomschema van de programmareeks CHANGE, LANDDO, READLP en REPORT

Een groot deel van de bovengenoemde nadelen (onder andere kosten) zijn inmiddels achterhaald. Momenteel zijn krachtige LP-pakketten beschikbaar, zelfs als Mixed-Integer-Programmering(MIP)-toepassing op PC.

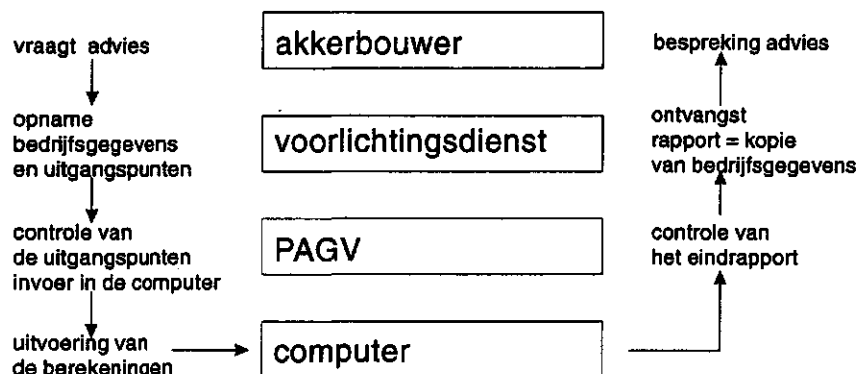
## 6. Het gebruik van de standaardmatrices in de praktijk

Na introductie in de praktijk werd jaarlijks voor circa vijftig bedrijven een bedrijfseconomisch advies met behulp van de standaardmatrices opgesteld. Per uitgebracht advies betaalde de adviesaanvrager een bedrag van f 350,- tot f 400,- ter compensatie van de rekenkosten op de externe computer.

De totale tijdsbesteding voor de adviseringsprocedure (figuur 2) bedroeg per advies gemiddeld vier dagen; anderhalve dag door de voorlichter voor opname van de gegevens en bespreking van de resultaten en tweeënhalf dag voor de verwerking van de invulformulieren tot een rapport.

Het aantal aanvragen van adviezen was sterk afhankelijk van de voorlichter (opleiding, leeftijd). Uit sommige regio's kwamen zelden of nooit aanvragen. Soms bij de opname van de gegevens maar vaker nog bij het bespreken van het eindrapport was centrale ondersteuning noodzakelijk. Veelal had men als bedrijfsvoorlichter moeite met de juiste interpretatie van de resultaten omdat men de achterliggende optimaliseringstechniek onvoldoende beheerste en de opbouw van de standaardmatrices niet doorzag. Ook de aanwezige bedrijfseconomische kennis speelde daarbij een rol.

De centrale verwerking van de adviezen op computers bij externe rekencentra berustte bij één persoon. Kennis van de standaardma-



Figuur 2 Overzicht van de werkwijze bij de bedrijfseconomische advisering volgens het oorspronkelijke PAGV-systeem



trices en vaardigheid met LP en randprogrammatuur waren noodzakelijk om de adviezen vlot te kunnen verwerken.

Het opstellen van een advies is maatwerk. De standaardmatrices bleken lang niet altijd toereikend voor de situatie van elk individueel akkerbouwbedrijf (andere gewassen, afwijkende mechanisatie). De veelal complexe vraagstellingen per bedrijf maakten het noodzakelijk dat de standaardmatrices nogal eens aangepast en/of uitgebreid moesten worden aan de bedrijfsspecifieke situatie. Voor een "passend" advies was (en is) het uiterst belangrijk om de uitgangssituatie, de bestaande situatie van het bedrijf, goed in de bedrijfsmatrix te verwerken zodat een oplosbaar plan ontstaat. Een eenmaal oplosbare bedrijfsmatrix, waarin de bestaande situatie van het bedrijf op representatieve wijze is vastgelegd, vormt het beste uitgangspunt voor het opstellen van de nieuwe, alternatieve plannen. Dit houdt in dat voor elke nieuwe adviesaanvraag de bedrijfsmatrix passend gemaakt moet worden hetgeen, afhankelijk van de individuele bedrijfssituatie, veel tijd kan kosten.

De beschikbare capaciteit (menskracht) voor de centrale verwerking van de adviezen vormde een sterk beperkende factor te meer omdat het verzamelen en insturen van de bedrijfsspecifieke gegevens een sterk seizoensafhankelijke activiteit was. Naast advisering met behulp van de standaardmatrices werden jaarlijks voor enkele grootlandbouwbedrijven adviezen opgesteld door gebruik te maken van specifiek voor deze bedrijven opgezette matrices.

Uit een evaluatie in 1979 van de berekende resultaten voor 36 klei-akkerbouwbedrijven bleek dat bij optimalisatie het bedrijfsresultaat (netto-bedrijfsresultaat) met gemiddeld circa dertigduizend gulden kan toenemen. Dit betere resultaat werd verkregen door toename van de oppervlakte cultuurgrond per man tot 35 à 45 ha, een beperkte aanpassing van het bouwplan en een verlaging van de bewerkingskosten. Echter de mogelijkheden tot optimalisatie bleken per bedrijf zeer verschillend.

## 7. Het project "automatisering bedrijfseconomisch advies" (BEA)

Met de start van het BEA-project werd een einde gemaakt aan de noodzaak van het centraal verwerken van adviezen op het PAGV, wat een beperking vormde bij de verwerking van bedrijfseconomische adviezen met de standaardmatrices. Het te ontwikkelen, takoverschrijdende BEA-systeem diende de voorlichtingsdienst de mogelijkheid te geven om zelf op geautomatiseerde wijze bedrijfseconomische adviezen te verwerken. Tevens dienden de niet-taks specifieke onderdelen van het voorgestelde systeem ook geïmplementeerd te kunnen worden in andere productiesectoren.

Op basis van deze doelstellingen en het uiteindelijke ontwerp dat men voor ogen had is een aantal randvoorwaarden geformuleerd:

- a. het systeem dient zodanig van opzet te zijn dat het gebruiksvriendelijk is voor de bedrijfsvoorlichter. Basiskennis van het gebruik van

- een terminal dient voldoende te zijn voor de voorlichter. Hij moet kunnen werken zonder technische kennis van LP nodig te hebben;
- b. het systeem dient over een invoerprocedure te beschikken, welke geschikt is voor meerdere soorten gebruik (uniformiteit). Dat wil zeggen dat er een niet-takspecifiek, uniform programma ontwikkeld diende te worden voor de invoer van planningsgegevens;
  - c. het systeem moet eenvoudig, zonder al te veel aanpassingen, over te dragen zijn naar andere sectoren;
  - d. het systeem moet zoveel mogelijk gebruik maken van dusdanige normen, dat zo min mogelijk bedrijfsspecifieke gegevens ingevoerd behoeven te worden;
  - e. de database dient niet alleen voor LP bruikbaar te zijn, maar ook voor andere rekenprogramma's (saldoberekeningen, financieringsbegroting, liquiditeitsbegroting, arbeidsbegroting);
  - f. het systeem moet ter beschikking staan voor voorlichting, onderwijs en onderzoek.

## 8. Motivatie keuze LP

Voor de keuze van lineaire programmering zijn in de beschikbare stukken geen duidelijke motieven aangegeven. Verondersteld mag worden dat de gunstige ervaringen welke men toentertijd met LP had op zowel het PAGV als op het PR geen aanleiding vormde om een andere rekenmethodiek te kiezen. Wel geeft het masterplan-rapport een aantal specificaties ten aanzien van het gebruik van het aan te schaffen LP-pakket inclusief matrix- en rapportgenerator:

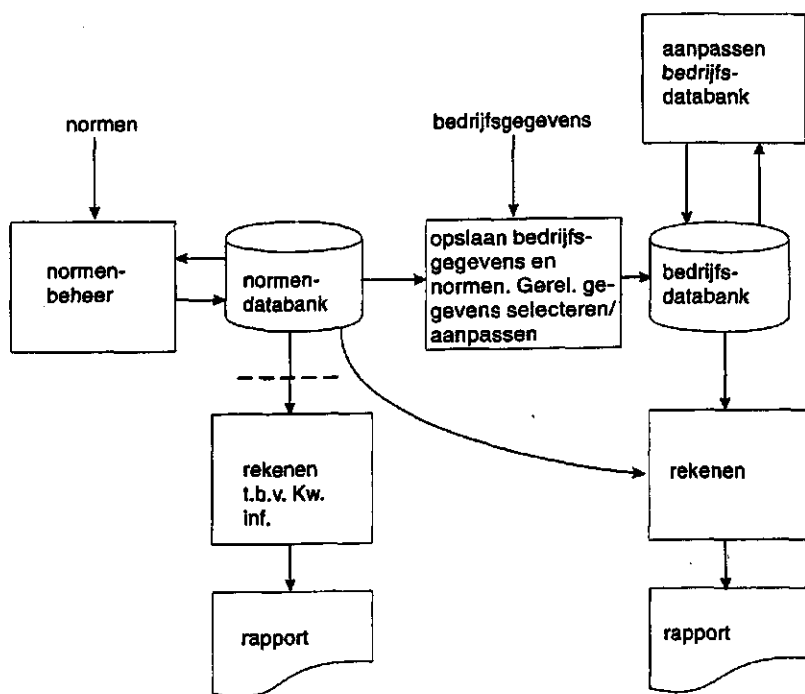
- de voorkeur gaat uit naar een pakket dat in alle drie de sectoren (voorlichting, onderzoek en onderwijs) te gebruiken is. Daarbij heeft de voorlichting modellen van circa 300 variabelen en 300 restricties door te rekenen. Bij onderwijs en onderzoek treft men echter modellen aan van 13.000 variabelen en 13.000 restricties;
- in de toekomst moet het mogelijk zijn om LP op micro's (personal computers) te draaien;
- het pakket moet op een decentraal geplaatste computer (niet bij een extern rekencentrum) gedraaid kunnen worden;
- het moet mogelijk zijn de wat kleinere modellen interactief (dus niet in batch) te draaien;
- er moet onderhoud op het pakket zijn;
- aanbevolen wordt het LP-pakket SCICONIC aan te schaffen.

Daartoe werd een inventarisatie en vergelijking van een zestal bestaande LP-pakketten (SCICONIC, MINOS, LINDO, LANDO, APEX en MPSX) uitgevoerd. De pakketten werden beoordeeld op: de aanwezigheid van een matrixgenerator, een rapportgenerator, de omvang van de modellen die doorgerekend kunnen worden, het onderhoud, de machine-afhankelijkheid van het pakket en de prijs.

## 9. Het BEA-systeem

Bij de start van het pilotproject in 1984 beperkte men zich in eerste instantie tot het ontwikkelen van programmatuur op basis van de PAGV-modellen. Sinds die tijd is alle benodigde hard- en software in eigen beheer zodat het extern uitvoeren van LP-berekeningen en de daarmee gepaard gaande kosten tot het verleden behoren.

De basis, of liever gezegd de kern van BEA bestond uit het relationele database management systeem (RDMS) ORACLE voor de opslag van zowel een groot aantal normen als bedrijfsspecifieke gegevens (figuur 3).



Figuur 3 "High-level data flow" diagram van het BEA-systeem: globale weergave van de technische opzet van het BEA-systeem

Op basis van deze normen (opgeslagen in de normendatabank) en bedrijfsspecifieke gegevens (vastgelegd in de bedrijfsdatabank) konden naast saldoberekeningen onder andere LP-matrices gegenereerd en ge-optimaliseerd worden (rekenen). Een wijziging van de LP-matrix diende telkens via de databank uitgevoerd te worden zodat de ingevoerde be-

drijfsspecifieke gegevens altijd vastgelegd werden voor onder andere rapportage. Gedurende de eerste fase van het project is een eerste interface tussen ORACLE en SCICONIC gerealiseerd.

Tijdens de eerste testen van de programmatuur ontstonden reeds problemen indien het LP-probleem onoplosbaar (infeasible) bleek. Een voorlichter was in dat geval niet bij machte de juiste oorzaak van de onoplosbaarheid te achterhalen en via aanpassingen in de databank te verhelpen. De LP-definiëring werd daarom uitgebreid door het opnemen van dummyvariabelen met relatief hoge kosten. Opname van deze dummyvariabelen in de eindoplossing maakten het mogelijk de gebruiker aanwijzingen te geven over de variabele(n) die de onoplosbaarheid van het probleem veroorzaakte(n). Voor de gebruikers was het op deze wijze beter mogelijk om met LP te werken.

Na anderhalf jaar ontwikkelen en testen werd het systeem vrijgegeven voor een eerste operationele fase in het Consulentschap Lelystad. Deze operationele fase werd voorafgegaan door een scholingsperiode en een oefenfase waarin men het ontwikkelde systeem kon verkennen.

Gedurende de operationele fase van drie maanden werden per voorlichter vier begrotingen opgesteld voor akkerbouwbedrijven. Om vertrouwen in het systeem te krijgen en de vaardigheid te vergroten werden eerst twee oude begrotingen (uit de kast) via BEA verwerkt. Vervolgens werden per voorlichter twee nieuwe begrotingen opgesteld, die vervolgens met de ondernemer werden besproken.

Na drie maanden werd het BEA-systeem op basis van de ervaringen door de gebruikers geëvalueerd. De belangrijkste bevindingen:

1. het BEA-produkt kan ontegenzeggelijk worden gebruikt voor het oplossen van een aantal managementvraagstukken;
2. het systeem blijkt vrij complex en niet erg gebruiksvriendelijk zodat hoge eisen worden gesteld ten aanzien van de kennis van het systeem;
3. om alle ins en outs van het systeem te blijven beheersen wordt een regelmatig gebruik van het systeem noodzakelijk geacht;
4. de indruk bestaat dat in 75-80% van de gevallen een begroting opgesteld kan worden zonder gebruik te maken van LP. Aangedrongen wordt op de ontwikkeling van een eenvoudig spreadsheetachtig programma;
5. bij complexe systemen is direct oproepbare ondersteuning noodzakelijk. Deze persoon moet ook "achter de schermen" kunnen kijken;
6. daar de frequentie van het toepassen van het complexe systeem gering zal zijn wordt aanbevolen voorlichters aan te stellen die gespecialiseerd zijn in het gebruik van LP;
7. naast de ontwikkelde rendabiliteitsbegroting dient het systeem voor een optimaal gebruik gecombineerd te worden met een aan de rendabiliteitsbegroting gekoppelde financieringsbegroting;
8. gezien de vele storingen (op modemverbindingen via telefoonlijnen) en de vertragingen wordt het gebruik van PC's op de werkplek aanbevolen;

9. bij de ontwikkeling van systemen zou in een veel eerder stadium iemand uit de praktijk (voorlichter) moeten worden betrokken. Hierdoor kan tijdiger en gemakkelijker worden ingesprongen op wensen, waardoor de kwaliteit van het systeem wordt verbeterd.

Ondanks de goede technische opzet bleek het BEA-systeem op basis van de databank en LP niet aan te sluiten bij de behoefte welke men binnen de voorlichting had. Ook de kennis van en vaardigheid met LP vormden een grote handicap. De gebruikersvriendelijkheid die het BEA-systeem moest hebben, vereiste dat een enorme "schil" om het feitelijke optimaliseringssysteem heengebouwd moest worden. Mede hierdoor was het systeem bijzonder traag en kostte met name het overhalen van gegevens uit de databank naar de LP-matrix en het terugplaatsen van de resultaten in de databank bijzonder veel tijd.

De verdere ontwikkeling van BEA richtte zich vervolgens op begrotingstechnieken waarbij het gebruik van LP niet nodig was. De ontwikkeling van LP werd op een zijspoor gezet.

Tijdens het testen vormde de combinatie van LP, databank en meerdere gebruikers op een VAX-computer een grote belasting voor de interne computercapaciteit waardoor het systeem voor de gebruiker traag leek. Om het systeem te ontlasten is gezocht naar mogelijkheden voor deelmodellen. Het idee was kleinere LP-matrices te genereren die slechts betrekking hadden op het feitelijke probleemgedeelte van het te adviseren bedrijf, bijvoorbeeld de optimalisatie van bouwplan en mechanisatie zonder rekening te houden met arbeidsaanspraken en de beschikbare arbeidscapaciteit. Het grote voordeel van LP bij de bedrijfseconomische advisering is dat een bedrijf in zijn totale samenhang geoptimaliseerd kan worden. Bij het idee van de deelmodellen ging juist dit voordeel teniet. Het is bij een idee gebleven dat slechts globaal is uitgewerkt.

## 10. Verdere ontwikkelingen en conclusies

Na beëindiging van het BEA-project heeft het PAGV in samenwerking met de voorlichting enkele spreadsheettoepassingen voor de bedrijfseconomische advisering ontwikkeld. Met deze toepassingen is het mogelijk om binnen één à anderhalve dag een advies op te nemen, te verwerken en te bespreken.

Het gebruik van LP door de voorlichting voor de bedrijfseconomische advisering lijkt voorlopig niet haalbaar. Het opstellen van adviezen via deze methode vergt te veel tijd en is tegen de achtergrond van betaalde voorlichting te kostbaar. Desondanks kan men zich afvragen of bedrijven met complexe planningsvraagstukken bij gebruik van spreadsheettoepassingen wel altijd het juiste bedrijfseconomisch advies krijgen. Het is immers nooit zeker of de met een spreadsheet berekende plannen wel de optimale plannen zijn.

Naast de bedrijfseconomische advisering wordt LP toegepast bij uitvoering van bepaalde onderzoeksprojecten. Daarbij wordt gebruik gemaakt van zowel eenjarig statische als meerperiodenmodellen (RIJP-studie, Veenkoloniën-onderzoek). Voor dergelijke studies worden meestal specifieke modellen ontwikkeld. Vanwege hun specifieke karakter en gebrekkige documentatie blijken deze modellen vaak moeilijk overdraagbaar (persoonlijke modellen).

Het PAGV en LEI-DLO ontwikkelen momenteel een nieuw LP-model voor onderzoeksdoeleinden en beleidsondersteuning in de akkerbouw. De positieve ervaringen welke met de standaardmatrices zijn opgedaan vormen een goede uitgangssituatie bij de modelopzet doch de eisen die aan de hedendaagse landbouw worden gesteld vragen om een aantal aanpassingen en uitbreidingen van de modelopzet.

De voorgaande projecten overziende kan geconcludeerd worden dat:

- lineaire programmering voor het opstellen van bedrijfseconomische adviezen voor akkerbouwbedrijven met complexe vraagstukken een goed hulpmiddel vormt;
- het gebruik van standaardmatrices veel tijd bespaart, maar het aanpassen van de matrices aan de individuele bedrijfssituatie veel tijd kost;
- standaardmatrices regelmatig aangepast moeten worden aan de technische ontwikkelingen die binnen de sector hun intrede doen en aan de randvoorwaarden die de overheid aan produkt en produktiewijze stelt en van de producenten verlangt;
- het opstellen van bedrijfseconomische adviezen met behulp van LP aanzienlijk meer tijd kost dan wanneer eenvoudige geautomatiseerde toepassingen gebruikt worden;
- de voorlichter die wil werken met LP moet beschikken over kennis (opleiding) van en zo mogelijk ervaring met optimaliseringstechnieken;
- systemen ontwikkeld op basis van LP vanwege hun abstractie-niveau minder eenvoudig overdraagbaar zijn aan gebruikers;
- het wantrouwen voor computers grotendeels is doorbroken, maar het gebruik van meer geavanceerde computersystemen (software) door de voorlichting wordt vermeden.

#### *Literatuur*

Biesheuvel, P.M.

*Bedrijfseconomische perspectieven van extensievere bouwplannen in de Veenkoloniën op de langere termijn*; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1990, Publikatie 3.146

Cevaal, P.K. en R.K. Oving  
*Toepassing van gemengd geheeltallige lineaire programmering als plan-  
ningsmethode in de akkerbouw; Lelystad, PAGV, 1978, rapport nr. 20*

Cevaal, P.K.  
*Resultaten met geautomatiseerde bedrijfseconomische advisering van  
een 36-tal akkerbouwbedrijven; Bedrijfsontwikkeling 11(1980)3, pp. 315-  
318*

Cuperus, S. en B.J.M. Meijer  
*Farm management advisory systems for production planning and financi-  
al planning; In: Christensen Johs. (ed.), Implementation of Farm Manage-  
ment Information Systems, Proceedings of the 9th Symposium of the  
European Association of Agricultural Economists (EAAE), 1985, Copenha-  
gen Denmark, pp. 17-34*

Cuperus, S.  
*Bedrijfseconomische perspectieven van akkerbouwbedrijven in de Veen-  
koloniën; Lelystad, PAGV, 1989, verslag nr. 92*

Studiegroep Bedrijfs-grootte  
*De bedrijfs-grootte voor akkerbouwbedrijven in het Centraal Kleigebied  
(een verkennende studie); Lelystad, Rijkswaterstaat, directie Flevoland,  
PAGV, LEI-DLO, 1990*

Fokkert, W.A., et al.  
*Informatiemodel bedrijfseconomisch advies; Lelystad, BEA-projectteam,  
1987*

Janssens, S.R.M. (ed.)  
*Verslag minisymposium BEA; Lelystad, BEA-projectteam, 1986*

Janssens, S.R.M. en A.T. Krikke  
*Bedrijfseconomisch advies; achtergrondinformatie bij spreadsheettoepas-  
singen voor de akkerbouw en de groenteteelt in de volleggrond; Lelystad,  
PAGV, 1989*

Nauta, H., et al.  
*Bedrijfseconomisch Advies PAGVIPR; Directie Organisatie en Efficiency,  
masterplan-rapport, 1984*

Timmer, G.  
*Deel LP-modellen in BEA; Lelystad, BEA-projectteam, 1986*

# GEBRUIK VAN OPTIMALISATIE- EN SIMULATIEMODELLEN IN BEDRIJFSECONOMISCH ONDERZOEK VOOR DE MELKVEEHOUDERIJ: EEN AFWEGING

(F. Mandersloot en A.T.J. van Scheppingen)

Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en  
Paardenhouderij (PR), Lelystad

## *Abstract*

The Research Station for Cattle, Sheep and Horse Husbandry (PR) in Lelystad integrates farm economic research and development of simulation models. The development of simulation models makes it possible to formalize knowledge of researchers and makes this knowledge available for general application. Through farm economic research a priority ranking can be given to various research projects. Economic consequences of management decisions on farm level can be calculated.

In the past optimization through linear programming (LP) has been widely used. Presently more detailed relationships are known from different research projects. Attempts have been made to process these detailed relations in LP-models. These attempts did not succeed. Models became too large to handle or took too much time to achieve a solution. At PR simulation models have been developed in order to handle the more detailed relationships and to simulate commercial farms. Research is going on to find out whether linear programming is a suitable way to optimize the farm plan based on the output from simulation models or that another procedure should be followed. Selection of an optimal farm plan from a large number of output data generated with simulation models seems to be a more suitable way to reach the goals of the farm economic research. A procedure for selection of the optimal plan is being developed.

## 1. Inleiding

De melkveehouderij wordt de laatste jaren steeds meer geconfronteerd met ontwikkelingen die de bedrijfsvoering beïnvloeden. De superheffing, de grotere aandacht voor het milieu en de aandacht voor het welzijn van de dieren zijn hiervan voorbeelden. Het Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR) verricht bedrijfseconomisch onderzoek om de effecten van deze ontwikkelingen op



bedrijfsniveau inzichtelijk te maken. Dit bedrijfseconomisch onderzoek kan op meerdere manieren uitgevoerd worden. Bij het PR is gekozen voor de vorm van modelonderzoek. Het ontwikkelen van modellen en het vervolgens uitvoeren van bedrijfseconomisch onderzoek kent een meervoudige doelstelling.

1. Modelontwikkeling vindt plaats met als doel kennis van onderzoekers te formaliseren, gestructureerd vast te leggen in rekenregels en toegankelijk te maken voor anderen. Deze exercitie legt tevens de ontbrekende kennis bloot, waardoor nieuwe onderzoeksvragen geformuleerd kunnen worden.
2. Het bedrijfseconomisch onderzoek wordt uitgevoerd om prioriteiten te kunnen stellen in het technisch onderzoek. De effecten van nieuwe technische en biotechnologische technieken op de bedrijfsvoering en bedrijfsontwikkeling en de bruikbaarheid in de praktijk worden via modelstudies in bedrijfsverband snel afgetast. Door het van te voren doorrekenen van te verwachten effecten is het mogelijk aan te geven of een investering in meerjarige en vaak dure proeven op proefbedrijven verantwoord is.
3. De derde doelstelling betreft de bedrijfseconomische evaluatie van resultaten van technisch onderzoek. Deze evaluatie vindt plaats binnen een bedrijf als geheel. Bepaald wordt hoe aanpassingen in één bedrijfs onderdeel doorwerken in andere bedrijfs onderdelen en in het inkomen van de melkveehouder. Meestal wordt dit gedaan voor een aantal bedrijfstypen. Het streven is hierbij gericht op het vinden van de aanpassingen die, binnen bepaalde randvoorwaarden (bijvoorbeeld milieutechnische eisen) het beste bedrijfseconomische resultaat bewerkstelligen.
4. De vierde doelstelling betreft het leveren van een taakstelling en toetscriteria voor de praktijk. Het betreft het omzetten van uitkomsten van onderzoek naar normen die in de praktijk gebruikt worden als taakstelling en als criteria om de gerealiseerde bedrijfsvoering te toetsen.

Bovenstaande doelstellingen geven aan dat het verkrijgen van inzicht in de consequenties van maatregelen binnen het bedrijf en in de gevolgen van door de overheid en maatschappij gestelde randvoorwaarden momenteel een belangrijke plaats inneemt in het bedrijfseconomisch onderzoek van het PR. Daarbij speelt niet alleen de hoogte van het inkomen van de melkveehouder een rol maar ook de mate waarin tegemoet gekomen wordt aan maatschappelijke eisen en verlangens. Dit betekent dat bij optimalisatie van de bedrijfsopzet meerdere criteria een rol spelen.

## 2. Afweging methodekeuze

Zoals in de vorige paragraaf is weergegeven, is bij het PR gekozen voor het uitvoeren van het bedrijfseconomisch onderzoek in de vorm van

modelonderzoek. Bij de keuze van de vorm van dit modelonderzoek, optimalisatie of simulatie, spelen vele factoren een rol. Een kritische beoordeling van deze factoren zou moeten leiden tot een telkens opnieuw goed overwogen keuze voor een bepaalde methode. De ervaring leert echter dat een stuk historie (bekendheid met een methode) vaak ook een belangrijke rol speelt: omdat een methode bekend is wordt die vervolgens ook toegepast, mogelijk ook bij problemen waarvoor die methode minder geschikt is. Vandaar dat eerst een overzicht gegeven zal worden van de werkwijze en ervaringen die bij het PR opgedaan zijn met optimalisatie via lineaire programmering voordat besproken zal worden welke benadering momenteel gekozen wordt en waarom.

## 2.1 Lineaire programmering, gebruik en ervaringen

Voor 1983 kende de melkveehouderij een periode waarin alle aandacht gericht was op de ontwikkeling van grote en moderne bedrijven. Het bedrijfseconomisch modelonderzoek kenmerkte zich door een sterke aandacht voor optimalisatie c.q. maximalisatie van het inkomen van de melkveehouder. In studies werden optimale bedrijfssituaties bepaald waarbij het inkomen de te maximaliseren variabele was en de productiecapaciteit van de grond en de hoeveelheid arbeid die beschikbaar waren de belangrijkste randvoorwaarden. Aandacht voor (ongewenste) neven-effecten was er nauwelijks. Om de voedervoorziening in de optimalisatie mee te kunnen nemen werd gebruik gemaakt van het systeem Normen voor de Voedervoorziening. Met dit systeem, ontwikkeld in 1977 was het mogelijk de productie van het grasland in verschillende situaties in te schatten en randvoorwaarden te stellen aan de rantsoenen van het vee. Deze randvoorwaarden hadden betrekking op de minimaal benodigde hoeveelheid energie voor de te realiseren melkproductie en op een maximale opname van droge stof. Tijdens de optimalisatie kon de rantsoensamenstelling bepaald worden door ervan uit te gaan dat uitwisseling van voedermiddelen (graskuil en snijmais) mogelijk was zolang maar aan de randvoorwaarden voldaan werd. Deze uitwisseling had geen effect op de melkproductie per dier. Zowel bij het PR als ook bij het LEI-DLO en de Landinrichtingsdienst zijn met behulp van deze benadering in de loop der tijd studies uitgevoerd. Voorbeelden zijn een studie naar graslandgebruikssystemen, een studie naar verkaveling en toepassing van een LP-model in de COAL-studie.

Het systeem Normen voor de Voedervoorziening zoals dat in 1977 ontwikkeld is bevat relatief eenvoudige relaties met betrekking tot graslandproductie en veevoeding. Om een reëlere nabootsing van de werkelijkheid te krijgen is getracht om het graslandgebruik en de veevoeding in LP-toepassingen nader te specificeren en daarna te optimaliseren. Gezien de problemen die dit met zich meebracht zullen beide systemen nader toegelicht worden.

### *RUWEB-model*

Het RUWEB-model (Bedrijfsmodel voor de Rundveehouderij en Weidebouw) had als doel het jaarlijkse productieproces op weidebedrijven gedurende het jaar na te bootsen en te optimaliseren. In dit dynamisch lineair programmeringsmodel lag de nadruk vooral op het graslandgebruik. Optimalisatie van de veevoeding was niet in het model opgenomen.

In 1980 bevatte het model 1924 activiteiten, 227 beperkingen en zo'n 20.000 coëfficiënten. Doelfunctie was het maximaliseren van de opbrengst minus variabele kosten, waarbij vooral de variabele graslandkosten van belang waren. Ten aanzien van het graslandgebruik waren de nodige vereenvoudigingen doorgevoerd. Zo werd voor het graslandgebruik gerekend in perioden van één week en voor de bemesting in perioden van vier weken. Met een opdeling van de bedrijfsoppervlakte in verschillende percelen werd geen rekening gehouden. Ondanks deze beperkingen was er al sprake van een groot model. Verdere uitbreiding van het model is niet meer gerealiseerd omdat het aantal activiteiten te explosief zou toenemen.

### *Voederbenuttings-LP*

In 1983 is getracht de voeding van het vee in een LP-toepassing te optimaliseren. Primaire doelstelling van dit project was het optimaliseren van de voeding en melkproductie van één koe met behulp van een economisch model.

Het model, bestaande uit 24 deelmodellen, bevatte 570 activiteiten en 251 beperkingen. Doelfunctie was het maximaliseren van de melkopbrengsten minus de voerkosten, waarbij in de voerkosten de voeraankopen en de kosten voor de eigen ruwvoerproductie inbegrepen waren.

In de slotbeschouwingen van het verslag over de voederbenuttings-LP wordt opgemerkt dat de omvang van het model een belemmering is om veel alternatieve veronderstellingen door te rekenen en om het model in te passen in andere modellen. Ook een uitbouw naar veestapelniveau leek vanwege de grootte van het model erg moeilijk.

Beide pogingen om de betreffende bedrijfsonderdelen te optimaliseren met lineaire programmering zijn vroegtijdig beëindigd, zonder dat een operationeel eindproduct tot stand gekomen is. De oorzaak was in beide gevallen de grootte van het model: door het dynamische karakter in beide toepassingen dreigde het aantal activiteiten en beperkingen te groot te worden. Als daarnaast bedacht wordt dat er in beide modellen slechts sprake was van optimalisatie van onderdelen van het bedrijf zal het duidelijk zijn dat een verdere uitbouw tot een bedrijfsmodel als niet haalbaar beschouwd werd. Een van de conclusies van de voederbenuttings-LP was dan ook dat de vertaling naar een bedrijfsmodel "zeer grote modellen en erg strakke rekenregels" zou vragen. Deze verdere uitbouw van het LP-model heeft dan ook niet meer plaats gevonden.

## *BAR en BEA*

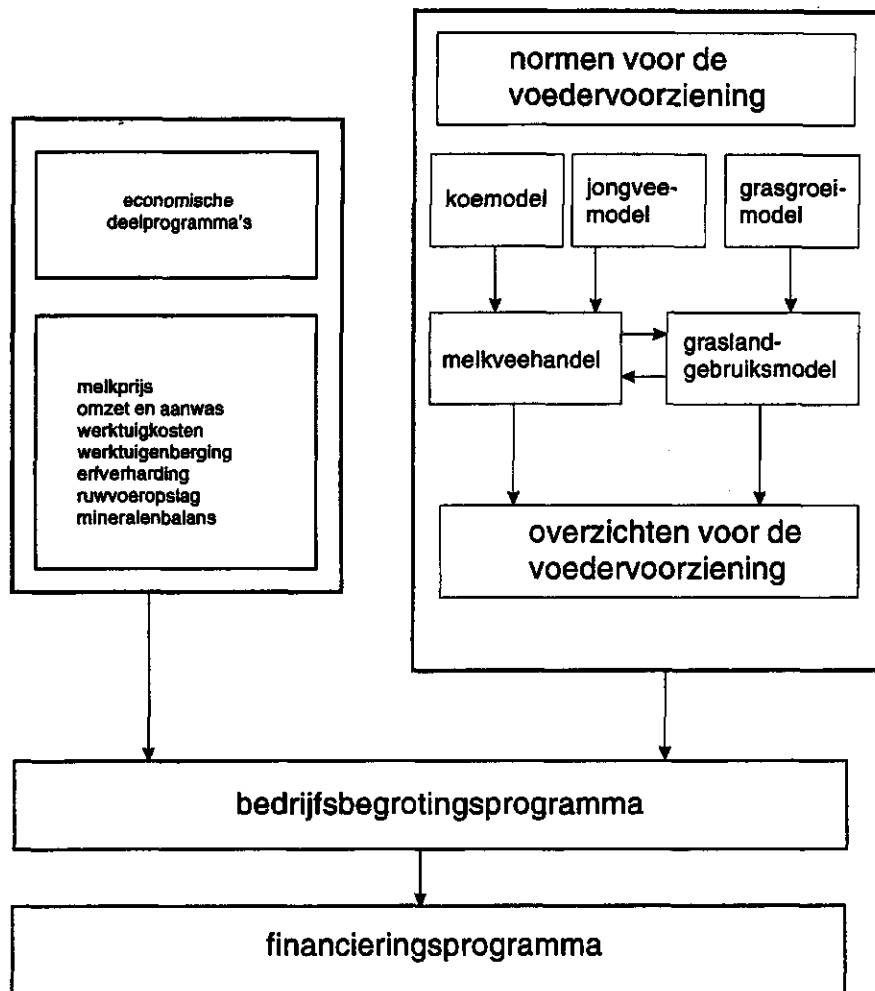
Ook in andere projecten is LP in het verleden toegepast. Bij de ontwikkeling van het Bedrijfseconomisch Advies Rundveehouderij (BAR) was het de bedoeling om via LP optimale bedrijfssituaties te bepalen. Het verzamelen van invoergegevens en de opbouw van de LP-modellen vroegen echter veel tijd. Vandaar dat een procedure gebouwd is waarmee de benodigde invoer automatisch in het LP-tableau ingevoerd kan worden. Daarvoor is toen al de eerste aanzet gegeven tot het ontwikkelen van simulatiemodellen voor het berekenen van een deel van de invoergegevens die de LP-toepassing nodig had. Het BAR is vroegtijdig beëindigd, en opgegaan in het BEA-project (BEA = bedrijfseconomisch advies), waarmee de ontwikkeling van een begrotingsstelsel voor de gehele landbouwsector beoogd werd. Ook in dit stelsel was LP voorzien als optimalisatietechniek. Opslag van normen (eventueel berekend met simulatiemodellen) en bedrijfsspecifieke gegevens vond plaats in een relationele databank. Bij toepassing bleek dat interpretatie van de uitkomsten van de optimalisatie moeilijk was voor minder deskundige gebruikers. Ook bleek het BEA-stelsel een grote belasting te zijn voor de beschikbare computerapparatuur. Voorgesteld is deze problemen op te lossen door het opsplitsen van het LP-tableau in deelstukken. Dit voorstel is maar ten dele uitgewerkt, omdat daarmee de benadering in bedrijfsverband, waarvoor in de LP-toepassing gekozen was, weer zou worden verlaten. Meerdere oorzaken hebben ertoe geleid dat ook het BEA-project geen eindproduct opgeleverd heeft.

## 2.2 Ontwikkeling simulatiemodellen

De hiervoor geschetste problemen bij het verder uitbouwen van de relaties in LP-toepassingen, in combinatie met de gewenste verfijning, hebben ertoe geleid dat bij het PR vanaf 1982 veel aandacht besteed is aan het ontwikkelen van simulatiemodellen voor het nabootsen van graslandgebruik en veevoeding op melkveebedrijven. Ook de hiervoor genoemde eerste doelstelling van het modelonderzoek (toegankelijk maken van kennis en opsporen van nieuwe onderzoeksvragen) heeft de ontwikkeling van simulatiemodellen bevorderd. Vanaf 1985 is zelfs de ontwikkeling van LP-modellen bij het PR stopgezet. Bij enkele andere onderzoeksinstituten is daarna nog gerekend met de in 1985 beschikbare procedure.

In het kader van een studie naar de economische consequenties van beregening is in 1982 een eerste versie gemaakt van een simulatiemodel voor het graslandgebruik. Tegelijkertijd is een aanzet gegeven tot de ontwikkeling van het koemodel, vooral om de prioriteitsstelling in het praktijkonderzoek mogelijk te maken. Uit beschikbaar onderzoeksmateriaal zijn ten behoeve van deze beide modellen vele relaties afgeleid op het terrein van grasgroei, voeropname, melkproductie enzovoort. Sa-

menvoegen van deze relaties heeft geleid tot simulatiemodellen, waarmee nauwkeuriger de effecten van maatregelen op beide terreinen weergegeven kunnen worden dan met het uit 1977 daterende systeem Normen voor de Voederveorziening. Los van deze ontwikkelingen op het terrein van de voederveorziening zijn een aantal rekenprogramma's ontwikkeld waarmee het mogelijk is bedrijfsbegrotingen te maken voor diverse situaties. In figuur 1 zijn de beschikbare modellen en hun onderlinge relaties weergegeven.



Figuur 1 Overzicht van simulatiemodellen

Het begroten van de voederverzorging van een melkveebedrijf blijft net als voorheen een belangrijke rol spelen in bedrijfsbegrotingen. Om in deze begrotingen op een juiste manier aandacht te geven aan onder andere milieu-aspecten, is het noodzakelijk gedetailleerder dan voorheen de berekeningen uit te voeren. Om dit mogelijk te maken zijn bij het PR het melkveemodel, het grasgroeimodel en het graslandgebruiksmodel ontwikkeld. Met het melkveemodel worden de voeding en de produktie van het melkvee en de voeding en groei van het jongvee nabootst. Dit levert onder andere informatie op over de gemiddelde grasopname per dier per dag. Deze grasopname is invoer voor het graslandgebruiksmodel. Met dit model wordt het gebruik (weiden en maaien) van het grasland gesimuleerd, waarbij als uitgangspunt geldt dat de voederwinning in dienst staat van de beweiding. Het nabootsen van het graslandgebruik gebeurt door het zo goed mogelijk op elkaar afstemmen van de grasopname (uit het melkveemodel) en het grasaanbod. Dit grasaanbod wordt berekend met het grasgroeimodel. Het graslandgebruiksmodel levert uiteindelijk op hoeveel ruwvoer voor de winterperiode beschikbaar is en wat de voederwaarde van dit ruwvoer is. Deze informatie is weer invoer voor het melkveemodel. Het ruwvoer van het eigen bedrijf is namelijk de basis van het rantsoen voor de winterperiode. De simulatie van de voederverzorging levert uiteindelijk als informatie op hoeveel ruw- en krachtvoer in een bepaalde bedrijfssituatie aangekocht moet worden om de voeding van het vee overeenkomstig de planning te kunnen uitvoeren. Deze informatie is weergegeven in de overzichten voor de voederverzorging en worden gebruikt in de programma's voor het berekenen van een bedrijfsbegroting.

Momenteel wordt het programma ontwikkeld waarmee overzichten voor de voederverzorging berekend kunnen worden. Vergeleken bij de vorige versie uit 1977 zijn er een aantal extra opties in het model opgenomen.

1. Er kunnen nu ook overzichten op bedrijfsniveau gemaakt worden. In deze toepassing wordt de voederverzorging van melkvee en jongvee geïntegreerd binnen het bedrijf. Voer dat op het grasland voor jongvee gewonnen is kan ook voor de voeding van het melkvee gebruikt worden en omgekeerd. Om deze toepassing mogelijk te maken is een uitgebreide procedure ontwikkeld.
2. Naast variatie in stikstofbemesting per hectare is het nu ook mogelijk onderscheid te maken naar grondsoort en ontwateringssituatie. In totaal kunnen ongeveer tachtig combinaties van deze twee kenmerken met het model doorgerekend worden, hetgeen een aanzienlijk betere aansluiting bij de praktijk geeft.
3. Op termijn zullen ook meerdere kalffpatronen doorgerekend kunnen worden.
4. Daarnaast vindt een verdere uitbreiding plaats gericht op het simuleren van mineralenstromen (N, P en K) binnen het bedrijf. Deze uitbreiding is erop gericht ook milieu-effecten via de berekeningen te kunnen aangeven. In deze procedure worden tevens melkvee en

jongvee geïntegreerd doorgerekend, aangezien mest, geproduceerd door beide groepen, meestal in dezelfde opslag terecht komt.

Uit het voorgaande zal duidelijk zijn dat in de simulatiemodellen vele complexe relaties opgenomen zijn en dat de onderlinge samenhang tussen de modellen groot is. De in paragraaf 2.1 beschreven ervaringen geven aan dat toepassing van LP voor dit soort complexe situaties waarvoor een sterke mate van verfijning noodzakelijk is, bijna niet uitvoerbaar is. In een onderzoek dat momenteel in samenwerking met de vakgroep Wiskunde van de Landbouwniversiteit Wageningen (LUW) wordt uitgevoerd staat de vraag centraal op welke wijze optimale bedrijfssituaties bepaald kunnen worden en welke rol lineaire programmering daarbij kan spelen. Eerste resultaten van dit onderzoek komen in de volgende paragraaf aan de orde.

### 2.3 Optimalisatie en simulatie

In de vorige paragraaf is beschreven op welke wijze bij het PR simulatie van de voedervoorziening plaatsvindt ten behoeve van de berekening van bedrijfsbegrotingen. Via deze simulaties kan inzicht verkregen worden in de effecten die optreden als gevolg van veranderingen in de bedrijfsvoering. Minder eenvoudig is het echter om aan te geven welke bedrijfsopzet optimaal is in een bepaalde situatie.

In een onderzoek in samenwerking met de vakgroep Wiskunde van de Landbouwniversiteit Wageningen (LUW) wordt momenteel gezocht naar een geschikte techniek om de optimale bedrijfsopzet te bepalen. Vanuit een LP-historie heeft eerst de vraag centraal gestaan of het mogelijk was om een optimale bedrijfssituatie te bepalen via lineaire programmering, rekening houdend met de uitkomsten uit de simulatiemodellen. Vervolgens zijn de mogelijkheden van andere technieken onderzocht.

Bij de keuze van de optimalisatietechniek is een aantal voorwaarden gesteld waaraan de betreffende methode zou moeten voldoen.

1. De te kiezen optimalisatietechniek moet zo efficiënt en effectief mogelijk gebruik maken van de mogelijkheden tot detaillering die de simulatiemodellen bieden. Dit geldt zeker waar het de voedervoorziening en de mineralenkringloop betreft.
2. De optimalisatie moet op eenvoudige wijze op verschillende kengetallen uitgevoerd kunnen worden. Niet alleen bedrijfseconomische maar ook milieutechnische kengetallen kunnen in de toekomst bepalend zijn voor de keuze van het optimale plan.
3. Bij voorkeur moet inzicht gegeven worden in de ligging van de suboptimale plannen. Voor de interpretatie van de resultaten is het belangrijk of er sprake is van een groot of een klein verschil tussen het optimale plan en het op één na beste, zeker als meerdere criteria bij de beoordeling een rol spelen.

4. De ontwikkelde toepassing moet doorzichtig zijn, onderzoekers die met het systeem werken moeten kunnen nagaan waarom voor een specifieke oplossing gekozen wordt en hoe de onderliggende relaties doorwerken in de uiteindelijke oplossing.
5. De uiteindelijke oplossingen moeten reële, in de praktijk uitvoerbare bedrijfsopzetten betreffen.

Aan de hand van deze voorwaarden is getracht de meest geschikte optimalisatietechniek te kiezen. Twee opties zullen hierna besproken worden. Het betreft optimalisatie met behulp van lineaire programmering, waarbij de hiervoor beschreven relaties in meer of minder geaggregeerde vorm in een tableau opgenomen zijn en optimalisatie door beoordeling van kengetallen van een groot aantal runs met de besproken simulatiemodellen.

### 2.3.1 Lineaire programmering

Aangezien bij het PR in het verleden veel ervaring was opgedaan met lineaire programmering werd gestart met het onderzoeken van de mogelijkheden om de LP-formulering zodanig aan te passen dat optimalisatie van de bedrijfsopzet mogelijk was, gebruikmakend van de uitgebreidere kennis die via de simulatiemodellen beschikbaar was. Daarbij zijn verschillende aggregatieniveaus van bedrijfsprocessen onderzocht. In het geaggregeerde model lag de nadruk op het kiezen van een complete bedrijfsopzet. Keuzes betroffen daar het stikstofniveau per hectare grasland, de melkproductie per koe (en daarmee samenhangend de veebezetting) en het beweidingssysteem. In het gedesaggregeerde model waren er aparte activiteiten en melkkoeien en jongvee, waardoor onder andere verschillen in samenstelling van de veestapel mogelijk waren.

Bij de ontwikkeling van de LP-toepassingen zijn een aantal problemen boven tafel gekomen, die niet of moeilijk oplosbaar zijn in het LP-tableau.

1. De verschillende toepassingen dreigden, ook al bij relatief kleine problemen, in erg grote LP-tableaus te resulteren. Hiervoor zijn meerdere oorzaken aan te geven.

Allereerst is er sprake van een groot aantal niet-lineaire relaties in de verschillende simulatiemodellen. In de LP-formulering kunnen deze relaties opgenomen worden door ze in deelstukken op te splitsen. Dit vergroot echter het aantal mogelijke activiteiten sterk en vraagt om voorzieningen om ongewenste combinaties van activiteiten uit te sluiten.

Een tweede oorzaak voor het grote aantal activiteiten is het feit dat door de onderlinge beïnvloeding van graslandgebruik, veevoeding en melkproductie er binnen een rantsoen geen uitwisseling meer mogelijk is van het ene voedermiddel tegen het andere zonder dat dat effecten heeft op de productie van de koeien. Dit betekent dat per variant in de rantsoensamenstelling een aparte activiteit in de LP opgenomen moet worden.



2. In de gedesaggregeerde opzet is het niet mogelijk op voldoende accurate wijze rekening te houden met de in de simulatiemodellen opgenomen voerstrategieën en de mestproduktie van de dieren. Probleem hierbij is dat het totale beschikbare voer in één opslag terecht komt. Ook voor de geproduceerde mest geldt dat ze in één opslag terecht komt. Verschillende partijen voer respectievelijk mest worden in beide gevallen samengevoegd tot één grote partij waaruit vervolgens hoeveelheden onttrokken worden voor voeding respectievelijk mestaanwending. Bij het gebruik van voer en mest zijn cijfers over de samenstelling van het produkt essentieel: bij voer is dat de voederwaarde (VEM, DVE etc) en bij mest de gehalten aan N, P en K. In de LP-toepassing bleek het niet mogelijk deze gemiddelde waarden van voer en mest gedurende de optimalisatie te berekenen en gebruiken.

In de geaggregeerde opzet speelde deze problematiek minder sterk. Per in te voeren activiteit is in deze situatie de voerstrategie namelijk al van te voren ingevuld en is berekend hoeveel mest geproduceerd wordt en hoe die aangewend kan worden. Dit gebeurt in de simulatiemodellen.

Voor beide problemen is getracht een oplossing te zoeken binnen het kader van de LP-toepassing. Voor het eerste probleem is een oplossing gezocht door in een aantal achtereenvolgende runs met de LP-toepassing het oplossingsgebied steeds verder te verkleinen totdat uiteindelijk een optimale oplossing bereikt werd. In deze toepassing wordt de optimalisatie gestart met een zeer brede range voor de van belang zijnde beslissingsvariabelen: bijvoorbeeld een melkproduktie per koe van 5.000 tot 10.000 kg. Als keuzemogelijkheden worden ingevoerd: 5.000, 7.500 en 10.000. In de eerste run wordt nu een optimale bedrijfsopzet bepaald, gebruik makend van deze waarden, waarbij alleen naastliggende waarden gecombineerd mogen worden. Indien nu de oplossing aangeeft dat in het optimale plan zowel 7.500 als 10.000 kg opgenomen werd, wordt geconcludeerd dat het gebied tussen 5.000 en 7.500 verder niet meer relevant is. In de tweede run wordt een nieuw punt toegevoegd zodat de range nu wordt: 7.500, 8.750, 10.000. Deze aanpassing (op een aantal beslissingsvariabelen) gaat door totdat er één punt overblijft: het optimale plan. Tegenover de voordelen van het kleine en daarmee duidelijke LP-tableau staan als nadelen dat meerdere runs met steeds weer nieuwe invoer nodig zijn en dat er geen absolute zekerheid is dat we met het werkelijke optimum te maken hebben. Door het weglaten van een deel van de oplossingsruimte bij elke volgende stap kan het ook zijn dat het resultaat een lokaal optimum is.

Voor het tweede probleem van de gemiddelde waarden is een oplossing ontwikkeld voor de gemiddelde mestsamenstelling. Dit is gedaan door een schatting van de N-, P- en K-gehalten in de mest in het model in te voeren. Na optimalisatie wordt deze schatting vergeleken met de werkelijke, uit het model af te leiden gehalten. Is er sprake van verschillen dan worden de berekende gehalten als nieuwe schatting ingevoerd

en wordt er opnieuw geoptimaliseerd. Dit gaat door totdat schatting en berekende waarde gelijk zijn. Resultaat is uiteindelijk een mestsaamenstelling die past bij de voeding zoals die versterkt is. Nadeel is echter dat het model niet sturend werkt naar bijvoorbeeld rantsoenen met de laagste mineralengehaltes als dit bedrijfseconomisch niet aantrekkelijk is (NB. het maximaliseren van het saldo blijft de objectfunctie). Ook het invoeren van boetetermen waarmee rantsoenen belast kunnen worden die veel bijdragen aan de mineralenuitscheiding bleek niet voldoende sturend te werken. Tenslotte geldt als nadeel dat ook nu weer meerdere runs nodig zijn met steeds weer andere invoergegevens.

De ervaringen tot nog toe met de ontwikkelde toepassingen van LP leiden tot de volgende conclusies met betrekking tot de hiervoor genoemde voorwaarden waaraan de techniek zou moeten voldoen.

1. De mogelijkheden om gebruik te maken van de faciliteiten die de simulatiemodellen bieden is in de gedesaggregeerde LP-modellen gering. De vaak ingewikkelde relaties zijn moeilijk in het LP-tableau in te brengen, zonder te verzanden in grote modellen met strakke rekenregels. In geaggregeerde vorm zijn er meer mogelijkheden de simulatiemodellen te gebruiken maar de vraag is dan of LP nog wel zinvol is als al zoveel voorwerk in andere modellen moet plaats vinden.
2. Rekening houden met meerdere optimalisatiecriteria in LP is moeilijk. Een mogelijkheid is het opgeven van criteria als randvoorwaarden (doelprogrammering), maar dan moet duidelijk bekend zijn welk niveau minimaal of maximaal gerealiseerd moet c.q. mag worden. Ook kan het opgeven van een andere objectfunctie in het LP-tableau aanzienlijke aanpassingen in het tableau tot gevolg hebben.
3. De uitvoer van een optimalisatie geeft het optimale plan met daarbij informatie over de gevoeligheid van de oplossing voor verandering in de uitgangspunten (bijvoorbeeld schaduw prijzen). Informatie over sub-optimale plannen wordt niet gegeven. Hiervoor zijn eventueel nieuwe berekeningen nodig met andere invoerwaarden voor de te stellen beperkingen.

Ook in deze studie bleek weer dat een verdere verfijning van het LP-tableau moeilijk is. De genoemde beperkingen die voor de toepassing van LP in combinatie met simulatiemodellen gelden, hebben ertoe geleid dat in het vervolg van het onderzoek nagegaan is wat de mogelijkheden zijn van andere optimalisatieprocedures.

### 2.3.2 Beoordeling kengetallen uit simulatiemodellen

Hiervoor is geconstateerd dat het opnemen van de vaak complexe relaties zoals die in de simulatiemodellen gebruikt worden in de LP-modellen problematisch is. Vandaar dat een tweede optie nader uitgewerkt is. Het betreft de procedure waarbij met de simulatiemodellen een groot aantal runs gemaakt wordt met steeds andere uitgangspunten. Uit de re-

sultaten hiervan, zoals die in de bedrijfsbegroting staan weergegeven, worden kengetallen geselecteerd die van belang geacht worden voor de keuze van het optimale plan. Door deze kengetallen te beoordelen kunnen de verschillende plannen vergeleken worden.

De procedure wordt op het moment ontwikkeld. In grote lijnen komt het neer op de volgende stappen.

1. Allereerst moeten de grenzen bepaald worden van het gebied waarin de oplossingen gezocht mogen worden. Dit is te vergelijken met het kiezen van de trajecten voor de beslissingsvariabelen in de LP-toepassing; de grenzen voor het simulatiemodel worden ook bepaald voor dezelfde beslissingsvariabelen als in de LP-toepassing. Naast de grenzen moet voor de simulatietoepassing ook opgegeven worden met welke stapgrootte elk traject afgewerkt moet worden. Bijvoorbeeld ten aanzien van melkproductie: bij een traject van 5.000 tot 10.000 kg betekent een stapgrootte van 500 dat berekeningen gemaakt worden voor 5.000, 5.500, 6.000, 6.500 enzovoort tot 10.000 kg.
2. Als voor elke beslissingsvariabele het traject en de stapgrootte bepaald is, wordt voor elke mogelijke combinatie van waarden van variabelen de bedrijfsopzet bepaald. Belangrijke rol hierin speelt weer de voedselvoorziening: deze bepaalt immers of een bepaalde bedrijfsopzet wel of niet mogelijk is. Voor elke mogelijke bedrijfsopzet wordt een bedrijfsbegroting gemaakt waarbij een van te voren vastgesteld aantal kengetallen berekend wordt.
3. Na het verwijderen van inefficiënte plannen (plannen waarvoor een alternatief bestaat dat op alle relevante kengetallen beter scoort) wordt de resterende dataset met een grafische toepassing beoordeeld. Met deze toepassing is het mogelijk twee-dimensionale plaatjes te maken van elke willekeurige combinatie van kengetallen. Daardoor is het mogelijk het plan met de hoogste score op één kengetal te bepalen gegeven een grenswaarde waaraan voldaan moet worden bij een ander kengetal.

De hiervoor beschreven toepassing heeft, vergeleken met de LP-toepassing voor- en nadelen. Bezien vanuit de randvoorwaarden die aan de procedures gesteld worden zijn er de volgende voordelen.

1. Deze methodiek maakt optimaal gebruik van de mogelijkheden die de simulatiemodellen bieden. Omdat direct met de simulatiemodellen gerekend wordt, worden alle beschikbare mogelijkheden gebruikt. Voordeel is ook dat eventuele uitbreidingen van de simulatiemodellen direct in de optimalisatie kunnen meelopen.
2. De hiervoor beschreven procedure maakt het mogelijk op eenvoudige wijze optimalisatie op verschillende kengetallen uit te voeren: in de derde stap hoeft slechts een ander kengetal gekozen te worden, de berekeningen hoeven niet opnieuw uitgevoerd te worden. Optimalisatie op meerdere kengetallen tegelijk blijft in deze procedure moeilijk. Het stellen van een grenswaarde aan één variabele en het

vervolgens optimaliseren op een andere variabele biedt wel wat mogelijkheden maar blijft toch beperkt.

3. De methode geeft naast het optimale plan ook alle andere plannen in de grafieken weer. Dit maakt het mogelijk te beoordelen hoe het optimale plan ligt ten opzichte van de sub-optimale plannen. Ook is het mogelijk te beoordelen hoe het optimale plan bij één variabele scoort bij optimalisatie op andere variabelen.

Naast de genoemde voordelen van deze techniek moet toch ook een kanttekening geplaatst worden. Het is noodzakelijk zelf de rekeningen te automatiseren. Gebeurt het rekenwerk niet automatisch dan vraagt dit erg veel tijd, omdat met deze techniek elke mogelijke bedrijfsopzet die ter keuze aangeboden wordt van te voren met de simulatiemodellen moet worden doorgerekend. Toch lijkt de hier beschreven methodiek perspectief te hebben voor het bedrijfseconomisch onderzoek zoals dat bij het PR wordt uitgevoerd. Vooral het grotere inzicht in de effecten die optreden bij de verandering in een bedrijfsonderdeel en in de onderlinge verhoudingen tussen de plannen is daarbij van belang. Het directe gebruik van de simulatiemodellen is hierbij een groot voordeel.

### 3. Reikwijdte van de resultaten

Momenteel wordt de hiervoor geschetste procedure ontwikkeld. Er zijn nog geen studies mee uitgevoerd. Wel is in het verleden ervaring opgedaan met het maken van bedrijfsbegrotingen met behulp van de simulatiemodellen. Deze begrotingen geven een goed beeld van een gemiddelde situatie op een melkveebedrijf. De resultaten van de optimalisatie zullen daardoor ook geldig zijn voor deze gemiddelde situatie. Doordat in de beoordeling van het optimale plan meerdere criteria meegenomen kunnen worden zal de keuze niet altijd hoeven te vallen op het plan met het hoogste saldo, maar is een afweging tussen saldo en andere criteria mogelijk. Dit zal naar verwachting een reëler beeld geven van de keuzeprocessen op praktijkbedrijven.

### 4. Suggesties voor verbeteringen en andere terreinen van toepassing

De beschreven procedure is nog in de ontwikkelfase. Zeker waar het de afweging van de verschillende plannen op grond van meerdere criteria betreft zijn verbeteringen in de procedure waarschijnlijk mogelijk. Om aan te kunnen geven welke verbeteringen dit betreft zal de methodiek eerst in studies toegepast moeten worden.

De methodiek lijkt ook op andere terreinen toepasbaar. Ze lijkt alleen zinvol als voor het betreffende toepassingsgebied uitgebreide en complexe simulatieprogramma's beschikbaar zijn die moeilijk in andere optimalisatieprocedures onder te brengen zijn. Daarnaast is toepassing

meer geschikt voor het krijgen van inzicht in de relaties die gelden voor het toepassingsgebied en minder geschikt voor eenduidige optimalisatieproblemen, waar sprake is van een duidelijke objectfunctie en waarbij slechts één uitkomst verlangd wordt. Ook ten aanzien van toepassing op andere terreinen geldt echter dat daarover een duidelijker beeld mogelijk is nadat de methodiek in studies is toegepast.

#### *Literatuur*

Boer, P.B. de

*Ruweb 80; opzet, uitgangspunten en eerste berekeningsresultaten van een dynamisch lineair programmeringsmodel voor het productieproces op weidebedrijven; Lelystad, Proefstation voor de Rundveehouderij, 1981, interne notitie*

Hendriks, J.

*Een lineair programmeringsmodel voor de rundveehouderij met niet-lineaire milieurestricties; Lelystad, Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, 1990*

Jong, H. de

*Voederbenuttings-LP; een lineair programmeringsmodel voor de voeding van een koe het jaar rond; Lelystad, Proefstation voor de Rundveehouderij, 1983*

Mandersloot, F. en A.T.J. van Scheppingen

*Veehouderijproblematiek (4): de rol van simulatiemodellen, Landbouwkundig tijdschrift 11 (1990), pp. 28-31*

Meulen, M.A. van der

*Modellen rundveehouderij; Lelystad, Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, 1991, concept publikatie*

Plomp, J.A.

*De ontwikkeling van een lineair programmeringsmodel voor de melkveehouderij; Lelystad, Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, 1989*

# DYNAMISCHE LINEAIRE PROGRAMMERING TEN BEHOEVE VAN BOOMKWEKERIJBEDRIJVEN

(A.G. van der Zwaan)

## *Abstract*

Production planning on tree nurseries is extremely complex. A multiperiod linear programming model ('lineaire programmering') was built for calculating optimal delivery schemes.

Validation of the first results of the model showed large inadequacies in the data on labour requirements and returns used in the model. Therefore a simplified 'one-period' model was developed. It proved to be useful to optimize mixed container-grown and field-grown nursery-stock production.

## 1. Inleiding

Ongeveer een jaar nadat het IMAG in 1984 met arbeidskundig onderzoek in de boomteelt was gestart, is op het LEI-DLO een project geformuleerd voor laanboombedrijven waarin met behulp van lineaire programmering voor uiteenlopende bedrijfssituaties optimale teeltplannen zouden worden berekend. De belangrijkste redenen dat voor laanboombedrijven werd gekozen waren:

- in de laanbomenteelt loopt de teeltduur op tot acht à tien jaar;
- de teeltduur ligt echter niet vast; een boom kan na vijf jaar, maar ook na zes of zeven jaar worden verkocht. Teeltplanning is daardoor gecompliceerd;
- het sortiment is binnen deze sector geringer dan bij sierheesters en coniferen en de teeltmethoden (plantafstand en dergelijke) lopen minder uiteen.

Op laanboombedrijven bedragen de arbeidskosten ongeveer vijftig procent van de totale kosten. Bij het leeuwedeel van de werkzaamheden is vakbekwame arbeid nodig die niet naar believen is aan te trekken of af te stoten. Het is daarom van groot belang inzicht te krijgen in een optimale arbeidsbenutting.

Het opstellen van een model van een eenvoudig laan- en parkboombedrijf voor de berekening van op lange termijn optimale teeltplannen was het primaire doel van het project. Het model moest eveneens mogelijkheden bieden tot verder onderzoek naar optimale aflevertijdstippen van laanbomen.

Bij de start van het onderzoek bestond nog geen enkele ervaring met lineaire programmering voor boomteeltbedrijven. Met deze methode enige ervaring op te doen bij meerjarige gewassen was een belangrijk nevendoeel van het onderzoek.

## 2. Afweging methodekeuze

Bij het onderzoek is gebruik gemaakt van dynamische lineaire programmering. Deze methode biedt de mogelijkheid om, uitgaande van de op een begintijdstip aanwezige bedrijfssituatie, de weg te vinden waarlangs gedurende de planningsperiode de optimale bedrijfssituatie bereikt kan worden. De invloed van veranderende data (opbrengstprijzen, beschikbare hoeveelheid arbeid en grond, mechanisatiemogelijkheden) kan door aanpassing van de coëfficiënten in het begintableau en de erop volgende berekeningen, zichtbaar worden gemaakt.

Het voordeel van dynamische lineaire programmering is dat beslissingen over de verhouding waarin de bomen na een bepaalde teeltperiode worden verkocht en doorgeteeld niet meer vooraf hoeven te worden genomen zoals bij het één-periodemodel. De methode zoekt de optimale weg langs de beslissingsmomenten en houdt daarbij rekening met voorafgaande beslissingen.

## 3. Problemen bij de verzameling van data en de berekeningen

Naast de beperkingen die lineaire programmering voor een periode heeft, kent de bovengenoemde methode twee nadelen:

- de data moeten voor de hele planningsperiode bekend zijn en
  - het begintableau wordt door de meerjarige opzet omvangrijk.
- De uitvoering van het onderzoek werd verder door de volgende problemen bemoeilijkt:
- a. de resultaten van de tijdstudies van het IMAG bleken nogal wat lacunes te bevatten zodat op een aantal punten niet tot een adequate benadering van de arbeidsbehoeften van teeltactiviteiten was te komen. Het vastleggen van arbeidsgegevens voor dit onderzoek werd door bijna alle benaderde ondernemers als te tijdrovend afgewezen. Vermoedelijk werd er te gedetailleerd gevraagd;
  - b. er bleken grote verschillen in kwaliteit en uitvalpercentage per bedrijf voor te komen. De variatie in maat na eenzelfde teeltduur bleek eveneens aanzienlijk te zijn. Voor normalisatie waren onvoldoende waarnemingen beschikbaar;
  - c. het bleek ook erg moeilijk informatie te krijgen over de verdeling van arbeidsbehoeften over het jaar ofwel de tijdsgebondenheid van teelt- en vermeerderingsactiviteiten. De uitkomsten van de eerste berekeningen bleken erg gevoelig voor de aannames die daarbij werden gedaan;

- d. in gesprekken met telers kwam veel weerstand tegen schoksgewijze aanpassingen van het teeltplan naar voren. Bij meerjarige teelten (tot acht à tien jaar) is de vraagontwikkeling niet te voorspellen. Er is daarom een sterke behoefte aan risicospreiding (breed gewassenpakket) terwijl uit de resultaten van de berekeningen een sterke tendens tot ontmenging naar voren kwam.

Verder is het de vraag in hoeverre een maximaal bedrijfsresultaat op de "lange termijn" strijdig is met de behoefte aan flexibiliteit, dat wil zeggen op korte termijn inspelen op veranderingen in productie en afzet. Verder bestaat de indruk dat ondernemers in de boomteelt niet zo geïnteresseerd zijn in een optimaal teeltplan maar zich veeleer afvragen wat de consequenties zijn van wijzigingen in de bedrijfsopzet bijvoorbeeld door extra vaste arbeid of mechanisatie.

Het model dat in samenwerking met een LUW-student in het LINDO-programma werd gebouwd, bleek zo omvangrijk dat het niet met LEI-DLO-programmatuur kon worden verwerkt. Mede gezien de lange rekkentijd (er bleken meerdere "runs" nodig om tot een optimaal teeltplan te komen) en de geringe perspectieven vanwege onevenwichtigheden in het model, is het project afgebroken.

#### 4. Evaluatie

Onder meer vanwege de complexiteit van de sector en het ontbreken van gedetailleerd datamateriaal (arbeids- en opbrengstnormen) is dynamische lineaire programmering niet zo geschikt voor onderzoeksdoeleinden in de boomkwekerij. Het is aan te bevelen te volstaan met een "eenvoudige" modelopzet. Bij een onderzoek naar de verhouding tussen pot- en containerteelt en vollegrondsteelt op intensieve boomkwekerijen is een één-periodemodel gebruikt. De teelt van vierjarige bomen waarbij na twee jaar wordt verplant en een deel wordt verkocht is daarbij in één teeltactiviteit samengebracht. Verondersteld is een "going concern" dat wil zeggen de teeltcyclus herhaalt zich telkens en er treedt tussentijds geen verandering op in de verhouding tussen de oppervlakten van opeenvolgende teelten (een teelt start bij het opplanten en eindigt bij het rooien als er verplant of afgeleverd wordt).

Bij de daarna uitgevoerde berekeningen werden bevredigende resultaten geboekt. Toch lijkt lineaire programmering voor tactische planning (teeltplanning) niet zo geschikt. Wellicht is simulatie een betere methode. Voordat op dit terrein tot verder onderzoek wordt overgegaan (informatiemodellen) zou eerst moeten worden geanalyseerd hoe ondernemers in de boomteelt over hun teeltplan beslissen. Goede aanknopingspunten daartoe levert een Duits onderzoek naar de manier waarop men bedrijfsbeslissingen benadert en wat de opvattingen zijn over planning. Een van de conclusies is dat de complexe aard van de beslissingen in de boomkwekerij de ondernemer tot vereenvoudigde benaderingswij-



zen noodzaakt. Hij is ook meer bezig een manier van "handling" van het probleem te vinden dan systematisch naar optimale oplossingen te zoeken. Bij planning wordt heel sterk rekening gehouden met het meest recente verleden. Nieuwe teeltplannen wijken in de meeste gevallen slechts zeer weinig af van de voorgaande.

Bij de bespreking van de bijzondere omstandigheden die voor de boomkwekerij ten aanzien van planning gelden komt nog een belangrijke zaak aan de orde. Het lijkt de onderzoeker niet zinvol een model voor productiebeslissingen te ontwikkelen dat uitsluitend gebaseerd is op (marginale) kosten. Dit omdat er in deze sector meer mogelijkheden zijn voor een actieve prijs- en afzetpolitiek dan in andere takken van de tuinbouw.

# SAMENSTELLEN VAN VERGELIJKBARE GROEPEN VAN BEDRIJVEN

(P.B. de Boer en J. Dijk) 1)

## Abstract

Making descriptive comparisons between two groups of farms that differ in some respect - e.g. farms with and farms without a management agreement - is not very easy in that also other factors differ, such as the size of the farm.

Linear programming is a suitable method to make a selection of two groups in such a way that only the factor in which one is primarily interested, differs.

However, this method has the restriction that only groups of equal size can be formed. With the use of nonlinear programming unequal sizes are possible, but then it becomes more difficult to find an optimal solution. Some alternative methods are described as well as possible improvements of the linear programming approach. The use of stratification (weighing) and a further development of the nonlinear approach seem the most promising alternatives.

## 1. Inleiding

Er zijn verschillende methoden in gebruik voor de beschrijving en/of analyse van bedrijfsgegevens die door middel van boekhoudingen verkregen zijn. Zuiver beschrijvend is de groepering van bedrijven naar bepaalde kenmerken (type, regio, omvang) in jaarlijkse LEI-DLO-publikaties zoals die over de bedrijfsuitkomsten (BUL) en financiële positie (FIP) in de landbouw. Per groep kan informatie gegeven worden over alle variabelen die bekend zijn, en dat zijn er in de LEI-boekhouding heel veel (honderden). Het beschrijvende karakter van deze vorm van rapportage wordt onderstreept door de weging van de opgenomen bedrijven naar verhouding van het totale aantal bedrijven die ze vertegenwoordigen.

Hier tegenover staan meer analyserende methoden, zoals factoranalyse en regressie-analyse, waarmee de samenhang tussen een aantal variabelen kan worden gekwantificeerd. Factoranalyse wordt gebruikt voor de verkenning van samenhang, regressie-analyse voor de verklaring.

---

1) Aan de ontwikkeling van de hier beschreven toepassing van lineaire programmering is tevens meegewerkt door W. van Eck en C.H.G. Daatselaar.

Vooral bij regressie-analyse is het aantal variabelen in de praktijk beperkt.

Een tussenvorm tussen pure beschrijving en de meer analyserende methoden is de groepsvergelijking. Hierbij worden de bedrijven ingedeeld naar één of meer kenmerken met uitschakeling van de (mogelijke) invloed van een aantal andere factoren. Daartoe worden deze andere factoren voor de onderscheiden groepen gelijk gehouden. Per groep kunnen weer alle variabelen beschreven worden die van de bedrijven bekend zijn.

Probleem bij de groepsvergelijking is om de groepen van bedrijven voor meerdere kenmerken gelijk of vergelijkbaar te maken. Dit probleem wordt meestal versterkt doordat gegevens van slechts een beperkt aantal bedrijven beschikbaar zijn, zodat deze zo goed mogelijk moeten worden benut. Een zo groot mogelijk deel van de beschikbare bedrijven moet dus in de vergelijking worden opgenomen.

De behoefte aan dergelijke groepsvergelijkingen heeft zich de laatste jaren onder meer voorgedaan in een tweetal onderzoeken naar de effecten van beheersbeperkingen op weidebedrijven en in een onderzoek naar de invloed van de ontwateringstoestand op de bedrijfsresultaten. In deze onderzoeken is of wordt lineaire programmering (LP) gebruikt om vergelijkbare groepen van bedrijven met of zonder beheersovereenkomst, met of zonder reservaatgrond en met diepe of ondiepe ontwatering samen te stellen (Van Eck, 1989; Van Eck en Prins, 1990; over het lopende onderzoek naar de invloed van beheersovereenkomsten is nog niet gepubliceerd).

Doel van de toepassing van LP is daarmee in dit geval om uit een beschikbaar materiaal van bedrijven waarvan een boekhouding en eventueel andere gegevens verzameld zijn twee zo groot mogelijke groepen te vormen die verschillen naar het indelingskenmerk en overeenkomen naar een aantal andere kenmerken die de vergelijking zouden kunnen vertroebelen.

## 2. Het lineaire programmeringsmodel

Een LP-model is opgebouwd uit een aantal activiteiten die een bijdrage kunnen leveren aan een doelfunctie. De ontplooiing van de activiteiten is onderworpen aan een aantal beperkingen. Bij de oplossing van het model wordt de waarde van de doelfunctie gemaximaliseerd. In de hier beschreven toepassing vormen de bedrijven de activiteiten, de gelijkheidsvoorwaarden de beperkingen en het in de bedrijfsvergelijking op te nemen aantal bedrijven de te maximaliseren doelfunctie.

De gelijkheidsvoorwaarden hebben in het lopende onderzoek naar de invloed van beheersovereenkomsten betrekking op: ligging van de bedrijven, produktierichting, vetquotum, oppervlakte, bodemtype, verkalving, staltype, duur bedrijfsuitoefening, opvolgingssituatie en vermogensvoorziening. Afhankelijk van het concrete doel van de vergelijking

(bedrijfsvoering, rentabiliteit, financiële positie) en van de mogelijkheden die de beschikbare waarnemingen bieden wordt hieruit een keuze gemaakt. De selectie van de gelijkheidseisen vloeit voort uit deels algemene, deel probleemspecifieke overwegingen.

De beperkingen worden zo geformuleerd dat de gemiddelde waarde van de gekozen kenmerken voor de bedrijven met en zonder beheersovereenkomst in de modeloplossing dezelfde is. Desgewenst kan hierbij een zekere speelruimte worden gelaten. Deze speelruimte kan op verschillende manieren worden gelimiteerd, ook voor meerdere gelijkheidseisen gezamenlijk. Zo is soms de mogelijkheid ingebouwd dat de afwijkingen voor de verschillende bodemtypen samen maximaal een bepaald percentage van de bedrijfsoppervlakte mogen zijn. Ook is de mogelijkheid ingebouwd om gelijkwaardig geachte (combinaties van) bodemtypen tegen elkaar uit te wisselen (klei-op-veen tegen klei + kleiig veen en kleiig veen tegen klei-op-veen + veen).

Vermeden moet worden dat een of enkele bedrijven een te groot gewicht in hun groep krijgen. Daarom mag ieder bedrijf maximaal eenmaal in de oplossing opgenomen worden. Er kunnen wel bedrijven voor een kleiner aandeel in de oplossing komen.

Het lineaire karakter van het model heeft tot nu toe twee problemen opgeleverd. In de eerste plaats worden twee groepen van gelijke grootte samengesteld, waardoor bij sterk ongelijke aantallen in het uitgangsmateriaal veel bedrijven niet benut kunnen worden. Wanneer bijvoorbeeld in de ene groep veertig bedrijven beschikbaar zijn en in de andere groep tweehonderd, dan kunnen er maximaal twee maal veertig bedrijven in de oplossing komen.

In de tweede plaats kunnen alleen absolute grootheden voor beide groepen gelijk gehouden worden en geen relatieve grootheden. Er kan dus bijvoorbeeld wel de eis gesteld worden dat beide groepen evenveel hectares van de onderscheiden bodemtypen moeten hebben. De eis dat de procentuele verdeling van de bodemtypen gelijk moet zijn wanneer de gemiddelde bedrijfsoppervlakte van beide groepen verschilt kan echter niet worden ingebracht.

In eerste instantie is geprobeerd deze problemen op te lossen door het introduceren van niet-lineaire vergelijkingen. Hierop wordt in de volgende paragraaf ingegaan.

In het nu lopende onderzoek worden ze ondervangen door een van beide groepen van bedrijven te aggregeren. De geaggregeerde activiteit kan in elke omvang in de modeloplossing opgenomen worden. Voorwaarde is dat van een van beide groepen (in de praktijk de kleinste) alle bedrijven in de oplossing kunnen komen of dat op z'n minst bekend is welke bedrijven uit die groep in de oplossing kunnen komen. Verder blijft het aantal opgenomen bedrijven uit de andere groep uiteindelijk toch kleiner dan theoretisch met niet-lineaire programmering haalbaar moet zijn.

Het probleem van de relatieve gelijkheidseisen wordt hierbij opgelost door de geaggregeerde activiteit te splitsen. De ene geaggregeerde activiteit bevat de coëfficiënten die op de bedrijven betrekking hebben en de andere geaggregeerde activiteit bevat de coëfficiënten die op de hectares betrekking hebben (andere/verdere splitsingen zijn ook mogelijk). Een voorbeeld kan dit verduidelijken. Wanneer er veertig beheersbedrijven zijn van gemiddeld 30 ha en wanneer er zestig vergelijkingsbedrijven in de oplossing kunnen komen van gemiddeld 25 ha dan betekent dit dat de aggregatie van de beheersbedrijven  $60/40 = 1,5$  x opgenomen wordt en de aggregatie van de hectares van de beheersbedrijven  $(60 \times 25)/(40 \times 30) = 1,25$  x. In deze oplossing zijn zowel de gemiddelde oppervlakte van de vergelijkingsbedrijven als de delen waaruit deze is samengesteld (bijvoorbeeld de bodemtypen)  $1,25/1,5 = 5/6$  van die van de beheersbedrijven.

### 3. Niet-lineaire programmering

Voor de niet-lineaire programmering (NLP) is (net als voor de LP) het pakket SCICONIC gebruikt. Het schrijven van het programma voor de NLP-versie van het model bleek vrij arbeidsintensief, onder meer omdat geen gebruik gemaakt kon worden van de matrix-generator. Het programma gaf bij het stellen van een beperkt aantal gelijkheidseisen oplossingen die duidelijk superieur waren ten opzichte van de oplossingen van het LP-probleem (bijvoorbeeld LP: twee groepen met elk 35 bedrijven; NLP: een groep met 39 bedrijven en een vergelijkingsgroep met 61 bedrijven). Deze oplossingen werden in vrij korte tijd gevonden, maar door de grootte van de oplossingsruimte en de aard van het programma bleven het wel sub-optimale oplossingen. Ook liep het programma soms om onverklaarbare redenen vast: de output stokte, terwijl de opdracht gegeven was om na iedere iteratie een print te geven. Het programma brak dan niet uit zichzelf af. Ook kwam het voor dat het programma zichzelf na enkele honderden iteraties ging herhalen of dat de melding kwam dat het probleem onbegrensd was. De feitelijke toepassing van niet-lineaire vergelijkingen is daardoor tot nu toe beperkt gebleven tot enkele relatieve gelijkheidseisen.

SCICONIC kent veel parameters (toleranties, zoekstrategieën, en dergelijke) die door de gebruiker ingesteld kunnen worden en die de rekentijd en het al dan niet vastlopen van het programma nogal beïnvloeden. Door het gebrek aan documentatie over de mogelijkheden, door het voorkomen van fouten in die documentatie, en dergelijke is uiteindelijk niet duidelijk geworden of de NLP-benadering verder ontwikkeld moet worden, of dat de winst van deze benadering ten opzichte van de LP-benadering gering is, gezien ook de rekentijd. Bij het opvoeren van het aantal gelijkheidseisen werd het steeds moeilijker om een oplossing te vinden in een aanvaardbare rekentijd. De LP-benadering heeft het voordeel dat altijd een oplossing gevonden wordt, ook al is dat mis-

schien een oplossing waarin de twee te vergelijken groepen wat weinig bedrijven bevatten. Begin juni 1991 is een nieuwe versie van SCICONIC op LEI-DLO geïnstalleerd. Het is op dit moment nog niet duidelijk in hoeverre deze nieuwe versie enkele problemen met de oude versie ondervangt.

Een voordeel van de NLP-benadering - naast de mogelijkheid om ongelijke aantallen bedrijven per groep te verkrijgen - is een betere sturing van de marges die toegestaan zijn bij het gelijk maken van de gemiddelde waarden voor een aantal variabelen. Een ander voordeel is dat de onderzoeker een voorkeur kan opgeven voor de groep bedrijven waarvan er relatief veel in de vergelijking moeten worden opgenomen. Een doelstellingsfunctie waarbij elk bedrijf uit de ene groep voor 1,0 telt en elk bedrijf uit de andere groep voor 0,5 kan als optimale oplossing geven dat er 38 bedrijven uit de ene groep worden opgenomen en 51 uit de andere, terwijl als de bedrijven uit beide groepen even zwaar tellen er bijvoorbeeld dertig bedrijven uit de ene groep worden opgenomen en 63 uit de andere. Het is voorstelbaar dat er een voorkeur is voor de eerste oplossing.

#### 4. Andere alternatieven

Voor groepsvergelijkingen van bedrijven die verschillen naar het ene kenmerk en overeenkomen naar een aantal andere kenmerken zijn verschillende methoden denkbaar. Naast LP en NLP kunnen genoemd worden de aanpak door "trial and error", paarvorming, lineair wegen en factoranalyse.

In het verleden is wel geprobeerd het probleem handmatig via "trial and error" op te lossen. Door in een (groot) aantal stappen bedrijven uit een of beide groepen te verwijderen en/of er andere aan toe te voegen probeert men de gewenste gelijkheden steeds dichter te benaderen. Dit is een tijdrovende procedure waarbij met slechts een zeer gering aantal gelijkheidseisen rekening gehouden kan worden. Het verbeteren van een of twee gelijkheden heeft vaak tot gevolg dat de gelijkheid van de groepen op andere punten weer slechter wordt.

Een betrekkelijk eenvoudig alternatief is ook het vormen van paren van bedrijven die verschillen naar de indelingsvariabele en overeenkomen naar de gelijk te houden kenmerken. Het resultaat kan (in theorie) nog beter zijn dan bij gebruik van lineaire programmering. Niet alleen zijn de gevormde groepen namelijk gemiddeld gelijk voor een aantal kenmerken, ook de verdeling en de combinatie van die kenmerken is gelijk. Het grote probleem bij deze methode is dat het vaak niet lukt om in een beperkt materiaal bedrijven te vinden die op alle relevante punten

vergelijkbaar zijn. In de praktijk zal men zich daardoor sterk moeten beperken in de te stellen gelijkheidseisen 1).

Een andere alternatieve methode die betrekkelijk eenvoudig is uit te voeren, is de methode van het (lineair) wegen. Evenals bij het berekenen van uitkomsten in beschrijvend steekproefonderzoek, wordt daarbij gebruik gemaakt van wegingsfactoren. Een van beide groepen wordt als "populatie" beschouwd en gestratificeerd. Meestal zal dit de groep met de kleinste omvang zijn. Vervolgens wordt nagegaan hoeveel bedrijven uit de andere groep in elk van de strata thuishoort. Per stratum wordt nu een wegingsfactor berekend door het aantal "populatie"-bedrijven (de eerste groep) te delen door het aantal "steekproef"-bedrijven (de tweede groep). Elk bedrijf in een bepaald stratum krijgt dan de betreffende wegingsfactor, waardoor de som van de wegingsfactoren gelijk wordt aan het aantal bedrijven in de eerste groep.

Deze methode lijkt wel iets op de LP-methode die in paragraaf 2 beschreven is vanwege het gebruik van wegingsfactoren, zij het dat de hoogte van de wegingsfactoren niet per definitie gelijk aan of kleiner dan één hoeft te zijn. Het belangrijkste verschil zit in de rol van het toeval, waardoor bij de wegingsmethode de gemiddelden van de twee groepen (van de variabelen die bij de stratificatie gebruikt zijn) licht kunnen verschillen.

Het belangrijkste probleem bij de stratificatie- en wegingsmethode is dat bij het gebruik maken van meerdere stratificatievariabelen veel strata leeg worden. Bethlehem en Kersten (1986) geven aan hoe in een dergelijke situatie bij de stratificatie toch gebruik gemaakt kan worden van een groot aantal variabelen. Dat kan door meer algemene wegingstechnieken te gebruiken, namelijk additieve of multiplicatieve weging. Daarbij worden de gewichten bepaald met behulp van lineaire of multiplicatieve modellen 2).

Bedrijven kunnen verder nog op basis van de resultaten van een factoranalyse in groepen worden ingedeeld (zie onder meer Van Eck, 1989). In een aantal voorkeursdraaiingen worden eerst zoveel mogelijk de verschillen in kenmerken die men gelijk wil hebben geëlimineerd. Daarna wordt de resterende variantie in de indelingsvariabele in één factor gebracht. Tenslotte worden de bedrijven in groepen gedeeld op grond van hun scores op deze factor.

- 
- 1) Deze methode is toegepast voor de vergelijking van biologische met gangbare bedrijven (De Boer, 1987). Vanwege het geringe aantal is per biologisch bedrijf niet één maar een groep schaduwbedrijven uit het LEI-boekhoudnet gezocht.
  - 2) In z'n eenvoudige vorm wordt de lineaire weging toegepast in het lopende onderzoek naar de invloed van beheersovereenkomsten. Doordat slechts acht strata onderscheiden zijn doet het probleem van lege strata zich daarbij niet voor. Met additieve of multiplicatieve weging is bij LEI-DLO nog geen ervaring.

Bezwaren van deze methode zijn dat:

- niet alle variantie in de indelingsvariabele gebonden wordt;
- een deel van de verschillen in de indelingsvariabele gebonden wordt bij het vooraf uitschakelen van andere variabelen;
- het aantal vooraf uit te schakelen variabelen in de praktijk erg beperkt is;
- de groepen door toevalligheden toch nog merkbaar kunnen verschillen ten aanzien van de uitgeschakelde variabelen;
- de methode minder geschikt is bij niet-lineaire relaties (bijvoorbeeld 0-1 variabelen).

De eerste twee bezwaren doen zich in de een of andere vorm voor bij andere methoden van groepsvergelijking, maar lijken daar veelal beter beheersbaar. Wanneer er geen 0-1 variabelen in het geding zijn is een voordeel van factoranalyse dat (bij voldoende bedrijven) gemakkelijk meer dan twee groepen onderscheiden kunnen worden.

Gelijkheid van een aantal kenmerken zou natuurlijk ook al bij de bedrijfskeuze nagestreefd kunnen worden. Uit kostenoverwegingen is het in de praktijk echter niet mogelijk om het (hele) materiaal voor een bedrijfsvergelijkend onderzoek apart te verzamelen. Er zal steeds geheel of gedeeltelijk gebruik gemaakt moeten worden van bedrijven uit het LEI-boekhoudnet (zie voor de keuze van deze bedrijven Dijk, 1989).

## 5. Mogelijke verbeteringen

Het samenstellen van vergelijkbare groepen van bedrijven is een betrekkelijk eenvoudige toepassing van LP. De behoefte aan verbetering van de toepassing lijkt daardoor beperkt. Zoals aangegeven is een aantal problemen inmiddels (tot op zekere hoogte) oplosbaar gebleken door aggregatie van activiteiten. Verdere verbetering is denkbaar door uitbreiding van de toepassingsmogelijkheid van NLP. Hierop is in paragraaf 3 al ingegaan.

Hiernaast zijn nog enkele eenvoudiger verbeteringen denkbaar. In de eerste plaats zou (meer) rekening gehouden kunnen worden met de verdeling van de gelijkheidskenmerken. Dit kan door deze te splitsen (bijvoorbeeld gelijkheid van quotum splitsen in enkele grootteklassen). Het aantal bedrijven in de modeloplossing kan hierdoor wel kleiner worden.

In de tweede plaats is denkbaar dat meer dan twee groepen gelijk gemaakt worden. Dit kan alleen als de samenstelling van een van de groepen vaststaat. Deze kan dan in afzonderlijke rekengangen als geaggregeerde activiteiten tegenover de andere groepen gesteld worden.

In de derde plaats zou er naar gestreefd kunnen worden om groepen zonder fracties van bedrijven samen te stellen. Dit vergemakkelijkt de presentatie van de resultaten. In de periode zou hiervoor gemengd-geheeltallige programmering toegepast moeten worden. Door het grote



aantal geheeltaligheidsvoorwaarden is het twijfelachtig of binnen een redelijke rekentijd een bruikbare modeloplossing gevonden wordt. Een alternatief zou kunnen zijn om de resultaten van de continue oplossing af te ronden en daarbij enige afwijking van de gestelde gelijkheidseisen voor lief te nemen.

In de vierde plaats is denkbaar dat voor sommige vraagstellingen beter een bepaald kenmerk van de bedrijven gemaximaliseerd kan worden dan het aantal bedrijven in de groepsvergelijking. Bijvoorbeeld de ontvangen beheersvergoeding in plaats van het aantal beheersbedrijven. Dit zou in sommige gevallen ten koste gaan van een (gering) aantal bedrijven en in de vergelijking tot (aanzienlijk) markantere verschillen tussen de groepen kunnen leiden.

## 6. Slotbeschouwing

Lineaire programmering is een bruikbaar hulpmiddel gebleken voor het opzetten van eenvoudige groepsvergelijkingen van bedrijven. Dergelijke groepsvergelijkingen zullen meestal onderdeel zijn van een bedrijfsvergelijkend onderzoek, waarin ook andere methoden worden toegepast. Door groepsvergelijking kan het materiaal vaak meer gericht beschreven worden dan zonder uitschakeling van de verschillen in een aantal kenmerken mogelijk is. Vanuit analytisch gezichtspunt zijn de mogelijkheden van groepsvergelijkingen beperkt. Voor het specifieke doel van de groepsvergelijking voorziet het gebruik van LP in veel gevallen in een leerme.

Een arbitrair punt is de keuze van de gelijk te maken kenmerken. Dit komt overigens niet door de toepassing van LP, maar is inherent aan de groepsvergelijking. De invloed van de indelingsvariabele kan nooit helemaal geïsoleerd worden. Daarvoor is het aantal oorzaken van verschillen in bedrijfsresultaten te groot. Bovendien kan het ongewenst zijn om verschillen in bepaalde kenmerken uit te schakelen, omdat ze voor een deel door het indelingskenmerk veroorzaakt kunnen zijn (bij de beheersbedrijven geldt dat bijvoorbeeld voor de ontwateringstoestand).

Als alternatieven voor LP bij het samenstellen van vergelijkbare groepen lijken met name paarvorming, NLP en additief of multiplicatief wegen in aanmerking te komen. Paarvorming is op grond van de te stellen gelijkheidseisen en van de beschikbare bedrijven veelal niet haalbaar. De toepassingsmogelijkheid van NLP zou eerst verder ontwikkeld moeten worden. Met additief of multiplicatief wegen voor het samenstellen van vergelijkbare groepen van bedrijven is nog geen ervaring. Dit zou een keer uitgetoetst moeten worden. De voor- en nadelen van de verschillende methoden zouden nader onderzocht en tegen elkaar afgewogen moeten worden.

De hier beschreven toepassing van LP richt zich op het samenstellen van vergelijkbare groepen van bedrijven. De methode kan ook bruikbaar

zijn voor het samenstellen van vergelijkbare groepen van andere waarnemingen. In het algemeen lijkt de methode in aanmerking te komen in situaties waarin een groot aantal gegevens van een beperkte waarneming beschikbaar is, waarin bij de keuze van de waarnemingen niet of onvoldoende rekening gehouden kon worden met de gewenste gelijkheid tussen de groepen, waarin volstaan kan worden met indeling in (doorgaans) slechts twee groepen en waarin gelijkheid voor meerdere kenmerken verlangd wordt.

#### *Literatuur*

Bethlehem, J.G. en H.M.P. Kersten

*Werken met non-respons*; Voorburg, Centraal Bureau voor de Statistiek, 1986; Statistische Onderzoeken M30

Boer, P.B. de

*Resultaten van alternatieve bedrijven*; In: PR 1987. Jaarverslag; Lelystad, Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, pp. 98-101

Dijk, J.

*De steekproef gewogen. Een evaluatie van het LEI-boekhoudnet van Landbouwbedrijven*; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1989; Onderzoekverslag 53

Eck, W. van

*Effecten van beheersbeperkingen op landbouwbedrijven. Een bedrijfsvergelijkend onderzoek*; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1989; Onderzoekverslag 55

Eck, W. van en H. Prins

*Perspectieven voor extensieve melkvee- en zoogkoeienhouderij op natte veengronden*; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut 1990; Mededeling 421

# PARALLELE LP'S MET EEN NIET-LINEAIRE DOELFUNCTIE

(J.C. Blom en M.W. Hoogeveen)

## *Abstract*

The EC cereal and compound feed model uses parallel linked LP's that each have a linear objective function. The aggregated LP's are confronted with the non-linear part of the objective function. This paper deals with the performance of the solution-algorithm.

The sensitiveness of the algorithm for the initial level of endogenous raw material prices and the flexibility of the algorithm with respect to simulate changes in prices is analysed. With regard to both questions, the conclusion is that the model is accurate and flexible enough to simulate equilibrium prices. It is established that the model has an acceptable solution blanco time, which makes the model a useful instrument for policy analysis.

## 1. Inleiding

In het model van EG graan- en mengvoedergrondstoffen wordt de vraag naar mengvoedergrondstoffen gesimuleerd met lineaire programmeringen voor mengvoeder. De mengvoederindustrie maakt bij het bepalen van de optimale samenstelling van de mengvoeders gebruik van deze techniek, waarbij de kosten van het mengvoeder worden geminimaliseerd.

De prijzen van mengvoedergrondstoffen worden voor een deel bepaald door het EG-landbouwbeleid en voor een ander deel worden ze beïnvloed door de ontwikkelingen op de wereldmarkt. De samenstelling van mengvoeders wordt in sterke mate bepaald door de onderlinge prijsverhoudingen van de grondstoffen, mede tengevolge van het gebruik van lineaire programmeringstechnieken in de mengvoederindustrie. Hieruit resulteert een grote mate van samenhang in de prijsvorming van de verschillende mengvoedergrondstoffen. Hierbij wordt de bodem in de markt bepaald door de Europese graanprijs.

Voor de verschillende mengvoederindustrieën in de EG zijn de grondstoffenprijzen een gegeven. Bij de simulatie van de markt voor mengvoedergrondstoffen kan de prijs van de grondstoffen niet als een exogene grootheid worden opgevat, maar moet zij door het model worden berekend.

In deze paper gaan we in op de wijze waarop de prijzen van de endogene grondstoffen worden gesimuleerd en de gevoeligheid van de oplossingen voor de gekozen startwaarden.

Achtereenvolgens gaan we in op de formulering van lineaire en niet-lineaire LP-modellen, de formulering van het mengvoedermodel en de gevoeligheid van het model voor te kiezen startwaarden.

Wij sluiten deze paper af met een korte discussie en enkele conclusies.

## 2. Lineaire en niet-lineaire programmering

Het lineaire programmeringsmodel kan in matrixnotatie als volgt worden genoteerd:

$$\begin{aligned} \text{Minimaliseer} \quad & C = \sum_{j=1}^n C_j X_j \\ \text{Onder voorwaarde dat:} \quad & \sum_{j=1}^n A_{ij} X_j \geq R_i \quad (i=1,2,\dots,m) \\ & \text{en} \quad X_j \geq 0 \quad (j=1,2,\dots,n) \end{aligned}$$

- Waarin: C de te minimaliseren doelfunctie  
 C<sub>j</sub> de prijs van grondstof j  
 X<sub>j</sub> de hoeveelheid van grondstof j  
 A<sub>ij</sub> de hoeveelheid van element i in grondstof j  
 R<sub>i</sub> de restrictie van element i

Analoog kan een model worden geformuleerd waarbij de doelfunctie moet worden gemaximaliseerd.

Het niet-lineaire programmeringsmodel wordt als volgt genoteerd:

$$\begin{aligned} \text{Minimaliseer} \quad & C = F(X) \\ \text{Onder voorwaarde dat:} \quad & G_i(X) \geq R_i \quad (i=1,2,\dots,m) \\ \text{en} \quad & X \geq 0 \end{aligned}$$

waarin:  $F(X)$  en  $G_i(X)$  functies zijn van  $X$ ;

Zowel de doelfunctie ( $F(X)$ ) als de voorwaarden ( $G_i(X)$ ) kunnen in het niet-lineaire model niet-lineair zijn. In deze paper beperken wij ons tot LP's die niet-lineair in de doelfunctie zijn.

Standaardpakketten voor lineaire programmering bieden tegenwoordig meestal ook mogelijkheden voor het oplossen van niet-lineaire programmeringsproblemen. De benodigde rekentijd neemt steeds sterk toe naarmate een grotere nauwkeurigheid wordt verlangd.

Standaardhandboeken gaan meestal niet in op de oplossingsalgoritmen "which tend to be involved and specialized" (Chiang: 703). Dorfman et al. merkt op dat "...practical nonlinear-programming problems can frequently be solved to a high degree of precision by a variety of mathematical tricks. The problem is technically difficult, however, and the methods used throw no light on the logical or economic significance of nonlinear programming..." (Dorfman, et al.: 200). Dat laatste is dan ook een belangrijke reden om geen aandacht aan deze materie te besteden.

In het hier te behandelen model kon geen gebruik gemaakt worden van standaard programmatuur en evenmin is gebruik gemaakt van een reeds ontwikkeld algoritme.

### 3. De formulering van het model

De formulering van de individuele lineaire programmeringen is exact gelijk aan het hiervoor gepresenteerde lineaire model. Voor elk type mengvoeder (negen per regio) en regio (24 regio's) zijn lineaire programmeringen opgesteld volgens het lineaire model. De prijzen zijn bekend en de doelfunctie is lineair.

Na het berekenen van 216 optimale mengvoedersamenstellingen wordt de totale vraag naar grondstoffen in de EG per grondstof berekend en wordt deze vraag geconfronteerd met het aanbod gegeven de prijs ( $P_s$ ) van de grondstof (zie figuur 1). Wanneer, zoals in de figuur, de vraag naar de grondstof bij de gegeven prijs, groter is dan het aanbod, dan zal de prijs in opwaartse richting dienen te worden bijgesteld in de volgende iteratie, teneinde een marktevenwicht te realiseren. In het geval dat de vraag geringer is dan het aanbod dient de prijs uiteraard te worden verlaagd in de volgende ronde.

Uit het bovenstaande blijkt dat:

$$C_j = f(X_j)$$

$$\text{waarin} \quad X_j = \sum_{k=1}^{24} x_{kj} \quad (\text{k staat voor regio})$$

$X_j$  is de som van de hoeveelheden van grondstof  $x_j$  die in de  $k$  regio's in de programmering worden opgenomen.

Hieruit volgt dat de prijs van grondstof  $X_j$  ( $C_j$ ) afhankelijk is van de vraag naar grondstof  $X_j$  en we derhalve te maken hebben met een niet-lineaire doelfunctie.

Het model zou ook als volgt geformuleerd kunnen worden, waarbij het niet-lineaire karakter duidelijker op de voorgrond treedt.

$$\begin{array}{ll} \text{minimaliseer} & C = \sum_{r=1}^{24} \sum_{j=1}^{n-e} C_j X_j + \sum_{j=n-e+1}^n F_j (X_j) \\ \\ \text{onder voorwaarde dat} & \sum_{j=1}^n A_{ij} X_j \geq r_i \quad (i=1,2,\dots,m) \\ \\ \text{en} & X_j \geq 0 \quad (j=1,2,\dots,n) \end{array}$$

Alle regio's zouden in een blok-diagonale opstelling in één tableau kunnen worden ondergebracht. Dat wil zeggen: iedere regio vormt een blok, die diagonaal ten opzichte van elkaar staan in het tableau. Een dergelijk model zou met beschikbare programmatuur kunnen worden opgelost.

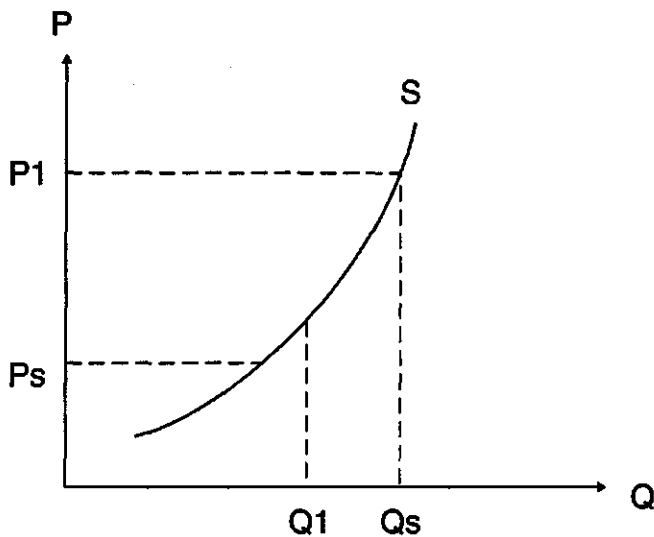
Deze weg is niet gevolgd, omdat daarmee een Europese autoriteit zou worden verondersteld die de optimale aanwending van mengvoedergrondstoffen in de EG zou bepalen. Dat komt niet overeen met de observatie dat de grondstoffen in onderlinge concurrentie over regio's en tussen diersoorten worden verdeeld en de marktprijzen voor individuele industrieën een gegeven zijn. Met het oog hierop is gekozen voor een model waarin lineaire programmeringen onafhankelijk worden opgelost, waarna vervolgens wordt gezien of de markt in evenwicht is. Wanneer dit laatste niet het geval is wordt de prijs in de gewenste richting bijgesteld.

Een tweede argument om niet alle programmeringen in één groot tableau onder te brengen is het probleem van de omvang van het model. In dat geval zou het tableau ruim 10.000 activiteiten en ongeveer 2.000 beperkingen omvatten. Een niet-lineair model van die omvang zal naar alle waarschijnlijkheid niet snel oplosbaar zijn.

#### 4. Het evenwichtsalgoritme

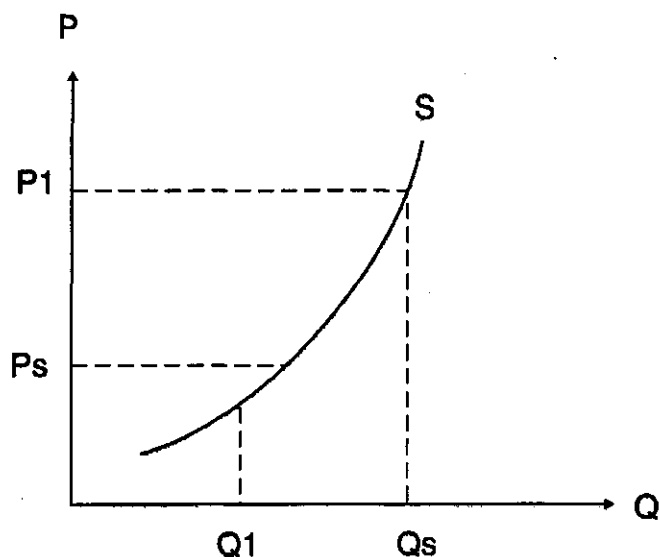
Het model bestaat uit een aaneenschakeling van 216 lineaire programmeringen voor mengvoerders 1). Van de 47 grondstoffen wordt van negen stuks de prijs endogeen bepaald. Voor de overige 38 grondstoffen wordt de prijs op andere wijze bepaald (vergelijk ook de doelfunctie in het hierboven gepresenteerde model). Omwille van de omvang van deze paper, wordt hierop niet ingegaan.

Bij het zoeken naar evenwichtssituaties kunnen we in principe twee situaties onderscheiden. In figuur 1 is een voorbeeld gegeven van een convergerende prijsvorming:  $Q_1$  ligt op de aanbodcurve voor de grondstof tussen  $P_s$  en  $P_1$ . Een voorbeeld van explosieve prijsvorming wordt weergegeven in figuur 2:  $Q_1$  ligt buiten het traject op de aanbodcurve tussen  $P_s$  en  $P_1$ . In het laatste geval zal geen evenwicht ontstaan, wanneer het algoritme er simpelweg in bestaat dat op grond van  $Q_s$  met prijs  $P_1$  wordt gerekend enzovoort. De praktijk wijst uit dat elke endogene grondstof van tijd tot tijd in de ene dan wel in de andere situatie zit en dat het model derhalve nooit een evenwicht zal vinden wanneer een dergelijk simpel algoritme wordt gehanteerd. De oorzaak is onder meer gelegen in het feit dat grondstoffen onderling sterk afhankelijk zijn en



*Figuur 1 De aanbodcurve voor een endogene grondstof. Convergerende prijsvorming*

1) Het model is gebaseerd op de programmatuur ontwikkeld door Land & Powell.



*Figuur 2 De aanbodcurve voor een endogene grondstof. Explosieve prijsvorming*

dat derhalve ook zonder wijziging van de eigen prijs een wijziging in de vraag kan optreden. Een tweede belangrijke oorzaak is, dat het aanbod inelastisch is en dat betrekkelijk geringe wijzigingen in de vraag forse prijswijzigingen in het model tot gevolg zouden hebben.

In het oplossingsalgoritme is met beide oorzaken rekening gehouden. In de eerste plaats zijn prijswijzigingen onderling afhankelijk van elkaar. Dit wil zeggen dat wanneer het model een prijsverhoging simuleert voor bijvoorbeeld een eiwithoudende grondstof als sojaschroot, dat daarvan dan ook een prijsverhogend effect uitgaat op andere eiwithoudende grondstoffen, ook al geeft de confrontatie van vraag en aanbod in het model voor die betreffende grondstof een tegengestelde indicatie. Dit onderdeel is met name van belang om sterke fluctuaties van de samenstelling van het mengvoer als gevolg van wisselende grondstofprijzen tegen te gaan. Ter verduidelijking geven we hier het volgende voorbeeld:

Maisglutenvoermeel (mglvm) en tarwegries (tg) zijn goede substituten. Wanneer veel mglvm wordt gebruikt zal er weinig tg worden gebruikt en andersom. Wanneer de eenvoudige reactie van het model zou zijn om de prijs van mglvm te verhogen en die van tg te verlagen, zit in de volgende iteratie een te hoog verbruik aan tg en is dat van mglvm te laag.



We geven hier zonder verder commentaar de formulering van dit onderdeel.

$$P_t = DX_t - ZP_{t-1}$$

- waarin:  $P_t$  een prijsvector is voor de endogene grondstoffen in iteratie  $t$
- $X_t$  de vector is met de op de EG-niveau gevraagde hoeveelheden voor de endogene grondstoffen
- $D$  een diagonale matrix is waarmee het aanbod van de endogene grondstoffen wordt beschreven, vermenigvuldigd met een matrix die zorgt voor een evenwichtige prijsaanpassing.
- $Z$  een matrix is met coëfficiënten die de richting en mate van het effect van een prijsverandering in grondstof  $j$  op de prijs van grondstof  $i$  bepaalt.
- $P_{t-1}$  een prijsvector is voor de endogene grondstoffen in de voorafgaande iteratie

Er kan worden aangetoond dat de prijzen in de evenwichtssituatie slechts afhankelijk zijn van de gepostuleerde aanbodrelatie.

Het tweede stabiliserende algoritme zorgt voor een afdemping van te sterke prijsreacties die passen bij de niet-convergerende prijsvorming (figuur 2). De procedure is simpel. In elke situatie wordt een maximale prijsaanpassing toegestaan. In de eerste ronde bedraagt deze vijftig procent, in de tweede veertig procent, enzovoort 1). Op deze wijze wordt het model in staat gesteld om, in een zich vernauwende doch flexibele bandbreedte, naar evenwichtsprijzen te zoeken. Dit algoritme leidt tot evenwicht omdat de band steeds nauwer wordt en het evenwichtscriterium als volgt is gedefinieerd:

er is evenwicht wanneer de prijzen van alle endogene grondstoffen in iteratie  $t+1$  met minder dan twee procent afwijken van die in iteratie  $t$ .

In het model is het maximale aantal iteraties gesteld op zeven.

---

1) De thans gebruikte reeks heeft de volgende waarden: I=0,50; II=0,40; III=0,30; IV=0,20; V=0,10; VI=0,05; VII=0,04; VIII=0,03. Het Romeinse cijfer geeft het iteratienummer weer.

Het gebruik van dit eenvoudige algoritme roept een aantal vragen op ten aanzien van de kwaliteit van de gevonden oplossingen. In de eerste plaats moet worden vastgesteld dat geen enkele oplossing van het model kan worden geaccepteerd, wanneer de prijsontwikkeling van één van de endogene grondstoffen slechts in opwaartse of neerwaartse richting is geweest. Het model heeft dan onvoldoende gelegenheid gehad om de evenwichtsprijs te berekenen. Een tweede belangrijke vraag is of de uitkomsten van het model gevoelig zijn voor de gehanteerde startwaarden. Op dit punt en op de prestaties van het model als het gaat om de oplossingsnelheid, zal hierna wat uitvoeriger worden ingegaan.

5. De gevoeligheid van het oplossingsalgoritme voor de startwaarden en een beoordeling van de oplossingsnelheid

Teneinde een indruk te verkrijgen van de gevoeligheid van het oplossingsalgoritme voor het niveau van de startwaarden is het volgende experiment uitgevoerd. Als uitgangswaarden zijn evenwichtswaarden genomen die zijn berekend in een model-run waarbij de eerder gevonden evenwichtswaarden als startwaarden zijn gebruikt. De gemiddelde afwijking die er in die run bestaat tussen startwaarden en evenwichtswaarden is minder dan 0,5% met een hoogste afwijking van 1,4%.

Tabel 1 De invloed van startwaarden op de evenwichtsprijzen van de endogene grondstoffen

Grondstof	Niveau van de startwaarden				
	-20% index	-10% index	basis ECU/100kg	+10% index	+20% index
Sojaschroot	98,2	98,6	16,81	100,2	100,7
Maisglutenvoermeel	99,5	99,9	12,97	102,7	101,8
Tapioca	100,9	100,8	12,92	100,6	99,5
Bietenpulp	100,3	100,5	12,32	102,1	101,5
Citruspulp	101,4	101,4	13,08	101,9	99,6
Tarwegries	98,3	100,9	14,97	101,1	101,3
Raapzaadschroot	96,6	97,9	13,04	100,4	100,5
Zonnebloempitschroot	96,3	98,2	12,95	101,4	100,9
Erwten	96,3	100,1	12,45	99,4	99,7
Gemiddelde afwijking					
- prijs (%)	1,9%	1,0%	13,5 ECU	1,2%	0,9%
- prijs (ECU per 100 kg)	0,257	0,135	0	0,165	0,122
- prijs (gulden per 100 kg)	0,60	0,31	0	0,38	0,28

Vervolgens zijn experimenten uitgevoerd waarbij de startwaarden met tien en twintig procent zijn verlaagd en verhoogd. De resultaten van deze exercities zijn vermeld in tabel 1.

De gemiddelde afwijking is vrijwel steeds ongeveer één procent. Slechts in het geval van twintig procent lagere startwaarden is de gemiddelde afwijking ten opzichte van de basis bijna twee procent en de hoogste individuele afwijking 3,7%. In alle gevallen zijn de individuele afwijkingen kleiner en zijn ze zelfs zeer gering te noemen. Voorts zien wij geen directe relatie tussen het niveau van afwijking van de startwaarden en het niveau van de afwijking in het eindresultaat. In absolute zin zijn de afwijkingen in de orde van grootte van 25 à 50 cent per 100 kg. Slechts in één geval wordt deze waarde gemiddeld overschreden. We kunnen dan ook vaststellen dat de gevonden oplossingen weinig gevoelig zijn voor de startwaarden.

Deze constatering roept de vraag op of het systeem/ algoritme wel voldoende flexibel is om prijsaanpassingen toe te laten. Daartoe kunnen we wijzen op de vermelde aanpassingscoëfficiënten, die gesommeerd een veranderingsruimte van ongeveer drie maal de beginwaarde toelaat in opwaartse richting en in neerwaartse richting met bijna honderd procent dus tot nul. Een meer overtuigende benadering is het in tabel 2 gegeven voorbeeld van twee verschillende runs.

*Tabel 2 De invloed van de graanprijs op de evenwichtsprijzen van de endogene grondstoffen, in guldens per 100 kg*

Grondstof	Basis	10% graanprijsverlaging	% prijsverandering ten opzichte van de basis
Sojaschroot	39,36	37,93	- 3,6
Maisglutenvoermeel	30,73	28,36	- 7,7
Tapioca	30,42	26,65	-12,4
Bietenpulp	28,92	25,88	-10,5
Citruspulp	30,55	27,43	-10,2
Tarwegries	34,90	32,66	- 6,4
Raapzaadschroot	30,46	29,06	- 4,6
Zonnebloempitschroot	30,43	29,31	- 3,7
Erwten	32,97	31,07	- 5,8

Uit tabel 2 blijkt dat het algoritme ook zeer flexibel is om prijsveranderingen te genereren en daarbij ook fors te differentiëren tussen de grondstoffen onderling.

Het model gebruikt een aanzienlijke hoeveelheid rekentijd, hetgeen de vraag oproept of het model ook voldoende gebruiksvriendelijk is om relatief snel resultaten op te leveren. Met het oog daarop is ook geke-

ken naar de benodigde rekentijd voor één run. Het model blijkt in staat te zijn een zevental iteraties in zeventien minuten en vijf seconden uit te voeren. Dit zijn 1.512 LP's en derhalve is de totale rekentijd, inclusief de "overhead" voor het bepalen van nieuwe prijzen, slechts 0,68 seconden per LP. Derhalve kan van een redelijk gebruiksvriendelijke programma-tuur worden gesproken, die ondanks de omvang snel tot resultaten kan komen.

## 8. Discussie

In het voorgaande is slechts één facet behandeld van het EG-model van graan- en mengvoedergrondstoffen. Het gaat echter om een vitaal onderdeel van het model, omdat conclusies ten aanzien van het verbruik van grondstoffen en de te verwachten prijsveranderingen ten gevolge van veranderingen in het EG-landbouwbeleid zijn gebaseerd op accurate van dit onderdeel. In deze paper wordt aangetoond dat de uitkomsten niet bijzonder gevoelig zijn voor de startwaarden van het model en dat het algoritme voldoende flexibel is om prijsaanpassingen toe te laten. Op basis daarvan kan worden geconcludeerd dat een bruikbaar algoritme is ontwikkeld.

Deze conclusie kan nog worden versterkt door er op te wijzen dat met het model veelal de effecten van geleidelijke prijswijzigingen worden nagegaan. Dergelijke veranderingen worden dan *in de tijd* onderzocht. Prijswijzigingen van vijftien à twintig procent worden dan gerealiseerd in vijf jaar. Het model berekent in dat geval ook vijf maal evenwichtsprijzen en in dergelijke exercities wijkt de startwaarde niet meer dan drie à vijf procent af van de evenwichtswaarde.

In het bestek van deze paper kan niet worden ingegaan op de afleiding en parametrisering van de aanbodrelaties van de verschillende grondstoffen. Uiteraard heeft dat onderdeel van het model een belangrijk effect op de modeluitkomsten. Echter de kwaliteit van die uitkomsten dient aan de empirie te worden afgemeten en is minder relevant voor het thema van deze dag.

Het model heeft in principe de mogelijkheid om binnen het maximaal toegestane aantal iteraties tot een evenwicht te geraken. In de praktijk vindt dit niet dikwijls plaats. Een interessante vraag is dan ook of een vermindering van het maximaal toegestane aantal iteraties met een gelijktijdige aanpassing van de toegestane bandbreedte voor maximale afwijkingen tot een ander resultaat zou leiden. Het voordeel zou zijn dat de rekentijd met misschien vijftien à dertig procent zou kunnen worden gekort. Voorwaarde zou moeten zijn dat niet op de accuratesse van de resultaten wordt ingeleverd.

## 9. Conclusie

Het beperkte kader waarin hier een facet van het EG-graan- en mengvoedermodel is gezien, rechtvaardigt de conclusie dat een efficiënt, accuraat en flexibel oplossingsalgoritme is ontwikkeld om met parallel geschakelde LP's met een niet-lineaire component in doelfuncties evenwichtsprijzen te berekenen.

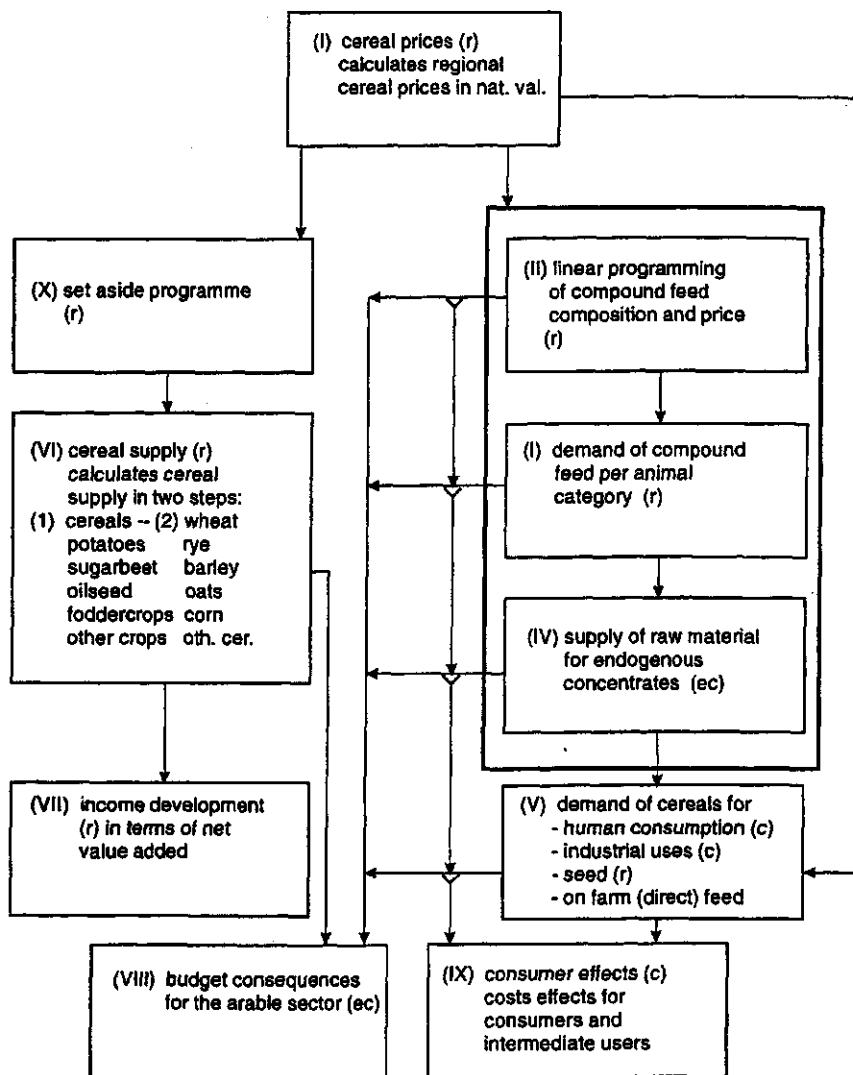
### *Literatuur*

Ching, A.C.

*Fundamental methods of mathematical economics*; McGraw-Hill Kogakusha Ltd, 2e ed. 1974

Dorfman, R., P. Samuelson, K.P. Solow

*Linear Programming & Economic Analysis*; McGraw-Hill Kogakusha Ltd, 1959



**Legend**

(I) - (X) : module numbers  
 r, e and ec : the module generates endogenous  
 variables on regional, country or EC level.

# HET MESTTRANSPORT- EN VERWERKINGSMODEL

(M.Q. van der Veen)

## *Abstract*

The introduction of maximum standards for the application of manure in the Netherlands has caused a surplus of manure on livestock farms. These surpluses have to be transported to other farms with manure deficits, or they have to be processed in central units.

In this paper a linear programming model is discussed that minimizes the total costs of transport and treatment of all manure surpluses in the Netherlands, given the volume of manure surpluses and deficits, and given the costs per ton of transport and of processing manure. I will present the reasons for using the technique of linear programming and describe the potentials of the model. Finally, I will give some possibilities of improving the model.

## 1. Inleiding

Bij de produktie en aanwending van mest treden twee ongewenste milieu-effecten op:

- eutrofiëring van het milieu bij een te grote toevoer van voedingsstoffen uit dierlijke mest en
- verzuring van het milieu door de uitstoot van ammoniak uit dierlijke mest.

De Nederlandse overheid heeft zich ten doel gesteld om deze effecten, die samenhangen met de produktie en het gebruik van dierlijke mest, te beperken. Hiertoe is een mestbeleid ontwikkeld. Een van de instrumenten van dit beleid is de Wet op de Bodembescherming.

In een Algemene Maatregel van Bestuur bij de Wet op de Bodembescherming wordt het gebruik van dierlijke mest beperkt door een fosfaatnormering.

Deze normering geeft aan hoeveel dierlijke mest er jaarlijks per hectare mag worden aangewend. De normen zijn uitgedrukt in kilogrammen fosfaat. De normen worden fasegewijs aangescherpt, totdat in het jaar 2000 de eindnormen van kracht zijn.

Op een aantal veehouderijbedrijven in Nederland wordt meer mest geproduceerd dan er volgens wettelijke normen mag worden uitgereeden. De mest die niet op het eigen bedrijf kan worden aangewend wordt het mestoverschot genoemd. Dit mestoverschot moet buiten het

bedrijf worden afgezet. Daarvoor zijn in principe twee mogelijkheden. De mest kan worden getransporteerd naar een bedrijf waar, bij de geldende normering, nog mest kan worden geplaatst en waar de bereidheid bestaat de mest af te nemen.

Daarnaast kan de mest in een mestverwerkingsfabriek worden verwerkt tot mestkorrels, die zowel binnen als buiten Nederland kunnen worden afgezet.

Als de produktie van dierlijke mest gelijk blijft, neemt de omvang van de mestoverschotten in de toekomst toe, omdat de normen voor het gebruik van mest worden aangescherpt.

De plaatsingsruimte voor mest zal, door een aanscherping van de normen, juist afnemen. Er zal zich derhalve in elke fase van de fosfaatnormering steeds een nieuwe situatie voordoen, waarbij er steeds voldoende afzetmogelijkheden aanwezig moeten zijn om het mestbeleid uit te kunnen voeren.

Aan elk van de afzetmogelijkheden voor mestoverschotten zijn kosten verbonden. Deze kosten werden voor de invoering van de fosfaatnormering niet gemaakt. Onafhankelijk van de vraag welke groep(en) in de samenleving deze kosten moet(en) dragen, is het duidelijk dat deze groep(en) gebaat is (zijn) bij een zo laag mogelijk kostenniveau.

Op het Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) is een model ontwikkeld, waarmee de jaarlijkse kosten voor de afzet van mestoverschotten van alle veehouderijbedrijven als geheel worden geminimaliseerd.

Dit model probeert voor verschillende situaties (mestprodukties, fosfaatnormen) na te gaan welke combinatie van transport- en verwerkingsactiviteiten moet worden ingezet wil men de afzet van overschotten tegen minimale kosten realiseren.

Het model geeft derhalve aan hoeveel transport- en verwerkingscapaciteit minimaal aanwezig moet zijn, wil men het mestbeleid kunnen uitvoeren. Daarnaast geeft het model aan welke kosten daarmee gepaard gaan.

Het model maakt gebruik van lineaire programmering. In deze paper wordt aangegeven waarom die techniek wordt gebruikt. Daarbij wordt ingegaan op de veronderstellingen die aan het model ten grondslag liggen en de gevolgen die deze veronderstellingen hebben voor de bruikbaarheid van de uitkomsten van het model.

## 2. Afweging methodekeuze

Het doel van het mesttransport- en verwerkingsmodel is aan te geven welke combinatie van transport- en verwerkingsactiviteiten gekozen moet worden om bij een bepaalde fosfaatnormering de mestoverschotten tegen minimale kosten af te zetten.



Het model heeft allereerst tot doel om beleidsmakers inzicht te geven in de relatie tussen bepaalde beleidskeuzes (bijvoorbeeld normen) en de gevolgen daarvan voor het daarmee samenhangende beleid voor de veehouderijsector. Het samenhangende beleid kan inhouden, dat er bepaalde transportstromen worden gestimuleerd of dat de bouw van mestverwerkingsfabrieken wordt nagestreefd. Omdat dit beleid op nationaal niveau wordt gevoerd, is de doelfunctie van het model geformuleerd op nationaal niveau; dat wil zeggen, dat de kosten voor alle veehouders gezamenlijk geminimaliseerd worden. Het gaat daarbij om de netto-kosten voor de veehouders: de opbrengsten die uit de verkoop van mest worden verkregen, worden afgetrokken van de kosten.

In deze paragraaf wordt eerst een korte beschrijving van het model gegeven. Vervolgens wordt aangegeven waarom in het model überhaupt met optimaliseringstechnieken wordt gerekend en tenslotte waarom er, binnen de optimaliseringstechnieken, voor lineaire programmering is gekozen.

Het model is, in het kort, als volgt geformuleerd:

"minimaliseer de kosten van mestverwerking en mesttransport minus de opbrengsten van mest, onder voorwaarde dat: de geldende normering nergens wordt overschreden, en: alle mestoverschotten worden afgezet."

Om de mestafzet te berekenen moet een aantal gegevens bekend zijn. Allereerst moet duidelijk zijn hoeveel mestoverschotten er zijn en daarnaast hoeveel plaatsingsruimte er is voor de mestoverschotten. Ook moet bekend zijn hoeveel plaatsingsruimte wordt verbruikt, wanneer er een ton mest wordt afgezet. Deze gegevens worden door een apart model berekend: het mestoverschottenmodel. Het mestoverschottenmodel berekent deze gegevens voor ieder bedrijf dat in de jaarlijkse landbouwtelling wordt geregistreerd. Het aggregereert deze bedrijfsoverschotten en -plaatsingsruimten naar gegevens op regionaal niveau (31 regio's). De plaatsingsruimte wordt vervolgens nog vermenigvuldigd met de acceptatiegraad, dit is de mate waarin boeren die plaatsingsruimte hebben deze daadwerkelijk willen opvullen met dierlijke mest. De regionale overschotten en plaatsingsruimte worden doorgestuurd naar het transport- en verwerkingsmodel. Met het mestoverschottenmodel is het mogelijk verschillende scenario's door te rekenen. Daarbij kan onder andere de hoogte van de normering worden gevarieerd. Afhankelijk van de normering en de fosfaatgehalten in de mest wordt bepaald hoeveel plaatsingsruimte wordt verbruikt bij de afzet van een ton mest.

Naast deze gegevens zijn gegevens nodig omtrent de kosten van transport en verwerking, de eindprodukten van de verwerking en dergelijke. Deze gegevens worden verzameld in overleg met technische instituten.

Het mesttransport- en verwerkingsmodel is een optimaliseringsmodel. De reden om optimaliseringstechnieken te gebruiken in het model ligt besloten in de doelstelling van het model: het aangeven van de relatie tussen beleidskeuzes ten aanzien van normering, transport en verwerking van mest en de gevolgen daarvan voor de veehouderijsector en de mestproblematiek.

De vraag is natuurlijk wat er eerst was: de keuze voor de optimaliseringstechnieken of de doelstelling van het model.

Het lijkt zinniger om ons af te vragen of er andere methoden waren die beter beantwoorden aan deze doelstelling en of deze doelstelling eigenlijk wel met een optimaliseringsmodel kan worden bereikt?

Een optimaliseringsmodel heeft een vrij vastomlijnde doelstelling: het zoekt, binnen de mogelijke oplossingen voor een probleem, de optimale oplossing. Het lijkt daardoor vrij rigide: elke opgenomen activiteit moet uiteindelijk leiden tot optimalisatie van het geheel.

Er wordt wel eens gezegd dat men met simulatiemodellen meer mogelijkheden heeft om bepaalde systemen te beschrijven en om de gevolgen van bepaalde keuzes duidelijk te maken. Daarbij wordt aangevoerd dat er meerdere keuzecriteria tegelijkertijd kunnen worden gehanteerd, afhankelijk van een bepaalde situatie.

Wanneer de vraag beantwoord moet worden of er andere technieken dan optimaliseringstechnieken hadden kunnen worden gebruikt, dan lijkt een vergelijking met een beschrijvend simulatiemodel het meest voor de hand te liggen. Met een simulatiemodel had misschien de interactie tussen beleidsbeslissingen op nationaal niveau en het gedrag van de veehouders beter kunnen worden bepaald en daarmee zouden de gevolgen voor het samenhangend beleid beter duidelijk zijn geworden.

Een probleem bij een simulatiemodel is echter dat men de keuzecriteria dan expliciet moet formuleren. Voor de afzet van mest is dat moeilijk: de vraag is, waar men zich op moet baseren. Duidelijk is, dat er nauwelijks historische gegevens beschikbaar zijn van waaruit men gedragslijnen voor transport- en verwerkingsbeslissingen kan baseren. En ook al waren deze wel beschikbaar, dan nog is de omvang van de mestoverschotten in de toekomst veel groter dan die in het verleden was. Er waren in het verleden immers geen wettelijke normen voor het mestgebruik. De normen worden bovendien in de toekomst strenger, zodat er zich steeds een andere overschotsituatie voor zal doen. Daarnaast kunnen er technische ontwikkelingen optreden bij de mestverwerking, waardoor de kostenverhouding tussen verwerking en transport van mest verandert en daarmee het afzetgedrag van veehouders. Aan simulatie zijn dus ook enige nadelen verbonden. Met een optimaliseringsmodel kan men ook ten dele tegemoet komen aan het bezwaar van de rigide doel-functie: door bepaalde gedragsregels van veehouders te vertalen in beperkingen kan men de toegelaten oplossingsruimte beïnvloeden. Men laat dan zien wat de gevolgen zijn van bepaalde gedragsveronderstellingen voor de optimale oplossing (activiteiten en doelfunctiewaarde). Het optimaliseringsmodel wordt dan eigenlijk als simulatiemodel gebruikt.

Een voordeel van het gebruik van optimaliseringstechnieken in dit model is, dat de mestbalans van Nederland eenvoudig sluitend gemaakt kan worden. Door een vergelijking in het model te brengen, worden door het oplossingsalgoritme alleen die oplossingen waarbij voor alle mestoverschotten een afzet is gevonden in de ruimte voor de toegelaten oplossingen opgenomen. Met een simulatiemodel zou men zelf waarschijnlijk een uitgebreide serie rekenregels moeten opstellen.

We mogen dus concluderen dat er in het optimaliseringsmodel voor mesttransport weliswaar veel nadruk ligt op kostenminimalisatie, maar dat het eenvoudig is om in het model de mestbalans op nationaal niveau kloppend te maken en dat andere keuzecriteria moeilijk te vinden zijn. Simulatie lijkt daarom geen betere techniek dan optimaliseringstechnieken, hoewel dit mogelijk als voordeel heeft dat interacties tussen nationaal beleid en het gedrag van veehouders flexibeler kunnen worden beschreven.

Binnen de optimaliseringstechnieken kan men verschillende technieken kiezen: lineaire, niet-lineaire, dynamische programmering en dergelijke.

Er is gekozen voor lineaire programmering. Lineaire programmering kan omschreven worden als een techniek waarmee schaarse middelen op een optimale wijze worden toegewezen aan concurrerende activiteiten, waarbij dit toewijzingsprobleem kan worden beschreven als een stelsel van lineaire vergelijkingen (Hillier en Lieberman, 1972).

Bij lineaire programmering wordt een aantal veronderstellingen gemaakt:

1. Proportionaliteit: dat wil zeggen dat de score van een activiteit op de doelfunctie en op de aanslag van beschikbaarheden proportioneel is met het activiteitsniveau.
2. Additiviteit: er zijn geen interacties tussen de activiteiten: inzet van de ene activiteit beïnvloedt de effectiviteit van een andere activiteit niet.
3. Deelbaarheid: de activiteit kan vrijwel oneindig in fracties worden verdeeld.
4. Determinisme: er moet zekerheid zijn omtrent de te verwachten waarde van de modelparameters.

We zullen eerst voor de activiteit "transport" (gekoppeld met binnenlandse mestafzet) toetsen of het model aan de eerder genoemde veronderstellingen één, twee en drie voldoet. Dan kijken we naar de activiteit "mestverwerking" die we op de veronderstellingen één, twee of vier toetsen. Door dit te doen proberen we antwoord te geven op de vraag of het model de werkelijkheid wel goed doorgeeft, en daarmee of het wel voldoet aan de doelstelling.

## **De activiteit "transport"**

### *Ad 1. Proportionaliteit*

Mesttransport met bijbehorende afzet gaat gepaard met een verbruik van transportcapaciteit, van plaatsingsruimte voor mest en met een vermindering van de hoeveelheid overschot.

De kosten van transportcapaciteit bestaan uit een vast deel voor mestopslag, voor laden en lossen en dergelijke en uit een variabel deel, afhankelijk van de afstand waarover getransporteerd wordt.

Het verbruik van plaatsingsruimte, van transportcapaciteit en de vermindering van het overschot zijn, voor elke ton, onafhankelijk van de inzet van transportactiviteiten gelijk. Aan de proportionaliteitsveronderstelling is derhalve voldaan. Ook de kosten van transport variëren niet met het aantal tonnen dat getransporteerd wordt en nauwelijks met de afstand waarover getransporteerd wordt.

De opbrengstwaarde voor dierlijke mest bepaalt, samen met de transportkosten, de netto-kosten voor het transport van mest voor de veehouder. De opbrengstwaarde voor de veehouder is eigenlijk de prijs voor de akkerbouwer. Naarmate de prijs van mest lager is, zal de acceptatie van mest door afnemers toenemen. Daardoor neemt de plaatsingsruimte van mest toe en kan er meer mest getransporteerd worden. De prijs van mest kan daarom beschouwd worden als een functie van de plaatsingsruimte voor mest (of andersom) en bepaalt dus mede hoeveel mest er getransporteerd kan worden. Eigenlijk zou de doelfunctie in het model dus niet-lineair moeten zijn, immers in de doelfunctie staat: de prijs van mest maal de uitgereden hoeveelheid, waarbij de prijs een functie is van de uitgereden hoeveelheid. Het model zou dan intern de optimale prijs-afzetcombinatie berekenen.

Echter, het aanbod van overschotten op de binnenlandse markt voor mest wordt, afgezien van de hoogte van de fosfaatnormering, bepaald door de kosten van mestverwerking. Zolang deze kosten hoger zijn dan die voor mesttransport, is het binnenlandse aanbod in principe net zo groot als de omvang van de mestoverschotten. Het aanbod is dan inelastisch en er ontstaat een bepaalde evenwichtsprijs. Deze beïnvloedt wel de hoogte van de doelfunctie, maar niet de activiteitsniveaus.

Daarnaast is er weinig bekend over de relatie tussen acceptatie van mest en de prijs ervan. Het zou ook om die reden moeilijk zijn een vraagfunctie voor mest in het model te zetten. Eventueel zou men wel na kunnen gaan of een combinatie van een lage prijs met een hoge acceptatie voordeliger zou zijn voor de veehouder dan een combinatie van een hoge prijs met een lage acceptatie.

Men kan zeggen dat er daarom niet aan de proportionaliteitsveronderstelling is voldaan: afhankelijk van het activiteitsniveau (transport naar andere regio's) zou de opbrengstcoëfficiënt in de doelfunctie moeten veranderen.

### *Ad 2. Additiviteit*

Er is geen sprake van additiviteit. Immers de kosten van de ene activiteit (bijvoorbeeld mestverwerking) beïnvloeden de kosten van de andere (de binnenlandse mestafzet).

### *Ad 3. Deelbaarheid*

De deelbaarheidsveronderstelling speelt bij mesttransport geen belangrijke rol gezien de vele miljoenen te transporteren tonnen mest. Er wordt berekend hoeveel tonnen getransporteerd en uitgereden moeten worden en deze hoeveelheden worden omgerekend naar de benodigde aantallen transportcombinaties en uitrij-apparatuur.

### **De activiteit "mestverwerking"**

#### *Ad 1. Proportionaliteit*

Mestverwerking gaat in het model gepaard met verbruik van verwerkingscapaciteit, met een vermindering van het overschot en een vermeerdering van de hoeveelheid verwerkte mest.

Deze verwerkte mest kan geëxporteerd worden, hetgeen gepaard gaat met het verbruik van exportcapaciteit, en het kan in het binnenland worden afgezet, waarbij het dezelfde route bewandelt als onverwerkte mest.

Mestverwerking is een continue variabele in het model die elke gewenste omvang mag aannemen. Desgewenst kunnen maxima en minima worden opgegeven voor de beschikbare capaciteit.

Men kan zich voorstellen dat de verwerkingskosten per ton mest lager zijn wanneer er meer mest tegelijkertijd wordt verwerkt (schaalvoordelen). De bijdrage aan de doelfunctie is dan afhankelijk van het activiteitsniveau en er is geen sprake van proportionaliteit. In het model wordt hiermee in het algemeen geen rekening gehouden. Dit kan men wel doen door de (lineaire) kostenfunctie in het model te brengen.

#### *Ad 2. Deelbaarheid*

Centrale mestverwerkingsfabrieken zullen een verwerkingscapaciteit hebben van enkele miljoenen tonnen per jaar. Er is dus bij mestverwerking sprake van een beperkte deelbaarheid. Ook dit is niet in de standaardversie van het model opgenomen. In een vorige versie van het model is mixed-integer Programmering gebruikt, waarbij alleen mest verwerkt kon worden wanneer er meer dan een bepaalde hoeveelheid per jaar werd verwerkt. Daarbij zijn ook schaaffecten meegenomen. De doelfunctiewaarde (netto-kosten) steeg daardoor vanzelfsprekend (meer beperkingen). En de totale verwerkte hoeveelheid daalde iets. Omdat de afnemers van de uitkomsten van het model (ministeries van LNV en

VROM, de Stichting Landelijke Mestbank) over het algemeen vooral geïnteresseerd zijn in een algemene indicatie omtrent de behoefte aan mestverwerking, en omdat de rekentijd van het model bij mixed-integer Programming aanzienlijk toenam, terwijl de uitkomsten nauwelijks veranderden, is deze versie in onbruik geraakt. Voor het plannen van de plaats en omvang van de fabrieken zou deze modelversie wederom gebruikt kunnen worden.

### *Ad 3. Determinisme*

De zekerheid die bij lineaire programmering wordt verondersteld, geldt in feite voor alle uitgangspunten, zoals de omvang van de mestoverschotten, de kosten van transport en verwerking en dergelijke.

Wanneer men toekomstgerichte berekeningen uitvoert, dan is er natuurlijk altijd sprake van enige onzekerheid. Dit kan men ondervangen door meerdere scenario's door te rekenen, waarbij men onzekere uitgangspunten varieert. Ook kan men de onzekerheid in het model brengen met behulp van stochastische relaties.

In het mesttransportmodel zijn geen stochastische relaties opgenomen, omdat deze relaties mogelijk met nog meer onzekerheid zouden zijn omgeven dan de gehanteerde deterministische waarden. De onzekerheden in het mesttransportmodel zijn onder andere: de omvang van de mestoverschotten (afhankelijk van de ontwikkelingen in de veestapel en de mestproductie per dier en de geldende normen voor mestgebruik), de acceptatie van mest door mestafnemers in binnen- en buitenland en kosten van mestverwerking en export en de opbrengstprijzen voor mest. Hiervoor zijn en worden varianten doorgerekend.

### 3. Reikwijdte van het model

De uitkomsten van een lineair programmeringsmodel omvatten de waarde van de doelfunctie en de inzet van activiteiten. De resultaten van het mesttransport- en verwerkingsmodel omvatten dan ook de nettokosten van de mestafzet en de daarbijbehorende afzet van mest en inzet van transport- en verwerkingsactiviteiten. De resultaten zijn vooral bedoeld voor het nemen van beleidsbeslissingen op de wat langere termijn (tien tot vijftien jaar) over de te stimuleren oplossingen op het gebied van mesttransport- en verwerking.

In deze paragraaf wordt eerst aangegeven welke resultaten men met het model kan berekenen, daarna wordt aangegeven wat men niet met het model kan.

Met het transport- en verwerkingsmodel kan de invloed van beleidsbeslissingen, van technische ontwikkelingen in de landbouw of in de mestverwerkingsindustrie op de behoefte aan transport en verwerking worden nagegaan.

Zo is de invloed van de kosten van transport- en verwerkingsactiviteiten op de inzet van die activiteiten berekend (gevoeligheid van coëfficiënten in de doelfunctie).

Daarnaast kan worden nagegaan welke invloed de omvang van de beschikbare plaatsingsruimte voor mest heeft op de kosten van mestafzet en op de activiteitsniveaus. Variatie daarin kan een gevolg zijn van een veranderde acceptatie van mest.

In combinatie met het mestoverschottenmodel is de invloed van een aanscherping van de fosfaatnormering bepaald.

Ook veranderingen in de mestproductie per dier, de samenstelling van de mest, en bepaalde veranderingen in de veestapel zijn doorgerekend. Omdat het model voor elke regio de afzet van de mest berekent, kan er worden bepaald hoe groot de belasting van de bodem is voor een bepaald scenario. Omdat ook van de niet-overschotten de plaats van afzet bekend is, is het mogelijk de belasting van de bodem door alle dierlijke mest te berekenen. Gegevens daaromtrent worden gebruikt door instellingen die de effecten van maatregelen op het gebied van dierlijke mest op de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit berekenen. Met dit type uitkomsten worden ook de omvang en de plaats van ammoniakemissie uit dierlijke mest bepaald.

Door de concentratie van de intensieve veehouderij in het oosten en zuiden van Nederland, zijn de mestoverschotten in deze regio's het grootst. De transporten vinden over het algemeen dan ook plaats vanuit het zuiden en oosten naar het noorden en westen van het land. Uit de modelberekeningen blijkt, dat de kosten van mesttransport minimaal zijn wanneer de meest fosfaatrijke mestsoorten over grote afstanden worden getransporteerd. Daarmee wordt, per kilogram fosfaat, het kleinste volume getransporteerd. De fosfaatarmere mestsoorten kunnen dan in of vlakbij de overschotgebieden worden afgezet. De Stichting Landelijke Mestbank heeft via het kwaliteitspremiëringstelsel deze transportstromen zoveel mogelijk in de praktijk gebracht.

Tenslotte is met het model ook de afzet van andere organische afvalstoffen in de landbouw berekend.

Het model geeft wel aan welke middelen moeten worden ingezet, en welke kosten dat met zich meebrengt, maar niet wie deze kosten draagt. Bovendien wordt niet aangegeven of de financiële draagkracht van deze groep voldoende groot is om de kosten te dragen. Er zijn vele beleidsinstrumenten denkbaar die tot verschillende kostenverdelingen komen. Effecten van beleidskeuzes daaromtrent vallen buiten het model. Men kan wel de kosten berekenen, die gemaakt worden voor een bepaalde transportstroom.

Transport en verwerking van mest zijn niet de enige oplossingen voor de mestproblematiek. Ook een vermindering van de mineralenuitscheiding per dier door een aanpassing in de voeding, en een inkrimping van de veestapel worden als serieuze oplossingen beschouwd.

Het transportmodel richt zich vooral op de onderlinge afweging van twee van de oplossingsrichtingen: transport en verwerking.

Toch is, door koppeling van het transportmodel aan andere modellen, ook een afweging mogelijk tussen transport, verwerking en de andere oplossingsrichtingen. De vermindering van de mineralenuitscheiding per dier levert een vermindering op van de mestoverschottenproblematiek. Door aanpassing van de voeding van de dieren kan de mineralenuitscheiding worden verminderd.

Dit gaat vaak samen met een kostenverhoging van de voeders. Deze kostenverhoging wordt berekend in een mengvoermodel, ook een lineair programmeringsmodel. Door nu voor scenario's met hoge en lage mineralenniveaus zowel de kosten van het mengvoer, als de omvang van de overschotten en de kosten van de afzet van overschotten te berekenen, kan men zoeken naar dat mineralenniveau waarbij de kosten van mengvoer plus de kosten van transport en verwerking minimaal zijn.

Een vermindering van het aantal dieren leidt eveneens tot een vermindering van de mestoverschotten. Daarbij moet een daling van de netto-toegevoegde waarde, die een gevolg is van de vermindering van de dierlijke produktie worden afgewogen tegen de kosten van transport en verwerking van mest. Dit kan worden berekend door het mesttransport- en verwerkingsmodel te gebruiken in samenhang met input-outputtabellen van de Nederlandse Landbouw (Post et al., 1985). Een andere mogelijkheid is, om de veehouderij en akkerbouw als activiteiten in het model op te nemen en de daarbijbehorende mestafzet in de kostencoëfficiënten mee te nemen. De doelfunctie zou dan moeten zijn het optimaliseren van de toegevoegde waarde in de landbouw. Hiervoor is een apart model ontwikkeld op het LEI-DLO.

#### 4. Suggesties voor verbeteringen

Het transport- en verwerkingsmodel is in het begin van de jaren tachtig ontwikkeld. Het model is bij vele onderzoeksprojecten ingezet. Er zijn in essentie geen veranderingen in de eerste opzet aangebracht. Wel zijn kleine veranderingen doorgevoerd, zoals de mixed-integer programmering, het inbrengen van de mogelijkheid om met gecombineerde fosfaat- en stikstofnormen te rekenen, het inbrengen van nieuwe verwerkingstechnieken en dergelijke.

Hoewel er vele kanttekeningen te plaatsen zijn bij de modelstructuur (zie paragraaf 2 en 3) blijkt dat een gebrek aan gegevens vaak de grootste belemmering vormt om het model te verbeteren. Er is bijvoorbeeld onvoldoende inzicht in de relatie tussen de acceptatie van mest en de opbrengstprijzen daarvan.

Mogelijke verbeteringen lijken dan ook meer te liggen op het vlak van het verbeteren van de data, waarmee het model rekent, dan in aanpassingen van de modelstructuur.



### **Literatuur**

Beek, P. van en Th.H.B. Hendriks  
*Optimaliseringstechnieken, principes en toepassingen; Utrecht/  
Antwerpen, Bohn, Scheltema en Holkema, 1983*

Hillier, F.S. en G.J. Lieberman  
*Operations Research; San Fransisco, Holden-Day, 1972*

H.H. Luesink en M.Q. van der Veen  
*Twee modellen voor de economische evaluatie van de mestproblematiek;  
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1989; Onderzoekverslag 47*

Post, J.H. et al.  
*Mestnormen: enkele nationaal-economische gevolgen; Den Haag,  
Landbouw-Economisch Instituut; 1985; Publikatie 1.20*

Wijnands, J.H.M en H.H Luesink  
*Een economische analyse van transport- en verwerking van mestover-  
schotten in Nederland; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1984,  
Onderzoekverslag 12*

# HET GEBRUIK VAN LINEAIRE PROGRAMMERING VOOR DE VERBIJZONDERING VAN KOSTEN EN OPBRENGSTEN NAAR LANDBOUWPRODUCTIERICHTINGEN

(A.D. Verhoog)

## *Abstract*

The agricultural sector account and the agricultural input-output table need specified data on costs and benefits for about fifteen agricultural sectors. These data can be obtained from the LEI-DLO Farm Accountancy Data Network (FADN). This network contains accounts of about fifteen hundred farms with data about the number of animals and crops. However, there is one problem: how to specify the total costs and total benefits of the farm to the different species of animals and crops on that farm.

Three methods have been developed at the agricultural economic research division of LEI-DLO to make such a specification. A Standard Farm Unit (sbe) has been used to add the animals and crops to groups (agricultural sectors). Thus benefits and costs per sbe will be given for each of the fifteen agricultural sectors.

From these three methods the Linear Programming method seems most appropriate because it shows the best results.

## 1. Inleiding

### 1.1 Doelstelling

Tot de belangrijkste taak van de sectie LEB van de afdeling AEOS behoort, zoals de naam al zegt, het opstellen van het Landbouw-Economisch Bericht (LEB). In hoofdstuk vier van dit LEB wordt in de sectorrekeningen een overzicht gegeven van de economische resultaten van de sectoren binnen de land- en tuinbouw.

Een andere belangrijke taak is het opstellen van de agrarische input-outputtabel. In deze tabel is de land- en tuinbouw en de voedingsmiddelenindustrie verder opgesplitst dan in de algemene input-outputtabel van het CBS.

Zowel voor het maken van de resultatenrekening voor landbouw en glastuinbouw als voor het specificeren van de kolom land- en tuinbouw

uit de input-outputtabel van het CBS dient het LEI-boekhoudnet, naast een aantal andere bronnen, als basis.

De doelstelling van het nu lopende onderzoek is met behulp van gegevens uit het LEI-boekhoudnet en de CBS-meitelling een resultatenrekening van de gehele land- en tuinbouw op te stellen en met dezelfde gegevens de kolom land- en tuinbouw uit de input-outputtabel van het CBS te specificeren. Dit alles zoveel mogelijk met een uniforme methode.

De resultatenrekening moet niet alleen de resultaten van de totale land- en tuinbouw kunnen weergeven maar ook die van een vijftiental afzonderlijke produktierichtingen. De afzonderlijke produktierichtingen voor landbouw zullen zijn: rundveehouderij, overige veehouderij, kalvermesterij, varkenshouderij, legpluimveehouderij, pluimveemesterij en akkerbouw. Voor tuinbouw zijn dit: glasgroenteteelt, glasbloemeteelt, potplantenteelt, champignonteelt, opengrondsgronteteelt, fruitteelt, bloembollenteelt en boomkwekerij.

Voor de agrarische input-outputtabel moet het LEI-boekhoudnet zorgen voor een verdeling van de kostenposten naar de sectoren uit de input-outputtabel waar deze kosten gemaakt worden. Ook hier wordt weer gestreefd naar bovengenoemde vijftien produktierichtingen.

In paragraaf 1.2 wordt eerst kort nog iets gezegd over het opstellen van de sectorrekening, daarna in paragraaf 1.3 over de agrarische input-outputtabel. Na een historisch overzicht volgt een beschrijving van de onderzochte methoden. Tenslotte wordt de reikwijdte van de resultaten aangegeven en volgen een aantal conclusies.

## 1.2 Resultatenrekening ten behoeve van het LEB

Jaarlijks worden de resultatenrekeningen van de landbouw en de glastuinbouw opgesteld. Dit gebeurt ten behoeve van het Landbouw-Economisch Bericht (LEB).

De resultatenrekening van de landbouwsector (akkerbouw en veehouderij) bevat de totale opbrengsten (opbrengstwaarde), de totale non-factorkosten, de totale factorkosten en de totale netto-toegevoegde waarde van alle landbouwsectoren samen. Daarnaast worden in het LEB ook nog de resultatenrekeningen van de belangrijkste landbouwproduktierichtingen afzonderlijk gegeven (rundveehouderij, intensieve veehouderij en akkerbouw).

De opbrengstwaarde van de landbouwproductie (inclusief interne leveringen) is in het LEB afzonderlijk weergegeven voor de rundveehouderij (opgesplitst in melk, vlees en overig), de kalvermesterij, de varkenshouderij, de legpluimveehouderij, de pluimveemesterij en de akkerbouw.

De kosten van de landbouw worden in het LEB afzonderlijk weergegeven voor veevoeder, uitgangsmateriaal, meststoffen, werktuigen, gebouwen, overige grondstoffen en diensten, arbeid en vermogen en grond.

De resultatenrekening van de tuinbouwsector beperkt zich tot de glastuinbouwbedrijven. Alleen de netto-toegevoegde waarde van de glasgroenteteelt, de snijbloementeelt en de potplantenteelt wordt afzonderlijk gegeven.

### 1.3 Agrarische input-outputtabel

De algemene input-outputtabel van het CBS bevat één kolom en één regel voor de bedrijfsklasse land-, tuin- en bosbouw. Deze bedrijfsklasse is echter zeer divers van samenstelling en bevat naast de landbouwproduktierichtingen rundveehouderij, intensieve veehouderij en akkerbouw ook een groot aantal tuinbouwproduktierichtingen, variërend van glastuinbouw tot opengrondstuinbouw, en bosbouw.

Vanwege deze grote diversiteit is het voor een economische analyse van de agrarische sector gewenst dat de kolom en de regel land-, tuin- en bosbouw opgesplitst worden in een aantal zoveel mogelijk "homogene" produktierichtingen. De verschillende produktierichtingen hebben namelijk ieder een eigen kostenopbouw en bestemming van de afzet.

## 2. Historisch overzicht

Het Landbouw-Economisch Bericht (LEB) wordt in zijn huidige vorm al vanaf 1972 gepubliceerd. Ook in dit eerste LEB was in hoofdstuk vier al een aantal tabellen opgenomen met de opbrengstwaarde, de non-factorkosten en de factorkosten en de netto-toegevoegde waarde van de landbouw.

Van Bredveld en Douw is in 1976 een notitie verschenen waarin zij een beschrijving geven van de gevolgde werkwijze bij het samenstellen van de resultatenrekening voor de landbouw. De sectorrekening van het LEI-DLO berust volgens hun beschrijving op een combinatie van gegevens ontleend aan de LEI-boekhouding van landbouwbedrijven en aan externe bronnen. Voor het boekjaar waarover definitieve gegevens beschikbaar zijn worden de kosten en opbrengsten per produktierichting uit het boekhoudnet bepaald. Tevens wordt op grond van externe bronnen (Produktschappen, CBS, etcetera) de totale opbrengstwaarde per produktierichting bepaald. De verhouding tussen de extern bepaalde opbrengstwaarde en de opbrengstwaarde uit het LEI-boekhoudnet wordt gebruikt om de kosten uit het LEI-boekhoudnet op te hogen tot het landelijk niveau.

Voor het boekjaar waarvan nog geen definitieve cijfers beschikbaar zijn moeten ten behoeve van het LEB ramingen worden gemaakt. De opbrengstraming vindt plaats door het doortrekken van de trend van reeds definitieve maanden, met behulp van oogstramingen en van de ontwikkeling van de veestapel in het vorige jaar. De raming van de kosten wordt in eerste instantie opgesteld door de afdeling Landbouw van het

LEI-DLO. De kosten uit het definitieve jaar worden vermenigvuldigd met trendmatige volume-ontwikkelingen. De prijsontwikkeling wordt geschat door de sectie Statistiek van het LEI-DLO.

Begin jaren zestig werd er op het LEI-DLO een aanvang genomen met het samenstellen van een agrarische input-outputtabel (Schilderink, 1962). Oorspronkelijk werd de agrarische sector opgesplitst in vijf produktierichtingen: rundveehouderij, varkenshouderij, pluimveehouderij, overige veehouderij en akkerbouw en tuinbouw. Later (Oskam en Smit, 1975) werd de agrarische sector opgesplitst in dertien produktierichtingen waarbij met name de tuinbouw verder verdeeld is.

Ook voor de agrarische input-outputtabellen van 1985 en 1986 moet weer een opsplitsing van de agrarische sector gemaakt worden. Voorheen gebeurde deze opsplitsing op basis van publikaties van het CBS, het LEB en diverse rentabiliteitsonderzoeken (Breedveld en Van der Linde). Het nadeel van deze manier van verbijzonderen is dat het handmatig is (en dus relatief veel tijd kost). Een tweede nadeel is dat niet voor alle kostenposten een opsplitsing te maken is. Het gevolg hiervan was dat een kostenverdeling op basis van produktiewaarde plaatsvond, met als gevolg dat de kosten niet geheel correct werden toegerekend aan bepaalde produktierichtingen.

### 3. Methoden

#### 3.1 Inleiding

In de loop van het onderzoek zijn door Breedveld en Verhoog een aantal methoden onderzocht met als doel één methode te vinden die allereerst zorg draagt voor een goede verdeling van de opbrengsten en kosten over produktierichtingen en ten tweede goed aggregeert vanuit het LEI-boekhoudnet.

De basis voor alle methoden vormt het LEI-boekhoudnet. In het LEI-boekhoudnet is een groot aantal opbrengsten- en kostenposten van ongeveer duizend landbouwbedrijven en ongeveer vijfhonderd tuinbouwbedrijven bij elkaar gebracht. Tevens bevat het LEI-boekhoudnet een groot aantal structuurgegevens met betrekking tot bijvoorbeeld gewassen (hectare, sbe's) en veestapel (aantal dieren, sbe's). Het LEI-boekhoudnet wordt verondersteld representatief te zijn voor de populatie landbouwbedrijven groter dan 79 sbe en tuinbouwbedrijven groter dan 70 sbe.

Om de berekende opbrengsten en kosten per sbe te aggregeren tot een landelijk totaal wordt gebruik gemaakt van de CBS-meitelling. Deze bevat alleen structuurgegevens met betrekking tot arbeid, gewassen, veestapel en sbe's. Van deze structuurgegevens vormt het aantal sbe een goed aanknopingspunt om de opbrengsten en kosten per sbe uit het boekhoudnet op te hogen tot landelijke totalen.

Drie van de onderzochte methoden zullen in het vervolg besproken worden:

1. Inverse Sbe Methode (ISM);
2. Lineaire Programmering (LP-methode);
3. Regressiemethode.

Achtereenvolgens worden de drie methoden in paragraaf 3.2, paragraaf 3.3 en paragraaf 3.4 besproken.

### 3.2 Inverse Sbe Methode (ISM)

Door Breedveld wordt in een notitie uit 1987 een nieuwe aggregatiemethode voorgesteld voor de berekening van het arbeidsvolume per produktierichting. Ook voor deze methode worden de sbe's uit zowel het LEI-boekhoudnet als de CBS-meitelling gebruikt. Ten behoeve van deze zogenaamde "inverse sbe methode" worden allereerst uit het LEI-boekhoudnet de kosten en opbrengsten per vattype bepaald. Uit deze 37 vattypen worden die vijftien geselecteerd die het meest zuiver zijn en het beste aansluiten bij het sbe-type. Het vattype 6 (mestvarkens) bijvoorbeeld bevat voor 84% sbe-mestvarkens en voor 10% sbe-akkerbouw. Het vattype 26 (bloembollenbedrijven) bevat voor 92% sbe-bloembollen. De kosten en opbrengsten van deze vijftien meest zuivere vattypen noemen we vector  $v$ . Deze vector kan in theorie gesplitst worden in (1) sbe per produktierichting (rundvee, mestvarkens, akkerbouw, etcetera) en (2) kosten/opbrengsten per sbe. Het aantal sbe per produktierichting noemen we matrix  $S$ .

In formulevorm kan de bovenstaande theoretische uiteenzetting geschreven worden als:  $v = c * S$ . Door nu beide zijden van de formule te vermenigvuldigen met de inverse matrix van  $S$  ontstaat een matrix met kosten/opbrengsten per sbe per produktierichting. In formulevorm komt dit er dan als volgt uit te zien:

$T * v = c * S * T$ . Omdat  $S * T$  per definitie gelijk is aan één volgt:  $T * v = c$ . De kosten per sbe ( $c$ ) zijn berekend op basis van vijftien vattypen. Door deze kosten per sbe ook te vermenigvuldigen met de sbe's in de 22 gemengde vattypen kunnen de totale kosten bepaald worden. Wanneer van de 22 gemengde vattypen totalen uit externe bron beschikbaar zijn kunnen de kosten per sbe, verkregen uit de vijftien "zuivere" vattypen, voor deze 22 gemengde vattypen zo aangepast worden dat het berekende totaal overeenstemt met het totaal volgens externe bron.

Wanneer tenslotte de kosten/opbrengsten per sbe per produktierichting vermenigvuldigd worden met het totale aantal sbe per produktierichting volgens de CBS-meitelling kunnen de totale kosten/opbrengsten per produktierichting bepaald worden.

Naast de opbrengstwaarde berekend uit het boekhoudnet kan de opbrengstwaarde ook op grond van externe bronnen bepaald worden. Deze twee opbrengstwaarden zullen naar alle waarschijnlijkheid niet met elkaar in overeenstemming zijn. Door de op basis van externe gege-

vens bepaalde opbrengstwaarde als de juiste aan te nemen kan een verhoudingsgetal ten opzichte van de geaggregeerde opbrengstwaarde uit het boekhoudnet berekend worden. Dit verhoudingsgetal kan vervolgens gebruikt worden voor het aanpassen van de totale kosten berekend uit het boekhoudnet. Dit laatste verloopt dus weer volgens de procedure die ook door Breedveld en Douw beschreven is.

### 3.3 Lineaire Programmering (LP-methode)

Op de afdeling AEOS zijn reeds notities verschenen over de sbe-methode en de inverse sbe-methode. Deze notities geven aan hoe met behulp van gedetailleerde gegevens uit het boekhoudnet, met betrekking tot kosten en opbrengsten, een aggregatie op landelijk niveau kan worden bereikt. De in deze paragraaf te bespreken methode poogt dit ook te doen. Deze methode is echter gebaseerd op een lineaire programmering en zal in het vervolg van deze notitie dan ook de LP-methode genoemd worden.

Uitgangspunt voor deze LP-methode is, net als bij de reeds ontwikkelde methoden, het LEI-boekhoudnet. Ook de LP-methode probeert de kosten of opbrengsten per zuivere sbe (bijvoorbeeld sbe-grasland) of groep van sbe's (bijvoorbeeld sbe-rundvee, inclusief melk- en kalfkoeien, kalveren, paarden, grasland, etcetera) te bepalen. Het verschil met de andere twee methoden is dat de bedrijven niet samengevoegd worden tot vattypen maar dat ieder bedrijf even zwaar meetelt.

Het boekhoudnet bevat ongeveer 1.500 bedrijven, wat in de LP resulteert in 1.500 vergelijkingen. De kosten- of opbrengstenpost waarvan de hoeveelheid per sbe bepaald moet worden vormt de restrictie. De sbe-groepen zijn in dit model de coëfficiënten. Het aantal sbe-groepen kan zeer gespecificeerd zijn (maximaal ongeveer 200). Voor de bruikbaarheid van de LP zullen een aantal sbe-groepen echter samengevoegd moeten worden.

In de vergelijking van ieder bedrijf zijn tenslotte nog twee variabelen opgenomen om het model de mogelijkheid te geven boven of onder de totale kosten of opbrengsten per bedrijf volgens het boekhoudnet (totkost(i)) uit te komen. Activeren van variabele plus(i) betekent dus dat de kosten per sbe, berekend met het LP-model, vermenigvuldigd met het aantal bijbehorende sbe's van bedrijf(i) onder de oorspronkelijke kosten van bedrijf(i) liggen. Krijgt min(i) een waarde dan zijn de berekende kosten hoger dan de werkelijke kosten van dat bedrijf volgens het boekhoudnet.

Voor twee bedrijven komen de vergelijkingen er als volgt uit te zien:

$$\text{kost1} * \text{sbe1}(1) + \text{kost2} * \text{sbe2}(1) + \dots + \text{plus}(1) - \text{min}(1) = \text{totkost}(1)$$

$$\text{kost1} * \text{sbe1}(2) + \text{kost2} * \text{sbe2}(2) + \dots + \text{plus}(2) - \text{min}(2) = \text{totkost}(2)$$

In bovenstaande vergelijking vormen  $\text{totkost}(1)$  en  $\text{totkost}(2)$  bijvoorbeeld de rundveevoerkosten van bedrijf 1 respectievelijk bedrijf 2. Wanneer  $\text{sbe1}(1)$  de sbe-rundvee van bedrijf 1 zijn en  $\text{sbe2}(1)$  de sbe-varkens dan moet  $\text{kost1}$  een waarde krijgen en  $\text{kost2}$  niet,  $\text{kost1}$  is dus de rundveevoerkosten per sbe-rundvee. Deze  $\text{kost1}$  geldt voor alle bedrijven. De doelfunctie van de LP bestaat uit het minimaliseren van de optelling van "plus" en "min" per bedrijf vermenigvuldigd met de boekhoudnetweger van dat bedrijf:

minimaliseer som [  $\text{weger}(i) \cdot \text{plus}(i) + \text{weger}(i) \cdot \text{min}(i)$  ]

voor alle  $i$

Bovenstaande is ook in een eenvoudig rekenvoorbeeld weer te geven. De volgende gegevens zijn van twee landbouwbedrijven beschikbaar:

bedrijf 1: - 50 sbe rundvee ( $\text{sbe1}(1)$ )  
- 20 sbe varkens ( $\text{sbe2}(1)$ )  
- 500 rundveevoerkosten ( $\text{totkost}(1)$ )

bedrijf 2: - 30 sbe rundvee ( $\text{sbe1}(2)$ )  
- 60 sbe varkens ( $\text{sbe2}(2)$ )  
- 300 rundveevoerkosten ( $\text{totkost}(2)$ )

Door deze gegevens in bovenstaande formules in te vullen blijkt de doelfunctie minimaal, namelijk nul, te zijn wanneer de rundveevoerkosten per sbe-rundvee 10 zijn ( $\text{kost1} = 10$ ) en de rundveevoerkosten per sbe-varkens nul ( $\text{kost2} = 0$ ). Alle andere varianten maken de doelfunctie groter dan nul.

Uiteindelijk worden de kosten per sbe, ook in deze LP-methode, vermenigvuldigd met het aantal bijbehorende sbe's uit de CBS-meitelling. Omdat het boekhoudnet alleen bedrijven boven een bepaalde sbe-grens bevat wordt voor de sbe-klasse tussen deze ondergrens en 200 sbe een aparte LP uitgevoerd. Alle sbe's kleiner dan 200 sbe uit de meitelling worden met de berekende kosten en opbrengsten per sbe van deze aparte LP vermenigvuldigd. Het resultaat is een landelijk totaal wat gebruikt kan worden in het LEB of voor de input-outputanalyse.

### 3.4 Regressiemethode

Bij de lineaire regressiemethode wordt verondersteld, dat de te verklaren variabele lineair afhankelijk is van de verklarende variabelen. Onder deze verklarende variabelen wordt meestal ook de zogenaamde constante term begrepen. Het uitgangspunt is het bepalen van zodanige coëfficiënten, dat de som van de kwadraten van het verschil tussen waar-



neming en schatting wordt geminimaliseerd. Het behoort tot de verantwoordelijkheid van de onderzoeker vast te stellen welke variabelen als verklarenden in de berekening zullen worden opgenomen. Bij het gebruik van het statistisch pakket SPSS selecteert het programma op grond van wiskundige criteria welke variabelen uiteindelijk meedoen in de schatting.

Regressie met een constante term is theoretisch het meest verantwoord omdat dit in elk geval leidt tot de beste resultaten als het gaat om het maken van een schatting van de totalen. Een moeilijkheid doet zich voor wanneer men schattingen wenst van kosten of opbrengsten per produktgroep. In dat geval is de constante term een storend element, omdat dan een deel van de opbrengsten of kosten niet wordt toegerekend aan een produktgroep. Een tweestapsregressie zou hier een oplossing kunnen bieden. In de eerste fase worden de totalen per bedrijf geschat met behulp van regressie met constante term; in de tweede fase dienen deze schattingen als waarnemingen waarop regressie door de oorsprong wordt toegepast.

Evenals bij de vorige methoden worden de uit het boekhoudnet afgeleide coëfficiënten toegepast op de waarden van de verklarende variabelen uit de volledige metelling.

#### 4. Reikwijdte van de resultaten

Voordat de resultaten van de verschillende methoden besproken kunnen worden moet eerst iets gezegd worden over mogelijke problemen die zich voordoen.

Dit betreft vooral de produktierichtingen waarvoor het LEI-boekhoudnet niet representatief is. Dit is duidelijk het geval bij de kalvermestterijbedrijven en de mestpluimveebedrijven. Hier kunnen geen landelijke opbrengsten en kosten uit bepaald worden.

Een ander probleem is dat het LEI-DLO wellicht de wat betere bedrijven in het boekhoudnet opneemt waardoor een vertekening in de opbrengsten-kostenverhouding kan ontstaan. Hierbij valt te denken aan de nogal wat hogere melkopbrengst die volgt uit de berekeningen met de verschillende methoden.

Schatting op basis van LEI-boekhoudnetgegevens betekent dat alleen de kosten en opbrengsten van die bedrijven worden meegenomen die voor landbouw groter zijn dan 79 sbe en voor tuinbouw groter dan 70 sbe. Omdat sommige kosten op kleine bedrijven duidelijk anders zijn dan op grote bedrijven, bijvoorbeeld arbeid per sbe, kan een schatting op basis van het boekhoudnet in die gevallen een minder goed resultaat geven.

## 5. Conclusies

De ISM is gebonden aan een matrix met een zware bezetting van de diagonaal. Dit betekent dat bij de vijftien geschikte vattypen ook maar vijftien sbe-groepen gekozen kunnen worden. Met de LP-methode en de regressiemethode kan in principe een zeer groot aantal sbe-groepen gekozen worden. Dit betekent dat de groep sbe-rundvee opgesplitst kan worden in sbe-melk- en kalfskoeien, sbe-grasland, etcetera. Dit is een belangrijk voordeel omdat met name de sbe-rundveehouderij nogal divers van samenstelling is. Bij het aggregeren van bijvoorbeeld de veevoederkosten uit het boekhoudnet met behulp van de meitelling kan het gebeuren dat deze kosten overschat worden wanneer de meitelling relatief meer grasland bevat dan het LEI-boekhoudnet.

De LP-methode en de regressiemethode werken waarschijnlijk beter bij kosten en opbrengsten die duidelijk aan een produktierichting toegekend kunnen worden. Bij de meer algemene kosten zal de verdeling goed zijn wanneer ieder bedrijf in de boekhouding ongeveer dezelfde kosten per sbe maakt. Is dit niet het geval dan zal de verdeling een meer arbitrair karakter krijgen.

Zowel de regressiemethode als de LP-methode hebben ten opzichte van de ISM twee grote pluspunten. In plaats van een deterministische aanpak wordt er rekening gehouden met stochastische elementen in de waarnemingen. Ten tweede wordt de schatting gebaseerd op alle individuele waarnemingen, zonder deze eerst samen te vatten tot groepen (tellingen per vattype). Het voordeel hiervan is dat alle beschikbare informatie gebruikt wordt. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat bij de LP-methode, door het opnemen van wegers in de doelfunctie, de informatie van sommige bedrijven zwaarder weegt dan die van bedrijven met een kleinere weger.

Vergelijking van de LP-methode met de regressiemethode toont aan, dat de verschillen daarmee minder groot zijn. Ook bij de LP-methode vindt minimalisatie van verschillen plaats, alleen worden deze niet eerst gekwadrateerd. Bij de regressiemethode wordt impliciet verondersteld, dat afwijkingen progressief zwaarder moeten worden aangerekend, naarmate deze groter zijn. Een voordeel van de regressiemethode is dat er statistische grootheden beschikbaar komen (R-kwadraat, T-waarden) waarmee de kwaliteit van de schatting kan worden beoordeeld.

Een nadeel van de regressiemethode vormt de constante term; is deze groot dan is geen goede verdeling van kosten en opbrengsten per sbe mogelijk. Een ander nadeel is dat negatieve waarden van de coëfficiënten mogelijk zijn. Dit is een nadeel omdat bij een specificatie van kosten en opbrengsten per sbe negatieve waarden niet voor mogen komen.

Van de onderzochte methoden lijkt de LP-methode het meest geschikt voor specificatie van opbrengsten en kosten naar landbouwproduktierichtingen.

## *Literatuur*

Breedveld, J.

*Berekening van het arbeidsvolume per produktierichting*; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, notitie 1987

Breedveld, J. en L. Douw

*De actualisatie van de door het Landbouw-Economisch Instituut opgestelde landbouwrekening in Nederland*; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1976

Breedveld, J. en G.F. van der Linde

*Agrarische input-outputanalyse*; Concept Onderzoekverslag; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1989

Landbouw-Economisch Bericht

Den Haag; Landbouw-Economisch Instituut, diverse jaargangen

Oskam, A.J. en J.G.P. Smit

*De plaats van de landbouw en voedingsmiddelenindustrie in de Nederlandse volkshuishouding*; Wageningen, 1975, Publikatie 75/02

Schilderijck, J.H.F.

*De economische betekenis van de varkenshouderij, een toepassing van de input-outputanalyse*; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1962, rapport 390

Verhoog, A.D.

*Diverse interne notities*; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1990

# DRAM, EEN GEREGIONALISEERD MODEL VAN DE NEDERLANDSE LANDBOUW

(G.F. Tamminga)

## *Abstract*

To gain insight into the future development of Dutch agriculture the Dutch Regionalized Agricultural Model (DRAM) has been used and developed since the end of the seventies. By optimizing the net revenues per hectare an optimal level of agricultural activities (sixteen crops, nine types of livestock) will be reached. The model covers arable and livestock farming within twelve Dutch regions. Environmental relations and constraints are included in this model.

The model has a comparative, static nature. It appears that this method has some shortcomings. Firstly the influence of developments in time is not included in the model. By making scenarios of possible future developments the time dimension will be included into the model. Secondly, model outcomes appear to be very sensitive to small changes in costs or prices. By including a penalty on changes in the level of activities, this shortcoming will be overcome.

## 1. Inleiding

Het "Dutch Regionalized Agricultural Model" (DRAM) is een Lineair Programmeringsmodel, gericht op het verkennen van gevolgen van veranderingen in beleid en in techniek voor de landbouw in Nederland. Die gevolgen betreffen zowel de economische gevolgen voor een aantal sectoren in de landbouw als de gevolgen voor natuur en milieu. De uitkomsten worden voor twaalf Nederlandse regio's gegenereerd. De berekening van de gevolgen voor het milieu worden, buiten het model om, berekend met enkele rekenmodellen die ontwikkeld zijn door Milieubiologie Leiden (De Graaf, 1989).

Een eerste versie van het model is eind jaren zeventig ontwikkeld, om na te gaan of Nederland in een autarkische situatie in staat is zichzelf van voedsel te voorzien (Bakker, 1985). Dit in eerste instantie technische landbouwmodel is daarna aangevuld met een economische component, en gebruikt bij de WRR-studie over geïntegreerde landbouw (Van der Wal, 1985; Bakker, 1988). Vervolgens is het model voor een aantal andere studies gebruikt, waarbij met name bij het onderzoek naar de gevolgen van productiebeheersing in de melkveehouderij veel aan-

dacht is besteed aan de relatie tussen landbouw en milieu (De Graaf, 1990).

Momenteel wordt het model ingrijpend gewijzigd in het kader van een project, waarbij de mogelijkheden worden onderzocht van een landbouw die voldoet aan strengere eisen van milieu en natuur. Het doel van deze studie is om de mogelijkheden en knelpunten te verkennen van de Nederlandse landbouw bij een strenger milieu- en natuurbeleid. Het onderzoek richt zich op de akkerbouw, veehouderij en opengrondstuintbouw. Daarbij wordt rekening gehouden met mogelijke ontwikkelingen in het landbouwbeleid en met technologische ontwikkelingen. De tijds-horizon is "voorbij het jaar 2000".

In de navolgende paragrafen wordt nader op de vormgeving van het model ingegaan. Eerst zal een korte beschrijving van het model worden gegeven en volgt de motivatie voor de gekozen methode (paragraaf 2). Aansluitend wordt ingegaan op de reikwijdte van de resultaten (paragraaf 3). Tenslotte wordt aangegeven op welke punten het model voor verbetering vatbaar is (paragraaf 4).

## 2. De gekozen methode

### 2.1 Inleiding

Om de keuze voor een modelleringstechniek duidelijk te maken is het allereerst nodig de doelstellingen van het model uiteen te zetten. De centrale doelstelling is om de mogelijkheden te verkennen die de Nederlandse landbouw heeft om te reageren op veranderingen in omgevingsfactoren (beleid en techniek). Het is dus niet de bedoeling om te voorspellen, maar om meer inzicht te verkrijgen in de mogelijke gevolgen van zich wijzigende omstandigheden en de mechanismen die daarbij een rol spelen. Nu staat het allerminst vast dat dan al bij voorbaat de keuze valt op een mathematische programmering en er geen econometrische benadering mogelijk is. Er moeten meer motieven worden aangevoerd. Alvorens daarop in te gaan, is het nuttig een korte indruk te geven van de opzet en inhoud van het model.

### 2.2 Het model

Het model beoogt de wijze van produktie van de akkerbouw en veehouderij in Nederland weer te geven. Veel aandacht wordt gegeven aan technische relaties. De reden hiervoor is dat het model erop gericht is om naast economische gevolgen, ook de invloed van de landbouw op het milieu weer te geven.

De milieuschade die door de landbouw wordt veroorzaakt, is veelal een regionaal probleem. Actuele voorbeelden inzake de milieuproblema-

tiek zijn de problemen met mestoverschotten door een sterke concentratie van de produktie op een klein oppervlak, en de hoge ziektedruk in de akker- en tuinbouw, veroorzaakt door onder andere een te intensieve teelt van gewassen. Om een dergelijke problematiek te modelleren is het nodig Nederland onder te verdelen in regio's. Zouden we op nationale schaal te werk gaan dan zijn er wellicht geen mestoverschotten. Bovendien is schade die aan het milieu wordt aangericht ook afhankelijk van de grondsoort. Rekening houdend met deze factoren lijkt een indeling in meerdere regio's een noodzakelijke voorwaarde.

Verder is de mate van vervuiling afhankelijk van de aard en omvang van de produktie. Met het oog op de mestproblematiek hangt de vervuiling bijvoorbeeld af van de inhoud van de mest aan mineralen en de wijze van huisvesting. Om in het model met dergelijke factoren rekening te houden is een opsplitsing van de veestapel in meerdere diersoorten gewenst. Voor gewassen gaat een zelfde redenering op. Het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen varieert van gewas tot gewas en is bovendien sterk afhankelijk van de teeltkeuze (vruchtwisseling, ras). Ook de bemesting van akkerbouwgewassen en de daaraan verbonden mate van uitspoeling van mineralen is gewasspecifiek. In het model worden daarom meerdere gewassen onderscheiden.

In de huidige versie van het model is het milieutechnische gedeelte slechts in beperkte mate aanwezig; alleen de emissie van meststoffen naar het milieu is enigszins uitgewerkt, terwijl de gewasbescherming nog niet in het model is opgenomen.

Naast het technische gedeelte geeft het model een beschrijving van economische relaties, die in feite bepalend zijn voor de inrichting van de landbouw. Daartoe is het in ieder geval nodig de kosten en opbrengsten van de produktie in het model op te nemen. In het model worden per activiteit (gewas (hectare) of dier) kosten berekend op basis van het "gemiddelde" Nederlandse bedrijf. De kosten staan vast, terwijl de opbrengstprijs afhankelijk is van het in het model gegenereerde produktievolume. De prijsvorming maakt dus deel uit van het model.

De doelstellingsfunctie in het model optimaliseert de som van grondrente en netto-opbrengst. Daartoe worden de opbrengsten minus de kosten gemaximaliseerd, waarbij de kosten van de grond niet als kostenfactor wordt opgenomen.

Met deze korte beschrijving is in feite de kern van het model beschreven. Door middel van een stelsel van lineaire vergelijkingen en de doelstellingsfunctie wordt dus getracht de landbouw te beschrijven. Bij optimalisatie van de doelstellingsfunctie levert dit een "optimale" verdeling op van de landbouwproduktie over de Nederlandse regio's.

Om de gevolgen van bijvoorbeeld alternatief beleid te verkennen wordt een comparatief-statische vergelijking uitgevoerd. Dat betekent bijvoorbeeld dat in plaats van de huidige superheffing van melk, een nieuw type beleid wordt gesimuleerd: een sterke prijsdaling van melk. Daartoe wordt het model opnieuw gedraaid, maar in plaats van een quotering van de melkproduktie wordt nu alleen uitgegaan van een

lagere prijs voor melk. De modelspecificatie wordt verder niet gewijzigd. De uitkomst zal zijn dat de locatie van de melkveehouderij verandert. In gebieden met weinig alternatieven voor veehouderij (veenweidegebieden) leidt dit bijvoorbeeld tot een uitbreiding van de productie, terwijl in andere gebieden de melkveehouderij plaats zal maken voor de akkerbouwproductie.

### 2.3 De methode

In de vorige paragraaf is aangegeven op welke aandachtsvelden het model zich richt: de relatie tussen landbouw en milieu en - nauw daaraan verbonden - de ruimtelijke verdeling van de landbouw. Hier wordt ingegaan op de vraag of de keuze voor een mathematische programmering voordelen heeft ten opzichte van een econometrische modelbouw. Daarbij komen de volgende punten aan de orde:

- de aard van de beschreven relaties;
- verkennen versus voorspellen;
- inzichtelijkheid.

In het model spelen technische relaties een belangrijke rol. In de meeste gevallen blijkt dat deze relaties eenvoudig zijn weer te geven in de vorm van input-outputrelaties. Met behulp van de lineaire programmering is dit eenvoudig en op overzichtelijke wijze in een model te brengen.

Omdat de nadruk ligt op het verkennen van veranderende omstandigheden voor de landbouw is er nauwelijks "gedrag" in het model opgenomen (alleen optimalisatie van het saldo per hectare). Dat betekent dat bij een keuze voor een bepaalde activiteit alleen economische factoren een rol spelen, terwijl in de praktijk ook vele andere aspecten meespelen. Bovendien wordt er geen rekening gehouden met de kosten die gepaard gaan met een verplaatsing dan wel omschakeling van de ene op de andere activiteit. Het ontbreken van deze twee elementen draagt ertoe bij dat bij kleine veranderingen in saldiverhoudingen tussen regio's, er al snel forse verschuivingen kunnen plaatsvinden in de verdeling van activiteiten over de regio's. In paragraaf 4 van dit hoofdstuk wordt een mogelijke oplossing voor dit probleem aangedragen.

Bij een econometrisch model oefent gedrag in het algemeen wel invloed uit op de uiteindelijke uitkomsten van het model, omdat er ijking plaatsvindt op basis van gedrag uit het verleden. Als het *verkennen* centraal staat kleven er echter ook bezwaren aan een dergelijke benadering. Is er sprake van een sterke verandering van de omstandigheden ten opzichte van de schattingsperiode, dan is het de vraag of het "oude" gedrag ook voor de toekomst op gaat. Een bijkomend bezwaar is dat als we uitgaan van meerdere gebieden binnen Nederland (veertien) en een fors aantal soorten dieren (zeven) en soorten gewassen (vijftien), het schatten van een dergelijk model niet eenvoudig is (representativiteit) en een aanzienlijke tijdsinvestering zal vergen.

### 3. De reikwijdte van de resultaten

De reikwijdte van de modelresultaten zal hier in twee fases worden beschouwd. In deze paragraaf wordt ingegaan op een aantal eigenschappen van het model die voorlopig niet gewijzigd zullen worden. In de volgende paragraaf (4) zal ingegaan worden op een aantal eigenschappen van het model die in de toekomst wel zullen worden gewijzigd.

#### *Een sectorbenadering*

In het model worden berekeningen uitgevoerd die een beeld geven van de mogelijkheden van sectoren om te reageren op veranderende omstandigheden. Daarbij wordt niet ingegaan op verschillende bedrijfstypes en bedrijfsgroottes. In feite zijn per regio een aantal landbouwactiviteiten gedefinieerd op basis van het gemiddelde resultaat van alle bedrijven in die regio. De onderlinge dynamiek tussen bedrijven wordt dus in zijn geheel buiten beschouwing gelaten. Ook de verdeling van bedrijven naar bedrijfsomvang en de invloed daarvan op veranderende omstandigheden blijft buiten beschouwing. In het model draait het vooral om de wisselwerking tussen sectoren en regio's.

#### *Welke sectoren?*

De glastuinbouw is niet in het model opgenomen. De reden daarvoor is dat het model vooral gericht is op de beschrijving van de regionale verdeling van de landbouwsectoren over Nederland. De interactie van de glastuinbouw met de overige sectoren binnen de landbouw is dermate gering, dat het weinig zin heeft om de glastuinbouw in het model op te nemen.

#### *De geografische schaal*

Het model kent een onderverdeling van Nederland in twaalf regio's. In het model wordt uitgegaan van de gemiddelde situatie in een regio. Verschillen binnen een regio in grondwaterstand, grondsoort, verkavelingstoestand en dergelijke komen daarom niet in het model tot uiting.

Ook de berekening van mestoverschotten vindt plaats op basis van de regio's. Er worden dus geen bedrijfsoverschotten berekend, maar regionale mestoverschotten. Dit houdt in dat het model een onderschatting zal geven van de omvang van de mestproblematiek.

### 4. Voorgestelde modelaanpassingen

In het kader van het project waarbij mogelijkheden en knelpunten worden onderzocht van de landbouw bij een strengere natuur- en milieu-



beleid, zal het DRAM-model op een aantal punten worden aangepast. In deze paragraaf zullen de drie meest ingrijpende wijzigingen worden beschreven.

In het huidige model wordt uitgegaan van een statisch comparatieve analyse. Er wordt dus geen rekening gehouden met een tijdsdimensie. Bovendien wordt slechts in beperkte mate rekening gehouden met gedrag en wordt geen rekening gehouden met verplaatsingskosten, waardoor minieme wijzigingen in bepaalde variabelen aanleiding kunnen geven tot grote verschuivingen. Ten derde zijn de relaties tussen landbouw en emissies in het milieu nog slechts summier in het model opgenomen. In het navolgende worden voorstellen gedaan om deze punten te verbeteren.

#### *Inbrengen van een tijdsdimensie*

Het uitvoeren van een statisch comparatieve analyse betekent dat geen rekening wordt gehouden met het tijdspad waarop veranderingen plaatsvinden. Bovendien is bij de studies die met het model zijn uitgevoerd steeds uitgegaan van de huidige technische en economische verhoudingen. De invloed van zich in de loop van de tijd wijzigende input-outputverhoudingen op bijvoorbeeld de omvang van de emissies naar het milieu komt daardoor niet tot uiting.

Het is realistischer om te kiezen voor een aanpak waarbij wel rekening wordt gehouden met deze factoren. Het inbrengen van een tijdsdimensie in het model waarbij rekening wordt gehouden met veranderingen in milieubeleid, landbouwbeleid en technologische ontwikkelingen lijkt daarom een belangrijke verbetering van het model.

Daartoe worden scenario's opgesteld, waarin voor zowel het beleid als voor technologie een aantal ontwikkelingsrichtingen wordt beschreven. Het beleid krijgt in het LP-model gestalte in de vorm van randvoorwaarden dan wel in de doelstellingsfunctie (in de vorm van prijzen en kosten/heffingen). De ontwikkelingsrichtingen van de technologie worden opgenomen als coëfficiënten in de activiteitenmatrix, waarbij het model de meest geschikte techniek kan kiezen afhankelijk van het beleidsscenario.

#### *Gedrag in het model*

Wanneer een modelrun van de Ausgangssituatie wordt gedraaid, blijkt de verdeling van de produktie over de regio's op enkele punten sterk af te wijken van de werkelijke situatie. Voor de grondgebonden produkties (akkerbouw, melkveehouderij) komen de modeluitkomsten redelijk overeen met de werkelijke verdeling, maar voor de intensieve veehouderij geldt dat niet. De reden is dat in het model de locatie van de intensieve veehouderij alleen afhangt van de aanwendingsmogelijkheden van de mest. In plaats van een concentratie in het zuidoosten

verdeelt de intensieve veehouderij zich nu met name over akkerbouwgebieden.

Hier blijkt dat het model weinig rekening houdt met gedrag en ook niet met historisch gegroeide situaties. Om toch een verdeling van de intensieve veehouderij over Nederland te krijgen is een randvoorwaarde aan het model toegevoegd, waarmee de verdeling van de intensieve veehouderij gestuurd wordt. De arbeidsinzet in de intensieve veehouderij moet per regio minimaal negentig procent van de werkelijke hoeveelheid aangewende arbeid zijn. Nu is dit een niet erg elegante oplossing, omdat de verdeling daarmee in feite wordt vastgezet. Een mogelijke oplossing voor dit probleem is het inbrengen van gedrag in het model.

Voorgesteld wordt om dat te doen door een "boete" te geven op veranderingen in de omvang van activiteiten ten opzichte van de situatie in de voorgaande jaren. Deze boete wordt in mindering gebracht op de oorspronkelijke doelstellingsfunctie. De vaststelling van die boete vindt plaats op basis van waarnemingen uit het verleden. Activiteiten die in het verleden veel dynamiek vertonen krijgen bij een verandering in de omvang een lagere "boete" dan activiteiten die erg stabiel in omvang waren. Nadeel is dat wanneer de omstandigheden zich in de toekomst sterk wijzigen, het oude gedrag wellicht niet meer opgaat.

De boete wordt ingebracht als een kwadratische straffunctie. Stel, we beschikken over een LP waar de fouten zoveel mogelijk uit zijn gehaald. De uitkomsten komen redelijk overeen met die van een waarnemingsperiode, zeg  $[1, 2, \dots, T]$ . Maar sommige uitkomsten zijn te extreem. Met behulp van een kwadratische straffunctie proberen we deze uitkomsten meer in overeenstemming te brengen met de waarnemingen. Zij het oorspronkelijke LP

$$(1) \quad \max \quad c_t' x_t \\ x_t \geq 0$$

$$\text{S.T.} \quad Ax_t \leq b_t$$

met  $c_t$  -  $nx_1$  vector met doelstellingscoëfficiënten  
 $x_t$  -  $nx_1$  vector met activiteitsniveaus  
 $A$  -  $mx_n$  matrix met restrictiecoëfficiënten  
 $b_t$  -  $mx_1$  vector met restrictieniveaus

Stel, dat we geselecteerde activiteiten willenijken op de waarnemingsperiode. De selectie maken we met een selectiematrix

$S_p$  -  $px_n$  selectiematrix (met  $p \leq n$ ), te verkrijgen uit de eenheidsmatrix door niet te selecteren rijen te schrappen

De bijbehorende (rekenkundig) gemiddelde waarnemingen over deze periode geven we aan met

$y$  -  $p \times 1$  vector met gemiddelde waarnemingen

Het kwadratische programmeringsprobleem kan nu als volgt worden geschreven.

$$(2) \quad \max_{x_t \geq 0} c_t' x_t - r (S_p x_t - y)' \Sigma (S_p x_t - y)$$

$$\text{S.T. } Ax_t \leq b_t$$

waarin  $r$  - positieve strafparameter

$\Sigma$  -  $p \times p$  positief-semidefiniete wegingsmatrix

Een matrix  $\Sigma$  heet positief-semidefiniet als voor alle  $z$  geldt.

$$(3) \quad z' \Sigma z \geq 0$$

Zou de wegingsmatrix niet positief-semidefiniet zijn dan hoeft de doelfunctie niet concaaf te zijn en is onzeker of met een oplossing van (2) die voldoet aan de eerste orde voorwaarden inderdaad een maximum is gevonden.

Een goede keus voor de wegingsmatrix is de (gegeneraliseerde 1) inverse van de covariantiematrix van  $y_t$

$$(4) \quad \Sigma = \left\{ \frac{1}{T} \sum_t (y_t - \bar{y})(y_t - \bar{y})' \right\}^+$$

Deze is per definitie positief-semidefiniet, zodat de doelstellingsfunctie concaaf blijft. We nemen de gegeneraliseerde inverse (en niet de gewone), omdat voor  $p > T$  de covariantiematrix niet gewoon inverteerbaar is. De inverse van de covariantiematrix geeft een relatief laag gewicht aan afwijkingen van variabelen die in de waarnemingsperiode een relatief grote variantie hadden.

We kunnen de covariantiematrix ook berekenen ten opzichte van een trend in  $y_t$  in plaats van ten opzichte van het gemiddelde als zo'n trend belangrijk is (bijvoorbeeld bij melkveestapels onder een vast melkquotum).

---

1) De gegeneraliseerde inverse van een  $m \times n$  matrix  $A$ , zeg  $A^+$ , is uniek en voldoet aan de volgende voorwaarden:  $AA^+A = A$ ,  $A^+AA^+ = A^+$ ,  $A^+A = (A^+A)'$  en  $AA^+ = (AA^+)'$ .

Door uitproberen kunnen we  $r$  zo kiezen dat de uitkomsten van het LP goed passen bij de waarnemingen. Hierbij kunnen we als richtlijn nemen dat  $r$  zo hoog moet worden gesteld dat de waarde van de kwadratische term in de jaren van de waarnemingsperiode gemiddeld gelijk wordt aan  $p$ . Je kunt namelijk bewijzen dat

$$(12) \quad (y_t - y)' \Sigma (y_t - y) = p$$

ofwel dat de waarde van de straffunctie gelijk zou zijn aan  $p$  indien de LP precies de waarnemingen zou genereren van de waarnemingsperiode. Op deze manier is het LP in principe ijkbaar op de waarnemingsperiode.

Bij simulatie over een toekomstige periode worden de uitkomsten meer of minder sterk in de richting van  $y$  getrokken. Dat kan ongewenst zijn als de omstandigheden over de simulatieperiode nogal verschillen van die over de waarnemingsperiode. Dit bezwaar kan worden ondervangen door niet te ijken op niveaus maar op jaarlijkse veranderingen.

Deze aanpassing van het model betekent dat het maken van een nulrun belangrijk meer tijd gaat kosten. Er zal namelijk een simulatie moeten plaatsvinden van de landbouw in een periode voorafgaande aan het uitgangsjaar (over bijvoorbeeld vijf of tien jaar), waarbij het model en dan met name de exacte formulering van de parameters van de "boetefunctie" in de doelstellingsfunctie wordt geijkt. Er moeten dan ook meer data verzameld worden, terwijl ook het "tunen" van de nulrun meer tijd gaat kosten.

Ook de werking van het prijsmechanisme in het model wordt bij dynamisering aangepast. In de huidige versie van het model, wordt impliciet rekening gehouden met de invloed van het produktievolume op het prijsniveau. Het model bevat een prijsafzetcurve, waarbij de prijs gelijk is aan de waargenomen prijs in de uitgangssituatie als de produktie gelijk is aan de produktie in de uitgangssituatie. Daarmee vormt de omvang van het werkelijke produktievolume dus het ijkpunt voor het prijsniveau. Bij dynamisering van het model is een prijsvergelijking niet meer nodig. In plaats daarvan worden prijsscenario's opgesteld. Jaarlijks worden de prijzen dus buiten het model om vastgesteld. Voor de belangrijkste marktordeningsprodukten gaan we uit van vaste prijsscenario's. Bij de vrije produkten gaan we uit van prijsniveaus die gerelateerd zijn aan de prijsontwikkelingen van marktordeningsprodukten. Mochten er zich echter forse veranderingen gaan voordoen in de produktievolumes van vrije produkten, dan wordt op basis van prijselasticiteiten een extra aanpassing van het prijsniveau gemaakt.

#### *Emissies van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen*

In de huidige modelversie zijn alleen de emissies van meststoffen globaal opgenomen, terwijl er met betrekking tot de gewasbeschermingsproblematiek nog geen relaties zijn opgenomen. Voorgesteld

wordt om de relaties tussen enerzijds mestgebruik en gewasbeschermingsmiddelen en anderzijds de emissies in het milieu veel gedetailleerder op te nemen.

De hoogte van de emissies zal sterk afhangen van de aangewende technieken en de inrichting van het bouwplan. Voor het krijgen van inzicht in toekomstige situaties zullen in het model meerdere technieken per landbouwactiviteit worden opgenomen (bijvoorbeeld gangbaar en milieuvriendelijk) om inzicht te krijgen in kosten van milieuvriendelijkere produktiemethoden en gevolgen voor emissies naar het milieu.

#### *Literatuur*

Bakker, Th.

*Eten van eigen bodem - een modelstudie, Proefschriften uit het LEI no. 1;* Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1985

Bakker, Th.

*Geënceneerde landbouw: bouwen aan en spelen met een model van de Nederlandse landbouw;* Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1988

Graaf, H.J. de en G.F. Tamminga

*Produktiebeheersing in de melkveehouderij; verkenning van de gevolgen voor landbouw, natuur en milieu;* Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1990

Graaf, H.J. de

*Landbouwmodeluitkomsten en natuur- en milieu-effecten; Werkdocument w13, 2e versie;* Leiden, Milieubiologie Rijksuniversiteit Leiden, 1989

Wal, H. van der, e.a.

*Speelruimte voor een geïntegreerde landbouw; Voorstudie; V44;* Den Haag, Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, 1985