

u3

Beslissingsmodellen met verschillende doelstellingen: een verkenning voor praktische toepassing

K.J. Leutscher en J.H. van Niejenhuis



Landbouwwuniversiteit

Wageningen

1989

BIBLIOTHEEK
LANDBOUWUNIVERSITEIT
WAGENINGEN

ISBN = 504261

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK DEN HAAG

Leutscher, K.J.

Beslissingsmodellen met verschillende doelstellingen: een verkenning voor praktische toepassing / K.J. Leutscher, J.H. van Niejenhuis. – Wageningen : Landbouwwuniversiteit Wageningen. – Tab. – (Wageningse Economische Studies; 13)

Met lit. opg.

ISBN 90-6754-150-8

SISO 631.5 UDC 658.012.123:631.15 NUGI 689

Trefw.: beslissingsmodellen; agrarische bedrijfseconomie

ISBN 90-6754-150-8

NUGI 689

© Landbouwwuniversiteit Wageningen, 1989

Niets uit deze uitgave, met uitzondering van titelbeschrijving en korte citaten ten behoeve van een boekbespreking, mag worden gereproduceerd, opnieuw vastgelegd, vermenigvuldigd of uitgegeven door middel van druk, fotokopie, microfilm, langs elektronische of elektromagnetische weg of op welke wijze ook zonder schriftelijke toestemming van de uitgever Landbouwwuniversiteit, Postbus 9101, 6700 HB Wageningen. Voor alle kwesties inzake het kopiëren uit deze uitgave: Stichting Reprorecht, Amsterdam.

Gedrukt in Nederland

REFERAAT

Leutscher, K.J. en J.H. van Niejenhuis,
Beslissingsmodellen met verschillende doelstellingen; een verkenning voor praktische toepassing, Wageningen, Landbouwniversiteit Wageningen, 1989,
xiv + 87 pp., 32 tab., 21 lit., 3 bijl.

Aan de Landbouwniversiteit Wageningen zijn de mogelijkheden van Multiple Criteria Decision Making (MCDM) onderzocht met behulp van een meerjarig lineair model van een glastuinbouwbedrijf. Het onderzoek werd uitgevoerd door K.J. Leutscher, in samenwerking met dr. ir. J.H. van Niejenhuis, in het kader van een afstudeervak Agrarische Bedrijfseconomie.

In het onderzoek werd de dynamisch lineaire programmering vergeleken met drie vormen van MCDM, te weten de *gewogen doelprogrammering*, de *lexicografische doelprogrammering* en de *interactieve doelprogrammering*. Gebleken is dat MCDM-methoden een nuttige aanvulling op de traditionele vormen van lineaire programmering zijn. In de lineaire programmering bestaat de kans dat het belang van de doelstelling, die in de objectfunctie is opgenomen, overschat wordt. MCDM-methoden kunnen behulpzaam zijn bij het verkrijgen van meer informatie over de effecten van de verschillende doelstellingen op het bedrijfsplan. Bij MCDM wordt het model geoptimaliseerd naar verschillende doelstellingen. Deze doelstellingen moeten expliciet geformuleerd worden in formules, waaraan streefniveaus verbonden worden.

Van de drie onderzochte methoden blijkt de gewogen doelprogrammering op dit moment het meest eenvoudig toepasbaar te zijn in de praktijk. Opmerkelijk is dat vele methoden al wel op papier zijn uitgewerkt, maar nog niet in computerprogramma's zijn vertaald. Ook wat rekentijd betreft, blijkt dat de gewogen doelprogrammering de voorkeur verdient boven de twee andere onderzochte methoden. Duidelijk is geworden dat inhoudelijk alle drie de methoden specifieke zwakke punten hebben, die problemen kunnen veroorzaken. De verschillen tussen de methoden zijn veelal terug te voeren op deze lastige eigenschappen. Het zijn namelijk juist de kenmerkende aspecten van de MCDM-methoden, die voor problemen kunnen zorgen. Zo zijn gevaren verbonden aan het opnemen van doelstellingen met streefniveaus. En ook aan het *à priori* aangeven van

het belang van de verschillende doelstellingen, wat noodzakelijk is bij de niet-interactieve MCDM-methoden. Het is noodzakelijk gebleken om bij de toepassing van deze methoden verschillende varianten door te rekenen. De interactieve doelprogrammering vraagt echter, vooraf aan de programmering, geen informatie met betrekking tot het belang van de doelstellingen, wat beschouwd moet worden als een groot theoretisch voordeel van deze methode ten opzichte van de twee andere toegepaste methoden.

Geconcludeerd moet worden dat Multiple Criteria Decision Making niet op zichzelf staat, maar dat zij moet worden gezien als een nuttige aanvulling op de traditionele lineaire programmering in situaties, waarin verschillende doelstelling geoptimaliseerd dienen te worden.

Multiple Criteria Decision Making / Agrarische Bedrijfseconomie /
Weighted Goal Programming / Lexicographic Goal Programming /
Interactive Goal Programming

VOORWOORD

De auteurs willen op deze plaats een ieder bedanken, die het mogelijk heeft gemaakt dit onderzoek uit te voeren en deze publikatie te schrijven. Wij bedanken de heer ing. H.C.M. Haverkamp voor zijn steun bij het werken met de computer, de heer P.J. Neefjes voor zijn hulp bij het opstellen van het basis-model en mevrouw T. Duinker voor de hulp bij het typen van deze publikatie, allen werkzaam bij de vakgroep Agrarische Bedrijfseconomie van de Landbouwwuniversiteit. Verder bedanken wij de heren ir. F.S.H.M. Werrij en W.M.M. Maessen van de vakgroep Wiskunde en de heer dr. P. Rietveld uit Amsterdam voor hun waardevolle inzet.

Tot slot willen wij in het bijzonder prof. dr. ir. J.A. Renkema bedanken voor zijn aandeel in deze publikatie.

Wageningen, april 1989

K.J. Leutscher

J.H. van Niejenhuis

INHOUD

1. INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING	1
2. HET BASISMODEL	4
2.1 Het bedrijf	4
2.2 Planningsduur en externe factoren	5
2.3 De teelt	6
2.4 De investeringsmogelijkheden	7
2.5 De financiering	11
2.6 De belastingafdracht	13
3. DE DYNAMISCH LINEAIRE PROGRAMMERING	16
3.1 De methode	16
3.2 De resultaten	17
3.3 Discussie	20
4. DE GEWOGEN DOELPROGRAMMERING	23
4.1 De methode	23
4.2 De vijf doelstellingen	25
4.3 De resultaten	30
4.4 Discussie	36
5. DE LEXICOGRAPHISCHE DOELPROGRAMMERING	40
5.1 Inleiding	40
5.2 De methode	41
5.3 De resultaten	44
5.4 Discussie	49
6. DE INTERACTIEVE DOELPROGRAMMERING	51
6.1 Inleiding	51
6.2 De methode	52
6.3 De uitvoering en de resultaten	54
6.4 Discussie	57
7. ANDERE VORMEN VAN MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING	59

8. CONCLUSIES	63
8.1 De operationaliteit	63
8.2 Lastige eigenschappen van de toegepaste MCDM-methoden	64
8.3 De bruikbaarheid van de toegepaste MCDM-methoden	69
 LITERATUUR	 71
 BIJLAGEN	
Bijlage I	73
Bijlage II	81
Bijlage III	85

SUMMARY

MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING

K.J. Leutscher

J.H. van Niejenhuis

Introduction

Linear programming (LP) has proved to be a useful tool in farm planning. Experience in the past, however, also showed that LP has some limiting properties, e.g. only one of the farmer's goals can be optimized at a time. New methods, which are known as "Multiple Criteria Decision Making" (MCDM), have been developed to avoid this problem. In this book the result of a study on the feasibility of applying these MCDM-methods can be found. Three of these methods were used to optimize an investment planning for a tomato greenhouse farm.

The methods

First the *Weighted Goal Programming (WGP)* was applied. All the goals formulated by the farmer were considered simultaneously. Each goal had clearly defined targets, to be achieved by selecting a set of activities from the original LP-model. If a target was not attainable or if the programming went beyond the target, deviational variables had to be chosen. The objective function consisted of coefficients (c_j) which represent the proportional deviation of the deviational variables from the target (b_i). For each single deviational variable a multiplying weight (L_i) was added. So

$$c_j = L_i \times (100 / b_i)$$

The objective function had to be minimized. In some cases there was no need to minimize the deviational variables. For instance, the farmer would not regret it, if a goal with a maximum target, like the labour goal, was not attained. In

these cases L_4 was considered to be zero. Sensitivity analysis with regard to the L_4 -values showed very divergent results. If all goals were considered the same importance (all $L_4=1$), the result differed substantially from those of the traditional LP.

Second the *Lexicographic Goal Programming (LGP)* was applied. In LGP the goals were combined into priority-levels, which were put in a sequential order. The objective function in LGP consisted of several "sub"-objective functions, representing the priority-levels. These objective functions were optimized separately under the extra condition that previous achieved priority-levels would not be affected. Five different orders of priority-levels were optimized, the results of which were also very divergent.

Finally the *Interactive Goal Programming (IGP)* was applied. First it optimized all objective functions separately and independently. Subsequently the highest (P_o) and the lowest (P_s) value were defined for each objective function. Compromise-weights (R_j) were calculated with

$$R_j = M_j / T$$

where

$$T = M_1 + M_2 + \dots + M_J$$

and

$$M_j = (P_o - P_s)_j^{-1}$$

These compromise-weights were used as c_j -values in the compromise-optimization. Considering the result of the latter optimization the farmer had to specify one goal he wanted to improve. For this specific goal a more restricted constraint was applied and the whole process started again. This continued until the farmer was satisfied with the result of the last compromise-optimization.

In the given example the model turned into a cyclical process in the second round. This was caused by an unfortunate formulation of the targets in the model. The credit-targets had the value of zero, whereas all other targets were infinite. So the credit-targets got such a high R_j that other goals were neglected in the compromise-optimization. And because the credit-goals were not to improve, the result of the second compromise-optimization equalled that of the first one. Nevertheless, the IGP seems to be a very promising method for the future.

Other methods

In the literature several other methods have been described, the most of which was the Multiple Objective Programming (MOP). This method can be divided into two parts. In the first part a non-dominated selection of plans is calculated (a Pareto-optimal-set). In the second part it is possible that the farmer, with help from an expert, seeks his optimal plan out of this Pareto-optimal-set. Currently, the main problem with MOP is the first part, which cannot be applied, because no functional computer programs are available. In the literature examples are given of very small models, which are optimized without the use of computers. The lack of adequate computer programs is also the problem with respect to other methods, described in the literature.

Evaluation

All MCDM-methods provide better information about the relations between the goals. They show which goals are compatible and which are not. The examples showed that traditional LP overestimated the importance of the goal projected in the objective function. This shows that MCDM-methods are useful as an amplification of LP. Considering time and money, WGP should be preferred. WGP was very easy to use and needed less computer-time than the other methods. Considering the properties of the MCDM-methods, one should be aware of the danger of the following points.

1. An unfortunate formulation of the targets can cause problems.
 - Cycling can occur on IGP.
 - WGP and LGP can result in identical plans as traditional LP. The efforts, which have to be made to apply the MCDM-method in addition to the traditional LP, will not result in extra information.
 - WGP and LGP can result in dominated plans. In these plans at least one of the goals can be improved without affecting the other goals.
2. In WGP and LGP the farmer must give information about the comparative importance of his goals before the start of the optimization, which is avoided in IGP. This problem can be solved by optimizing several goal-alternatives.

IGP supports the farmer in an interactive way in making decisions and does not give a final answer to the problem. This method gives the farmer a chance to make his own decision and to take the complete responsibility. This strong characteristic of IGP is missing in LGP and WGP.

All MCDM-methods need a proper formulation of the targets to avoid problems. The theoretical advantage of interactive processing of IGP, however, is considerably. And in this view IGP should be preferred. The conclusion of this study should be that application of MCDM-methods gives new opportunities to increase the utility of operational research in farm planning. Further research is desirable to solve the practical problems, particularly for interactive methods.

1. INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING

In de decennia na de tweede wereldoorlog heeft het terrein van de operationele research zich stormachtig ontwikkeld. Ook in de agrarische bedrijfs-economie heeft deze ontwikkeling haar invloed gehad. De lineaire programmering is de meest toegepaste planningstechniek in de agrarische bedrijfseconomie (Renkema, 1986).

Ondanks de nog steeds toenemende populariteit van het lineaire programmeringsmodel is het goed vast te stellen dat deze methode ook een aantal lastige eigenschappen bezit, die de bruikbaarheid ervan beperken (Renkema, 1972). In het verleden hebben deze lastige eigenschappen geleid tot het ontwikkelen van nieuwe technieken, veelal aanpassingen en/of uitbreidingen van het bestaande lineaire programmeringsmodel. Deze technieken worden nu veelvuldig gebruikt als aanvulling op de lineaire programmering.

Eén van de lastige eigenschappen van het lineaire programmeringsmodel, die overigens niet door Renkema als zodanig genoemd werd in 1972, is de eenvoudige objectfunctie, waarin slechts één doelstelling kan worden opgenomen. In werkelijkheid zal een ondernemer vaak verschillende doelstellingen hebben, die tegelijkertijd moeten worden geoptimaliseerd en daarbij met elkaar in conflict kunnen komen. Te denken valt bijvoorbeeld aan het inkomen van de ondernemer en het aantal arbeidsuren dat hij daarvoor moet werken. In het lineaire programmeringsmodel gaat men veelal uit van een vaste bovengrens van het aantal uren dat de ondernemer wil werken, waarbij het inkomen in de objectfunctie wordt geoptimaliseerd. In de praktijk ligt die bovengrens van het aantal beschikbare arbeidsuren helemaal niet zo vast als in de lineaire programmering wordt aangenomen en is sterk gerelateerd aan het extra inkomen dat men kan verdienen door extra uren te maken.

In de praktijk zal nagenoeg altijd sprake zijn van verschillende doelstellingen. Daarom zou het een verbetering van de planningsuitkomsten betekenen wanneer men op een verantwoorde manier verschillende doelstellingen tegelijkertijd in een programmering zou kunnen optimaliseren. Vanuit deze achtergrond heeft zich een nieuw gebied ontwikkeld op het terrein van de operationele research. Bij de vakgroep Agrarische Bedrijfseconomie is dit gebied bekend onder de naam: "Multiple Criteria Decision Making (MCDM)" (Pisters, 1985). Er zijn nogal wat verschillende termen en indelingen van dit, zich nog steeds ontwikkelende, gebied in omloop. In deze publikatie zal worden uitgegaan van de

indeling, zoals Pisters die gegeven heeft (Pisters, 1985, Romero, 1984). Nadat Pisters één vorm van MCDM, te weten de gewogen doelprogrammering, vergeleken heeft met het traditionele lineaire programmeringsmodel en tot de conclusie kwam dat deze nieuwe methode tot verbeterde planningsresultaten leidde, zal in deze publikatie een verdere verkenning op het terrein van de Multiple Criteria Decision Making plaatsvinden.

Het doel van het hier beschreven onderzoek was het opdoen van ervaring met, het toetsen van de bruikbaarheid van, en het blootleggen van de verschillen en problemen van de voornaamste vormen van MCDM. Deze voornaamste vormen zijn de doelprogrammering, zowel de gewogen doelprogrammering (Weighted Goal Programming (WGP)), als de lexicografische doelprogrammering (Lexicographic Goal Programming (LGP)) en de multi criteria programmering (Multi-objective Programming (MOP)).

De probleemstelling komt dus neer op de vraag naar de bruikbaarheid, de operationaliteit en problemen, en de verschillen tussen deze MCDM-methoden. Hierbij wordt onder operationaliteit, de mate waarin de methode, binnen de bestaande computer faciliteiten kan worden toegepast, verstaan.

Het bedrijfsmodel dat gebruikt is, is gebaseerd op het model dat de heren Kostelijk en Neeffes hebben ontwikkeld voor hun onderzoek, waarvan de conceptpublikatie bij de aanvang van dit onderzoek beschikbaar was (Kostelijk, 1986). Het gaat hierbij om een dynamisch lineair programmeringsmodel dat is opgezet om de invloed van het sectorbeleid op de investeringen in energiebesparende maatregelen te onderzoeken. Het is een model van een bedrijf dat vleestomaten produceert. Als relevante doelstellingen van de ondernemer zal worden uitgegaan van de volgende doelstellingen:

- een zo groot mogelijke toename van het eigen vermogen gedurende de planningsperiode;
- een zo laag mogelijke inzet van arbeid;
- een zo laag mogelijk gasverbruik;
- een zo laag mogelijke schuldenlast;
- zo hoog mogelijke privé-opnamen.

In hoofdstuk 2 zal worden aangegeven waar het model van Kostelijk is aangepast. Dit moest gebeuren, omdat niet alle activiteiten en beperkingen relevant waren voor het onderzoek in deze publikatie. Andere activiteiten, zoals de gezinsbesteding, uitgedrukt in de privé-opnamen, moesten juist als aparte activiteiten worden opgenomen in het model.

In hoofdstuk 3 zal het aangepaste model eerst via de traditionele dynamisch lineaire programmering worden geoptimaliseerd met de stijging van het eigen vermogen in de objectfunctie. De uitkomst van deze programmering zal dienen als basis voor de MCDM-programmeringen in de hoofdstukken 4, 5 en 6. In

deze hoofdstukken zullen achtereenvolgens de gewogen doelprogrammering, de lexicografische doelprogrammering en de interactieve doelprogrammering aan de orde komen. Per hoofdstuk zullen telkens de resultaten van de toepassing van de methode op het voorbeeld besproken worden. Daarna zal in hoofdstuk 7 een beknopt overzicht worden gegeven van de ontwikkelingen en publikaties, die zich op dit terrein openbaren.

Tenslotte zal in hoofdstuk 8 worden nagegaan wat kan worden opgemerkt ten aanzien van de probleemstelling, die eerder gegeven werd. Dus hoe het op dit moment staat met de bruikbaarheid en operationaliteit van de MCDM-methoden binnen de bestaande computer faciliteiten. En welke verschillen er tussen de diverse methoden bestaan.

2. HET BASISMODEL

Het basismodel dat in dit onderzoek gebruikt is, is gebaseerd op het model uit de publikatie van Kostelijk (1986) met betrekking tot zijn onderzoek naar investeringsprioriteiten. In het model van Kostelijk is een aantal noodzakelijke veranderingen aangebracht, die hebben geleid tot een geschikt basismodel om de probleemstelling van deze publikatie te onderzoeken. Dit basismodel zal hieronder worden doorgenomen.

2.1 Het bedrijf

Het bedrijf, dat als uitgangspunt is genomen voor het opstellen van het basismodel, beschikt aan het begin van de planningsperiode over een kasoppervlak van 10.900 vierkante meter. Dit complex bestaat uit twee afdelingen van het Venlo-type, die tegelijkertijd in 1978 werden gebouwd. De ondernemer heeft zich gespecialiseerd in de stookteelt van vleestomaten. Begin januari worden de planten in de kasgrond geplant, waarna omstreeks één juli een tussenplanting wordt uitgevoerd. Daarna loopt de teelt door tot begin december, zodat er sprake is van een jaarrondteelt.

In de uitgangssituatie kan de ondernemer zelf maximaal 780 uur per jaar handenarbeid verrichten. Naast de ondernemer zijn nog twee vaste krachten op het bedrijf aanwezig, die elk 1820 uur per jaar handenarbeid kunnen verrichten. Ook kan de ondernemer in een beperkte mate losse arbeid aantrekken. Na het eerste jaar kan de ondernemer over vijf vaste arbeidskrachten beschikken, die nodig zullen zijn na een uitbreiding van het kasoppervlak. Het aantal vaste arbeidskrachten moest worden vastgezet, omdat de programmeringen anders te veel rekentijd zouden kosten.

Aan het begin van de planningsperiode beschikt de ondernemer over een beginkas van F 150.000,-- . Voorts stelt hij de eis dat hij jaarlijks minimaal F 40.000,-- op kan nemen, zijnde privé-opnamen voor het onderhouden van zijn gezin (zie tabel 2.1).

Tabel 2.1. Deeltabel van het basismodel met betrekking tot de arbeid.

		eenheid	P ₀	P ₄	P ₁₁	P ₄₆	P ₅₁	P ₅₄
Ondergrens				0	2	1	0	0
Bovengrens				1	2	1	0,25	0,25
Arbeid totaal	t ₁	uren	780	11978	-1820		-1000	-1000
Arbeid januari	t ₁	uren	70,5	474	-154,5		-1000	
Arbeid februari	t ₁	uren	67	528	-147			-1000
Beginkas	t ₁	F 1000	0	-303,4	23,7	-150	7	7
Eindkas	t ₁	F 1000	0	-313,0	23,7			
Objectfunctie		F 1000		0	0	-150	0	0

P ₄	: afd. I/II betelen	t ₁	
P ₁₁	: vaste arbeidskrachten	t ₁	
P ₄₆	: beginkas	t ₁	(F 1000)
P ₅₁	: losse arbeid januari	t ₁	(1000 uren)
P ₅₄	: losse arbeid februari	t ₁	(1000 uren)

2.2 Planningsduur en externe factoren

Er werd allereerst een basismodel opgesteld, waar de begintableaus van de verschillende te onderzoeken optimaliseringstechnieken, met elk hun specifieke eisen, van werden afgeleid.

Uit de conceptpublikatie van Kostelijk bleek, dat vooral in de eerste jaren van de planningsperiode geïnvesteerd werd in energiebesparende maatregelen en uitbreiding van het kassencomplex. In de laatste jaren van de planningsperiode bleven investeringen achterwege, wat het nauwelijks interessant maakte om deze op te nemen in het basismodel. Daar kwam nog bij dat een beperking van de omvang van het basismodel een besparing van rekentijd opleverde.

Het oorspronkelijke model van Kostelijk liep over de periode 1983-1987. In dit onderzoek werd de periode 1985-1987 aangehouden, waarbij werd uitgegaan van het cijfermateriaal dat Kostelijk voor dezelfde periode hanteerde. Het

bleek noodzakelijk om dit cijfermateriaal op een aantal punten aan te passen aan de veranderde economische situatie.

Een eerste aanpassing van het materiaal betrof een correctie van de prijsinflatie. Aangezien het inflatiepercentage in de in het onderzoek beschouwde jaren veel lager was dan Kostelijk in zijn onderzoek verwacht had, (er was in 1987 nauwelijks meer sprake van inflatie), werden de cijfers voor 1986 en 1987 gecorrigeerd voor de vijf procent inflatie, die Kostelijk voor beide jaren in rekening had gebracht. Gedurende de gehele planningsperiode werd in het basismodel uitgegaan van het prijspeil dat Kostelijk voor het jaar 1985 aan had gehouden. Een uitzondering hierop was de prijs van het aardgas, die in het oorspronkelijke model gesteld werd op F 0,455, F 0,48 en F 0,505 voor de respectievelijke jaren 1985, 1986 en 1987. Het was duidelijk dat voor deze prijzen een inflatiecorrectie niet voldeed. Immers sinds 1985 vertoont de aardgasprijs weer een dalende tendens. Voor 1985 bestonden er geen grote problemen, omdat de gemiddelde prijs van het aardgas van dat jaar aan het begin van het onderzoek reeds bekend was. Deze gemiddelde prijs bedroeg F 0,425. Voor 1986 waren de prijzen van de eerste twee kwartalen al bekend en kon, na overleg met de heer Neefjes van de vakgroep Agrarische Bedrijfseconomie en contact met vertegenwoordigers van het Landbouwschap, de gemiddelde prijs geschat worden op F 0,32. Voor 1987 waren de verwachtingen nog onzeker, maar besloten werd om een gemiddelde prijs van F 0,25 aan te houden.

In samenhang met de correctie van de inflatie werden ook de rentepercentages aangepast. Voor kort krediet en WIR-krediet werd een percentage van negen procent aangehouden. Voor middellang krediet was dit zeven procent. En voor de post "kas op bank" werd uitgegaan van een creditrente van tweeënhalf procent (Kwantitatieve, 1985).

2.3 De teelt

In het basismodel werd uitgegaan van een produktie van 36 kg/m^2 . Als gevolg van de te verwachten introductie van produktievere rassen werd rekening gehouden met een jaarlijkse produktiestijging van 1 kg/m^2 . Inkomsten en uitgaven, die direct verband hielden met de teelt, werden, met uitzondering van de uitgaven voor aardgas en arbeid, in de teeltactiviteiten opgenomen op de regels van de begin- en eindkas. Aardgas en arbeid werden als aparte activiteiten in het basismodel opgenomen, met elk specifieke coëfficiënten op de kasregels. Het verbruik van het aardgas werd gesteld op $60 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Door het opnemen van activiteiten, die tot energiebesparing leidden, kon het werkelijke verbruik per vierkante meter lager komen te liggen. Tenslotte dient hier nog vermeld

te worden dat de teeltactiviteiten als geheel-tallige activiteiten in het basismodel waren opgenomen.

2.4 De investeringsmogelijkheden

Ook de investeringsmogelijkheden van het bedrijf werden als geheel-tallige activiteiten in het basismodel opgenomen. Voor zowel de eerder genoemde teeltactiviteiten als voor de investeringsactiviteiten gold dat het technisch onmogelijk was om deze activiteiten in niet-geheel-tallige eenheden op te nemen in de bedrijfsvoering.

De investeringen waren in drie categorieën onder te verdelen. Ten eerste kon er geïnvesteerd worden in energiebesparende maatregelen. Ten tweede waren er mogelijkheden om het kassencomplex uit te breiden. En tenslotte moesten er in 1986 en 1987 vervangingsinvesteringen worden gedaan. In het model van Kostelijk was ook sprake van een verplichte vervangingsinvestering in 1984, maar deze werd in het basismodel buiten beschouwing gelaten.

Ten aanzien van de energiebesparende investeringen bestond de keuze uit twee mogelijkheden, te weten de aanschaf van een rookgascondensor of het uitvoeren van een gevel- en buisisolatie. In elk van de drie planningsjaren konden deze twee mogelijkheden uitgevoerd worden. Het basismodel was echter zodanig opgesteld dat het slechts één maal mogelijk was de genoemde maatregelen op te nemen. Omdat de totale besparing bij en het aanschaffen van een rookgascondensor en het uitvoeren van gevel- en buisisolatie kleiner is dan de som van de afzonderlijke besparingen van de twee investeringen, werden voor de drie jaren reductiefactoren opgenomen in het basismodel, die mee werden gewogen indien beide investeringen werden uitgevoerd. In tabel 2.2 wordt een overzicht gegeven van hetgeen hierboven beschreven is.

Het was ook mogelijk om tot uitbreidingsinvesteringen over te gaan. Dit was echter alleen mogelijk nadat was overgegaan tot de aanschaf van een rookgascondensor. In tabel 2.3 is te zien hoe deze voorwaarde op de regel "RGC/afdeling III t_1 " in het basismodel werd ingebouwd. De regel eronder is in de tabel feitelijk niet volledig weergegeven, omdat alleen de investeringen in het eerste jaar zijn opgenomen. In het totale basismodel staan op deze regel ook de coëfficiënten met een waarde één bij de activiteiten, die de bouw van afdeling III in het tweede jaar voorstellen, zodat na de aanschaf van de rookgascondensor maar één maal een afdeling III kon worden gebouwd.

De bouw van een afdeling kostte een jaar, zodat wanneer in t_1 werd gebouwd, het kasoppervlak in t_2 beschikbaar was voor de teelt. De uitbreiding van het kasoppervlak bestond uit twee afdelingen, die konden worden gebouwd. Aller-

Tabel 2.2. Deeltableau van het basismodel met betrekking tot energiebesparende investeringen.

		eenheid	P ₀	P ₄	P ₁₄	P ₁₇	P ₂₀	P ₃₃	P ₃₇	P ₉₄	P ₉₇
Ondergrens				0	0	0	0	0	0	0	0
Bovengrens				1	1	1	1	1	10,9	1250	100
RGC / besparing	t ₁	1000 m ²	0		-10,9				1		
GI / teelt	t ₁		1	1		1		-1			
RGC / GI	t ₁		1		1	1	-1				
RGC	t ₁ -t ₃		1		1						
GI	t ₁ -t ₃		1			1					
Reductie RGC/GI	t ₁	1000 m ²	0	-10,9			10,9				-1
Niet telen	t ₁	1000 m ²	10,9	10,9							1
Besparing RGC	t ₁	1000 m ²	0	-10,9					1		
Besparing GI	t ₁	1000 m ²	0	-1		-1		2			
Gasverbruik	t ₁	1000 m ³	0	654				-41,1	-6	-1	-0,4
Beginkas	t ₁	F 1000	0	-303,4	87,3	35,6	1,2	9,8		0,3	
Eindkas	t ₁	F 1000	0	-313,0	-18,9	-7,4	0,5	8,6		0,1	
Objectfunctie		F 1000		0	47,7	19,1	0	0	0	0	0

P₄ : afd. I/II betelent₁P₁₄ : aanschaf rookgascondensor (RGC)t₁P₁₇ : gevel- en buisisolatie (GI)t₁P₂₀ : reductie RGC-GIt₁P₃₃ : besparing GIt₁(1000 m²)P₃₇ : besparing RGCt₁(1000 m²)P₉₄ : gasverbruikt₁(1000 m³)P₉₇ : besparing niet telen I/IIt₁(1000 m²)

Tabel 2.3. Deeltableau van het basismodel met betrekking tot de uitbreidings investeringen.

		eenheid	P ₀	P ₁₄	P ₂₃	P ₂₅	P ₂₇	P ₂₉	P ₃₁	P ₃₂
Ondergrens				0	0	0	0	0	0	0
Bovengrens				1	1	1	1	1	1	1
Afdelingen III/IV ED	t ₁		0		-1	1				
Afdelingen III/IV DG	t ₁		0				-1	1		
RGC/afdeling III	t ₁		0	-1	1		1			
RGC/afdeling III	t ₁ -t ₂		0	-1	1		1			
Afdelingen III/IV	t ₁ -t ₂		0		-1		-1		1	1
Afdeling IV	t ₁ -t ₂		1			1		1	1	1
Eindkas	t ₁	F 1000	0	-18,9	626,2	502,5	762,8	641,0		
Beginkas	t ₂	F 1000	0	0,3	1,6	1,3	2,0	1,7		
Eindkas	t ₂	F 1000	0	0,3	-124,0	-100,1	-163,2	-140,3	563,2	715,2
Beginkas	t ₃	F 1000	0	0,5	2,6	2,1	3,2	2,7	1,5	1,9
Eindkas	t ₃	F 1000	0	0,5	2,6	2,1	3,2	2,7	-113,5	-157,7
Objectfunctie		F 1000	0	47,7	411,2	348,2	503,5	422,3	405,7	510,7

P₁₄ : aanschaf rookgas condensor (RGC)t₁P₂₃ : bouw afdeling III EDt₁P₂₅ : bouw afdeling IV EDt₁P₂₇ : bouw afdeling III DGt₁P₂₉ : bouw afdeling IV DGt₁P₃₁ : bouw afdeling IV ED na 1 jaart₂P₃₂ : bouw afdeling IV DG na 1 jaart₂

eerst de afdeling III, met een oppervlakte van 4725 m² en daarnaast afdeling IV met een oppervlakte van 5225 m², tesamen dus 9950 m². Deze uitbreiding kon op twee manieren uitgevoerd worden, ofwel beide afdelingen werden in hetzelfde jaar gebouwd of eerst werd afdeling III gebouwd en een jaar later afdeling IV. Dit laatste zou vanzelfsprekend duurder zijn dan het tegelijkertijd bouwen van beide afdelingen.

Hier wijkt de opzet van het basismodel af van het model van Kostelijk. In zijn model was de mogelijkheid om de afdeling IV later te bouwen zo opgenomen dat er twee jaren tussen de bouw van de beide kassen moest zitten, in plaats van een jaar. Dit stuitte in het driejarig basismodel op de moeilijkheid dat wanneer in het eerste jaar afdeling III zou worden gebouwd, pas in het derde jaar afdeling IV zou kunnen worden gebouwd. Deze mogelijkheid zou nooit in het eindtableau van het optimaliseringsprogramma worden opgenomen, omdat er geen enkel voordeel aan deze mogelijkheid zit. Immers het oppervlak van de afdeling IV zou pas in het vierde jaar, buiten de planningsperiode, gebruikt kunnen worden. Om dezelfde reden werden ook geen andere activiteiten in het basismodel opgenomen, die uitbreiding in het derde jaar ter keuze stelden.

Bij het bouwen van de nieuwe afdelingen waren twee uitvoeringstypen mogelijk. Ten eerste kon een kas worden gebouwd met dubbele gevel en energiescherm, verder aangeduid als "extra dicht" (ED). En ten tweede een uitvoering met een dubbele gevel en een dubbel dek, die verder aangeduid zal worden als "dubbel glas" (DG).

In tabel 2.4 is een overzicht gegeven van de energiebesparing, die de verschillende investeringen opleveren ten opzichte van de bestaande situatie. Ook zijn in deze tabel de coëfficiënten van de lichtreductie van de investeringen opgenomen. Deze zijn ook belangrijk, omdat, uitgaande van de één-procent-

Tabel 2.4. Overzicht van de effecten van de verschillende te overwegen investeringen, met betrekking tot energiebesparing en de lichtreductie.

	energie- besparing	licht- reductie
rookgascondensor	10 %	-
gevel- en buisisolatie	7 %	2,5 %
kastype "extra dicht"	30 %	3 %
kastype "dubbel glas"	40 %	12,5 %

regel, deze cijfers de reductie van de produktie aangeven. De één-procent-regel is een vuistregel, die algemeen in de tuinbouw wordt toegepast om de relatie tussen de lichtreductie en de produktie aan te geven. Deze regel houdt in dat één procent lichtreductie één procent produktieverlies tot gevolg heeft.

In tabel 2.5 is te zien hoe de besparing van het gasverbruik in de afdelingen I en II in het basismodel is opgenomen, wanneer afdeling III gebouwd wordt. Ook zijn de verschillen opgenomen tussen de mogelijke uitvoeringstypen voor de bouw van de nieuwe afdelingen.

2.5 De financiering

Uit de beginbalans, tabel 2.6, blijkt dat bij aanvang van de planningsperiode, naast de bestaande bedrijfsuitrusting ter waarde van F 437.670,-, een kassaldo van F 150.000,- beschikbaar is. Het vermogen bestaat uit een belastingschuld van F 40.000,-, een eigen vermogen van F 347.920,- en een oude schuld van F 199.750,- tegen een rentepercentage van negen procent, waar jaarlijks F 23.500,- op afgelost moet worden. De rentekosten en de aflossing van deze lening zijn ondergebracht in de post "vaste lasten". Uitgaande van deze cijfers kunnen wij vaststellen dat het bedrijf een solvabiliteit kent van 59,2 procent.

Om de investeringen gedurende de planningsperiode mogelijk te maken werden in het basismodel mogelijkheden geschapen om krediet op te nemen bij een bank.

Ten eerste bestond de mogelijkheid om WIR-krediet (WIR-K) op te nemen. De WIR-bedragen voor de diverse investeringen werden onveranderd uit het model van Kostelijk overgenomen. Deze bedragen werden rechtstreeks aan de investeringsactiviteiten gekoppeld. Er werd hierbij vanuit gegaan dat de WIR-premies in het jaar, nadat de investeringen plaats hadden gevonden, beschikbaar kwamen voor het bedrijf (tijdens het onderzoek werd de zogenaamde "negatieve WIR" afgeschaft, hier werd in het basismodel geen rekening meegehouden). De mogelijkheid van het WIR-krediet bestond eruit, dat in dat tussenliggende jaar een lening ter overbrugging kon worden afgesloten. Deze WIR-lening mocht maximaal 60 procent van de WIR-premie bedragen en werd tegen de al eerder genoemde negen procent uitgeleend.

Daarnaast was het mogelijk op basis van een investering een middellang krediet (MLK) op te nemen. Voor energiebesparende investeringen werd een looptijd van een dergelijk krediet op acht jaar gesteld en voor uitbreidingsinvesteringen op twaalfeneenhalf jaar. Dit alles tegen een rente van zeven procent. Kredieten, die per 31 december werden opgenomen, kwamen niet tot uitdrukking op de balans van het jaar, dat op die dag werd afgesloten, maar op de balans

Tabel 2.5. Deeltabel van het basismodel met betrekking tot besparingen bij uitbreidingsinvesteringen.

		eenheid	P ₀	P ₅	P ₇	P ₂₃	P ₂₇	P ₉₀	P ₉₂	P ₉₅
Ondergrens				0	0	0	0	0	0	0
Bovengrens				1	1	1	1	10,9	9,95	1250
Afdeling III betelen	t ₂		0		1	-1	-1			
Afdelingen III/I + II	t ₂	1000 m ²	0			-10,9	-10,9	1		
Besparing DG/ED	t ₂	1000 m ²	0				-4,7		1	
Besparing I + II/ bouw III	t ₂	1000 m ²	0	-10,9				1		
Besparing III DG	t ₂	1000 m ²	0		-4,7				1	
Gasverbruik	t ₂	1000 m ³	0	654	178,6			-2,0	-6,5	-1
Arbeid totaal	t ₂	uren	780	12116	5189				-43,7	
Beginkas	t ₂	F 1000	0	-318,2	-128,1	1,6	2,0		3,5	0,2
Eindkas	t ₂	F 1000	0	-319,3	-134,8	-124,0	-163,2		3,1	0,1
Objectfunctie		F 1000		0	0	411,2	503,5	0	0	0

P₅ : afdeling I/II betelen

t₂

P₇ : afdeling III betelen

t₂

P₂₃ : bouw afdeling III ED

t₁

P₂₇ : bouw afdeling III DG

t₁

P₉₀ : besparing afdeling I/II bij teelt afdeling III

t₂

(1000 m³)

P₉₂ : besparing DG tov ED

t₂

(1000 m³)

P₉₅ : gasverbruik

t₂

(1000 m³)

Tabel 2.6. Beginbalans per 1-1-1985.

bestaande bedrijfs- uitrusting	F	437.670,--	belastingenschuld	F	40.000,--
kas	F	150.000,--	middellang krediet	F	199.750,--
			eigen vermogen	F	347.920,--
	F	587.670,--		F	587.670,--
		=====			=====

van het jaar daarna. Hierbij werd de beperking opgelegd, dat per investering het totale krediet van WIR-krediet en middellang krediet maximaal 75 procent van het geïnvesteerde bedrag mocht bedragen.

Tenslotte kon per half jaar nog maximaal F 300.000,-- kort krediet (KK) opgenomen worden, onafhankelijk van enige investering. Deze leningen moesten een jaar na de opname met een rente van negen procent worden afgelost.

In het geval van kasoverschotten werden deze tegen tweeëneenhalf procent rente op de bank gezet, voor de duur van een jaar. Tabel 2.7 geeft weer hoe hetgeen hierboven besproken is in het basismodel is opgenomen.

2.6 Belastingafdracht

In het model van Kostelijk werd een lineaire benadering van de belastingafdracht gebruikt, die onveranderd in het basismodel werd overgenomen. Wel werd de belastingenschuld aan het begin van de planingsperiode van F 60.000,-- teruggebracht tot F 40.000,--, omdat dit bedrag reëler leek.

In tabel 2.8 is te zien hoe het systeem van de belastingafdracht is opgenomen in het basismodel. Allereerst is er een belastingvrije som van F 15.000,--. Het restant van de fiscale bedrijfswinst wordt vervolgens tot een bedrag van F 60.000,-- afgerekend in de verhouding 1:2,5, dus tegen een belastingpercentage van veertig procent. Alles wat dan nog resteert, dus de fiscale bedrijfswinst boven een bedrag van F 75.000,--, wordt afgerekend tegen een belastingpercentage van $41 \frac{2}{3}$ procent (verhouding 1:2,4).

Tabel 2.7. Deeltabel van het basismodel met betrekking tot de financiering.

		eenheid	P_0	P_{14}	P_{23}	P_{100}	P_{103}	P_{106}	P_{108}	P_{110}	P_{113}	P_{121}
Ondergrens				0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bovengrens				1	1	999	999	999	999	300	999	300
WIR-krediet 01/01	t_1	F 1000	0	-11,4		1						
ML-krediet 01/01	t_1	F 1000	0	-53,9			1					
WIR-krediet 31/12	t_1	F 1000	0		-75,4			1				
ML-krediet 31/12	t_1	F 1000	0		-394,2				1			
Beginkas	t_1	F 1000	0	87,3		-1	-1			-1	1	
Eindkas	t_1	F 1000	0	-18,9	626,2	1,1	0,2	-1	-1	1,1	-1,0	-1
Beginkas	t_2	F 1000	0	0,3	1,6			1,1	0,2			1,1
Eindkas	t_2	F 1000	0	0,3	-124,0		0,2					
Beginkas	t_3	F 1000	0	0,5	2,6				0,1			
Eindkas	t_3	F 1000	0	0,5	2,6		0,2					
Objectfunctie		F 1000		47,7	411,2	0	-0,6	0	-0,8	0	0	0

P_{14}	: aanschaf RGC	t_1	
P_{23}	: bouw afdeling III ED	t_1	
P_{100}	: WIR-krediet 01/01	t_1	(F 1000)
P_{103}	: ML-krediet 01/01	t_1	(F 1000)
P_{106}	: WIR-krediet 31/12	t_1	(F 1000)
P_{108}	: ML-krediet 31/12	t_2	(F 1000)
P_{110}	: kort krediet 01/01	t_1	(F 1000)
P_{113}	: kas op bank	t_1	(F 1000)
P_{121}	: kort krediet 31/12	t_1	(F 1000)

Tabel 2.8. Deeltabel van het basismodel met betrekking tot de belastingafdracht.

		eenheid	P ₀	P ₁	P ₄	P ₁₄	P ₃₆	P ₃₇	P ₄₀	P ₄₃
Ondergrens				0	0	0	0	0	0	1
Bovengrens				1	1	1	1	999	999	1
Beginkas	t ₁	F 1000	0		-303,4	87,3				20
Eindkas	t ₁	F 1000	0		-313,0	-18,9				20
Fiscale bedrijfswinst	t ₁	F 1000	0		616,4	-20,5	-15	-2,5	-2,4	
Maximale belasting afdracht A	t ₁	F 1000	60					2,5		
Minimale belasting afdracht B	t ₁	F 1000	0	60				-2,5		
Maximale belasting afdracht B	t ₁	F 1000	0	-500					1	
Beginkas	t ₂	F 1000	0			0,3		0,5	0,5	
Eindkas	t ₂	F 1000	0			0,3		0,5	0,5	
Objectfunctie		F 1000		0	0	47,7	0	0	0	40

P ₁	: belastingafdracht A/B	t ₁	(F 1000)
P ₄	: teelt afdeling I/II	t ₁	
P ₁₄	: aanschaf RGC	t ₁	
P ₃₆	: correctie belastbaar inkomen	t ₁	(F 1000)
P ₃₇	: belastingafdracht A	t ₁	(F 1000)
P ₄₀	: belastingafdracht B	t ₁	(F 1000)
P ₄₃	: belastingsschuld	t ₀	(F 1000)

3. DE DYNAMISCH LINEAIRE PROGRAMMERING

Na het opstellen van het basismodel werd eerst een dynamisch lineaire programmering (DLP), ook wel meer-perioden planning, uitgevoerd. Het is reeds opgemerkt, dat de dynamisch lineaire programmering als oriëntatie diende voor de verschillende vormen van MCDM-methoden, die in de volgende hoofdstukken besproken zullen worden. De dynamisch lineaire programmering kon worden uitgevoerd met behulp van de normale lp-software.

3.1 De methode

De dynamisch lineaire programmering is afgeleid van de standaard lineaire programmering. Naast de beperking van de lineaire programmering dat enkel geoptimaliseerd kan worden naar slechts een doelstelling, bestaan er nog enkele andere beperkingen, waaronder het feit dat de lineaire programmering uitgaat van statische verhoudingen (Renkema, 1972). Hiermee wordt bedoeld dat de normale lp veelal uitgaat van een planningsduur van één jaar, waarvan de oplossing vastligt en elk jaar opnieuw in de praktijk kan worden gebracht. Wanneer men echter geïnteresseerd is naar bijvoorbeeld een investeringsplanning, waarbij een investering kan worden gedaan in de loop van een aantal jaren, komt men in de problemen.

Deze problemen kunnen worden opgelost door een aantal jaren na elkaar te optimaliseren, waarbij de uitkomst van het eerste jaar als uitgangspunt voor het volgende gebruikt wordt. Hierbij loopt men echter weer tegen een ander probleem aan, namelijk het feit dat in het laatste geval de jaren afzonderlijk van elkaar geoptimaliseerd worden. Het gevaar zit nu in het feit, dat het investeren op het lopende jaar een negatieve invloed heeft en op de volgende jaren een gunstige kan hebben. Wanneer per jaar wordt geoptimaliseerd bestaat het gevaar dat in geen enkel jaar tot investeren zal worden overgegaan, terwijl dit op langere termijn wel degelijk voordelig zou zijn geweest voor het bedrijfsresultaat.

Het komt er dus op neer, dat wanneer er alternatieven in het model zijn opgenomen, die betrekking hebben op een termijn langer dan één jaar, ook

een optimaliseringsmethode moet worden gezocht, die werkt met een planningsperiode langer dan één jaar. Op deze wijze is de dynamisch lineaire programmering ontwikkeld, waarbij de term "dynamisch" refereert aan het feit dat alternatieven verscheidene malen, op verschillende momenten, ter keuze staan. De dynamisch lineaire programmering optimaliseert een aantal jaren, afhankelijk van de wensen van de gebruiker(s), simultaan, waarbij elke keuze om een variabele eventueel op te nemen wordt afgewogen tegen het eindresultaat van het laatste jaar van de planningsperiode. Er wordt nog steeds geoptimaliseerd met maar één doelstelling. Het opnemen van een inkomensdoelstelling in de objectfunctie, in de vorm van het netto overschot, functioneert dan niet meer. In plaats daarvan wordt per activiteit de invloed op het eigen vermogen van de ondernemer aan het einde van de planningsperiode in de objectfunctie opgenomen. De objectfunctie geeft dus de toename van het eigen vermogen over de planningsperiode weer. Het verband tussen de drie jaren wordt gelegd door de transferactiviteiten op de kasregels, zoals in tabel 3.1 is weergegeven. Al eerder werd in hoofdstuk 2 aangegeven hoe technische coëfficiënten de mogelijkheden in de verschillende jaren met elkaar in verband brengen.

Omdat het basismodel, dat in hoofdstuk 2 beschreven is, betrekking heeft op een planningsperiode van drie jaar, lag het voor de hand om met een dynamisch lineaire programmering te beginnen. In het voorafgaande is reeds opgemerkt dat de dynamisch lineaire programmering werd uitgevoerd met de normale lp-software. Het programma dat gebruikt werd, was de aangepaste versie van het Landdo-programma, op de vakgroep Agrarische bedrijfseconomie, beter bekend onder de naam DPLAD. En aangezien alle, voor de dynamisch lineaire programmering noodzakelijke, aanpassingen al in het basismodel waren opgenomen, kon dit model direct geoptimaliseerd worden.

3.2 De resultaten

De dynamisch lineaire programmering bereikt, uitgaande van het basismodel, een maximale toename van het eigen vermogen van de ondernemer van F 444.261,50. Dit bedrag wordt bereikt door een aantal investeringen te plegen, die hieronder besproken zullen worden.

Vooraf in het eerste jaar wordt flink geïnvesteerd. In dat jaar wordt namelijk een rookgascondensor aangeschaft en wordt het kasoppervlak met 9950 m² uitgebreid. De afdeling III en IV zijn beiden van het type "extra dicht". In het tweede en derde jaar wordt niet meer geïnvesteerd, afgezien van de vervangingsinvesteringen, die verplicht moesten worden opgenomen in het eindtableau. Om de bovengenoemde investeringen te kunnen financieren moest een

Tabel 3.1. Deeltabel van het basismodel met betrekking tot de verplicht op te nemen activiteiten en de prive-opnamen.

		eenheid	P ₀	P ₄₄	P ₄₇	P ₄₈	P ₁₁₆	P ₁₁₇	P ₁₁₈	P ₁₁₉	P ₁₂₀	P ₁₂₃
Ondergrens				1	1	0	1	1	0	0	0	1
Bovengrens				1	1	100	1	1	999	999	999	1
Minimale prive opnamen	t ₁	F 1000	0			-1						40
Beginkas	t ₁	F 1000	0		30,6	0,5						
Eindkas	t ₁	F 1000	0		45,9	0,5			1			
Beginkas	t ₂	F 1000	0	31,0	29,8				-1			
Eindkas	t ₂	F 1000	0	-3,9	44,7					1		
Beginkas	t ₃	F 1000	0		28,9					-1		
Eindkas	t ₃	F 1000	0		43,4						1	
Objectfunctie		F 1000		24,2	70,5	0	-437,7	260,2	0	0	1	0

P ₄₄	: vervangingsinvestering	t ₂	
P ₄₇	: vaste lasten		(F 1000)
P ₄₈	: prive-opnamen	t ₁	(F 1000)
P ₁₁₆	: waarde bestaande bedrijfsuitrusting	t ₀	(F 1000)
P ₁₁₇	: waarde bestaande bedrijfsuitrusting	t ₃	(F 1000)
P ₁₁₈	: transfer	t ₁	(F 1000)
P ₁₁₉	: transfer	t ₂	(F 1000)
P ₁₂₀	: transfer	t ₃	(F 1000)
P ₁₂₃	: minimum prive-opnamen	t ₁	(F 1000)

aantal leningen worden afgesloten. Allereerst werd per 1-1-1985, dus aan het begin van het eerste planningsjaar, een middellang krediet opgenomen van F 53.900,--. Aan het einde van dat jaar volgde nog een tweede lening van hetzelfde type, maar nu ter waarde van F 710.200,--. Ook werd op dat moment kort krediet opgenomen, te weten: : F 229.634,80 per 31-12-1985 en F 295.380,70 per 1-1-1986. Uit deze cijfers blijkt dat vooral het tweede jaar problematisch was op het gebied van de financiering. Dit blijkt ook uit de waarden van de

activiteiten "kas op bank". Deze bedroegen voor de jaren 1985, 1986 en 1987 respectievelijk F 74.026,50 , F 0,00 en F 242.362,50.

Wanneer aan het einde van het derde jaar de balans wordt opgemaakt, blijkt dat het totale bedrijfsvermogen is toegenomen tot F 1.685.553,90. In tabel 3.2 is deze eindbalans weergegeven. Aan de debetzijde van de balans staan de verschillende investeringen, de kas en de post "bestaande bedrijfsuitrusting", waarmee de uitrusting bedoeld wordt, zoals die aan het begin van de planningsperiode op het bedrijf aanwezig was. Aan de creditzijde van de balans staan de schulden en het eigen vermogen. De bedragen, die voor de posten van middel-lang krediet zijn opgenomen zijn lager dan eerder in de tekst vermeld werden.

Tabel 3.2. Eindbalans 1987 na de dynamisch lineaire programmering.

bestaande be- drijfsuitrusting	F	260.224,--	belastingen	t ₃	F	133.886,90	
rookgas condensor	t ₁	F	47.701,--	MLK	t ₀	F	129.250,--
afdeling III ED	t ₁	F	411.192,--	MLK 01/01	t ₁	F	33.687,50
afdeling IV ED	t ₁	F	348.173,--	MLK 31/12	t ₁	F	596.568,--
vervangings- investering	t ₂	F	24.216,--				
vervangings- investering	t ₃	F	16.901,--				
kas	F	577.146,90	eigen vermogen	F	792.181,50		
	F	1.685.553,90		F	1.685.553,90		
	= = = = =			= = = = =			

Dit komt, omdat gedurende de planningsperiode een deel van het opgenomen krediet al wordt afgelost. Ook voor de gepleegde investeringen geldt iets dergelijks. De werkelijke bedragen, die met de investeringen waren gemoeid, lagen hoger dan op de eindbalans is weergegeven. Omdat gedurende de planningsperiode ook al op de investeringen is afgeschreven zijn deze in waarde gedaald. Tenslotte kan worden opgemerkt, dat in tabel 3.2 te zien is, dat het eigen vermogen weliswaar steeg tot F 792.181,50 , maar dat de solvabiliteit daalde van 59,2 procent tot 47 procent.

Los van de getallen, die in de eindbalans terug te vinden zijn, kan nog een aantal interessante opmerking worden gemaakt. Gedurende de gehele planningsperiode wordt het gehele beschikbare teeltoppervlak voortdurend gebruikt. Gevel- en buisisolatie (GI) werd niet toegepast, zodat er geen rekening behoefde te worden gehouden met de reductiefactoren, die in het basismodel waren opgenomen. Ook de "dubbel glas"-variant voor het bouwen van nieuwe afdelingen werd niet opgenomen. Ten aanzien van de privé-opnamen moet worden vastgesteld, dat enkel voldaan werd aan de minimumeisen, die het basismodel stelde. Dit is logisch te verklaren uit het feit dat privé-opnamen ten koste gaan van investeringsmogelijkheden, die een positieve invloed hebben op de waarde van de objectfunctie.

Het gasverbruik is in het eerste jaar 588.600 m^3 voor een kas oppervlakte van 10.900 m^2 , wat neerkomt op een gemiddeld verbruik van $54 \text{ m}^3/\text{m}^2$ per jaar. In de twee volgende jaren zakt dit gemiddelde door de aanschaf van een rookgascondensor en de ingebruikname van de nieuwe energiezuinige afdelingen. Het totale verbruik is dan 942.983 m^3 . Dit is gemiddeld $45 \text{ m}^3/\text{m}^2$ per jaar op een oppervlakte van 20.850 m^2 .

De arbeidsplanning levert weinig problemen op. Naast de vaste arbeidskrachten wordt ook losse arbeid aangetrokken, maar deze behoefte aan losse arbeid blijft steeds onder de maxima, die in het basismodel opgenomen werden.

3.3 Discussie

Wanneer we nu de eerste uitkomsten van dit onderzoek willen evalueren kunnen we de uitkomsten van het onderzoek van Kostelijk (1986) als referentie gebruiken. We moeten hierbij een aantal zaken goed in de gaten houden. Ten eerste is er een aantal prijzen, met name van het gas, en de kredietrente verlaagd in het basismodel. Ten tweede begint het basismodel in 1985 en het model van Kostelijk in 1983, wat betekent dat de kosten voor investeringen in het eerste jaar van de planningsperiode in het basismodel hoger zijn. En tenslotte loopt het model van Kostelijk over een periode van vijf jaar en het basismodel over drie jaar.

Wanneer we deze feiten in ons achterhoofd houden, blijkt dat er geen wezenlijke verschillen bestaan tussen de resultaten van dit onderzoek en de resultaten van het onderzoek van Kostelijk. Ook bij de optimalisatie van het basismodel wordt direct in het eerste jaar overgegaan tot de aanschaf van een rookgascondensor. Net als in het onderzoek van Kostelijk wordt in het eerste jaar gelijk begonnen met de bouw van de afdelingen III en IV, beiden van het type "extra dicht".

Op het terrein van de financiering vertoont de uitkomst van het basismodel ook grote overeenkomsten met de resultaten van Kostelijk. Er worden twee leningen van middellange termijn afgesloten, een aan het begin van het eerste planningsjaar en een aan het einde van dat jaar. De bedragen van deze leningen liggen iets hoger dan bij de uitkomsten van Kostelijk, wat verband houdt met de hogere bouwkosten in het basismodel.

In tegenstelling tot de resultaten van Kostelijk wordt er niet meer geïnvesteerd in gevel- en buisisolatie en wordt er daarom geen derde lening afgesloten. Gevel- en buisisolatie wordt in het onderzoek van Kostelijk in het tweede jaar uitgevoerd, terwijl de prijs van het aardgas stijgt. In het basismodel zakt de prijs van het aardgas op dat moment naar F 0,32, waardoor investeren in energiebesparende maatregelen minder aantrekkelijk wordt.

Het eindresultaat, na afloop van de gehele planningsperiode, is voor het basismodel veel lager dan voor het model van Kostelijk. Dit komt, omdat het model van Kostelijk op een langere periode betrekking heeft. Het zijn juist de extra jaren na het moment van investeren, die het eigen vermogen doen stijgen. En omdat in het basismodel het einde van de planningsperiode dichterbij het moment van investeren ligt, is de solvabiliteit lager. Wanneer een vergelijking wordt gemaakt met de eindbalans van het derde jaar van het eindresultaat van Kostelijk, komt de solvabiliteit aardig overeen met die van het eindresultaat van het basismodel (zie tabel 3.3).

Tabel 3.3. Overzicht van de eindresultaten van de optimalisering van het basismodel en het model van Kostelijk.

	basismodel	Kostelijk t5	Kostelijk t3
toename eigen vermogen	F 444.261,50	F 531.569,--	F 341.101,--
solvabiliteit	47,0 %	59,2 %	48,3 %

Na deze dynamisch lineaire optimalisatie van het basismodel kunnen we, aan de hand van de resultaten, de streefniveaus bepalen van de verschillende doelstellingen, die in de MCDM-methoden zullen worden opgenomen. Streefniveaus zijn de waarden van de doelstellingen, die de ondernemer als ideaal ziet. Bij het bepalen van de streefniveaus moet er op gelet worden dat deze zodanig gekozen worden dat nooit alle doelstellingen bereikt kunnen worden. Dit, om het algoritme te dwingen een afweging tussen de verschillende doel-

stellingen te maken. Daarom is het verstandig om het streefniveau van de doelstelling, die betrekking heeft op de stijging van het eigen vermogen, op F 450.000,- vast te stellen. Dit ligt iets hoger dan de uitkomst van de dynamisch lineaire programmering, die tot F 444.261,50 kwam. Daarbij wordt er voor de privé-opnamen een streefniveau van F 45.000,- per jaar gekozen, wat F 5.000,- meer is dan de minimumeis van het basismodel.

De doelstelling, die betrekking heeft op de schuldenlast van het bedrijf, richtte zich op de middellange kredieten. Arbitrair werd besloten dat de schulden van de middellange termijn niet meer dan F 500.000,- per jaar mochten bedragen op de eindbalans. Tenslotte wordt voor de arbeidsdoelstelling aangenomen dat het niet wenselijk zou zijn dat de vaste arbeidskrachten op het bedrijf overuren maken. En ten aanzien van het gasverbruik op het bedrijf wordt gestreefd naar een verlaging van het gemiddeld verbruik.

In het volgende hoofdstuk zal de invulling van de verschillende doelstellingen nader worden uitgewerkt en zal worden aangegeven hoe deze doelstellingen in concreto aan het basismodel werden toegevoegd om een begintableau te krijgen voor de doelprogrammerings-technieken.

4. DE GEWOGEN DOELPROGRAMMERING

De gewogen doelprogrammering (Weighted Goal Programming (WGP)) was de eerste vorm van Multiple Criteria Decision Making, die onderzocht werd. Reden hiervoor was het feit dat met de reeds bestaande en gebruikte programmatuur, het Landdo-programma, deze methode kon worden uitgevoerd. Dit is ook de methode, die Pisters (1985) in zijn onderzoek gebruikt heeft.

4.1 De methode

Bij de gewogen doelprogrammering staat het afwegen van de doelstellingen ten opzichte van elkaar centraal. In een optimalisatie worden alle opgenomen doelstellingen simultaan tegen elkaar afgewogen. Hierin is een verklaring te vinden voor het gebruik van de term "gewogen". Alle doelstellingen, voor zover ze in het model zijn opgenomen, wegen mee, waarbij het mogelijk is dat de ene doelstelling zwaarder meeweegt dan de andere. Dit in tegenstelling tot de lexicografische doelprogrammering, die in het volgende hoofdstuk aan de orde zal komen.

Om tot een gelijktijdige afweging van alle doelstellingen te komen is het noodzakelijk dat deze doelstellingen op de een of andere manier hun invloed uitoefenen op de objectfunctie. Een objectfunctie, zoals die bij de dynamisch lineaire programmering is gebruikt, met per activiteit de invloed op het eigen vermogen, voldoet dus niet bij de gewogen doelprogrammering.

Om het bovenstaande, een objectfunctie met daarin uitgedrukt de invloed van de verschillende doelstellingen, te bereiken moeten naast de normale beperkingen uit het basismodel een aantal additionele regels worden opgenomen. In de P_0 -kolom van deze regels vinden we de streefniveaus terug, die aan de hand van de uitkomsten van de dynamisch lineaire programmering werden vastgesteld. Het teken dat is opgenomen op deze regels is een "="-teken. De coëfficiënten, die op deze regels voorkomen, geven de invloed weer van de betrokken activiteit op de desbetreffende doelstelling.

Wanneer we de privé-opnamen als voorbeeld nemen, met een streefniveau van F 45.000,- in de P_0 -kolom (in F 1.000,-) en po. als activiteit voor de privé-opnamen (in F 1.000,-), kunnen we dit als volgt weergeven:

$$45 = p_o \cdot x_1$$

Tot dusver hebben we een "="-beperking gekregen, dat wil zeggen dat de elementen van de basisoplossing vermenigvuldigd met hun bijbehorende coëfficiënten samen gelijk moeten zijn aan het streefniveau op de betreffende regel. Het voorbeeld heeft maar één coëfficiënt op de regel van de doelstelling, zodat de privé-opnamen gelijk moeten zijn aan F 45.000,--. Dit zou leiden tot onoplosbare situaties, omdat de doelstellingen zo zijn opgenomen, dat nooit alle doelstellingen bereikt kunnen worden. Het moet dus mogelijk worden gemaakt om van de streefniveaus af te wijken, zowel in positieve als in negatieve zin. Per regel wordt daarom een negatieve en een positieve afwijkingsvariabele opgenomen, die naast de overige activiteiten als extra activiteiten meedraaien. De coëfficiënt van de negatieve afwijkingsvariabele is altijd 1. Immers bij een negatieve afwijking van het streefniveau is een positieve compensatie nodig om beide delen van de vergelijking weer gelijkwaardig aan elkaar te maken. Omgekeerd is de coëfficiënt van de positieve afwijkingsvariabele altijd -1.

Wanneer we de negatieve afwijkingsvariabele met n weergeven en de positieve met p , krijgen we:

$$45 = (p_o \cdot x_1) + n - p$$

De objectfunctie moet nu nog dusdanig worden aangepast, dat alle doelstellingen gelijktijdig tegen elkaar afgewogen kunnen worden. Dit gebeurt door aan de afwijkingsvariabelen "gewichten" te hangen, die in de objectfunctie meewegen. Tijdens de optimalisatie is het dus de bedoeling dat de som van de produkten van de afwijkingsvariabelen en hun gewichten geminimaliseerd wordt. Het zijn dus alleen de afwijkingsvariabelen, die invloed hebben op de objectfunctiewaarde.

Om de $z_j - c_j$ -waarden, de bovengenoemde "gewichten", te bepalen wordt de volgende formule gehanteerd:

$$z_j - c_j = L_i \times 100 \times (n_i/b_i)$$

Hierbij is n_i de eenheid van de negatieve afwijkingsvariabele. Deze wordt dus op 1 gesteld. Wanneer we met een positieve afwijkingsvariabele te maken hebben, wordt n_i vervangen door p_i . Maar ook dan kan hiervoor de waarde 1 worden opgenomen, omdat de afwijkingsvariabelen per eenheid van 1 opgenomen worden in het model. Gevolg hiervan is een vereenvoudigde formule:

$$z_j - c_j = L_i \times (100/b_i)$$

In deze formule wordt het streefniveau weergegeven door b_i . Het komt er dus op neer, dat de procentuele afwijking van het streefniveau als maatstaf gebruikt wordt bij de optimalisatie. Tenslotte is het mogelijk, wanneer een doelstelling belangrijker geacht wordt dan de overige, extra gewicht te geven aan een doelstelling door toepassing van een multiplicatief gewicht, weergegeven door L_i . In de eerste programmering met deze methode zullen we er echter vanuit gaan dat alle doelstellingen even belangrijk zijn en dat alle L_i -waarden 1 zullen zijn.

Wanneer we de bovenstaande formule nader beschouwen wordt duidelijk, dat we nooit een streefniveau van nul voor een doelstelling op kunnen nemen. In een dergelijke situatie zou het onmogelijk zijn om de $z_j - c_j$ -waarden van de bijbehorende afwijkingsvariabelen te bepalen. Bij het opstellen van de doelstellingen en het bepalen van de streefniveaus moet hier terdege rekening mee gehouden worden.

4.2 De vijf doelstellingen

In deze paragraaf zal worden uitgelegd hoe de verschillende doelstellingen in het model voor de gewogen doelprogrammering zijn opgenomen en welke gevolgen dit heeft voor de overige activiteiten en beperkingen van het model.

De eerste doelstelling was het behalen van een toename van het eigen vermogen van minimaal F 450.000,--. Hiervoor werd een nieuwe regel opgebouwd met daarop, per activiteit, een coëfficiënt, die de invloed van de activiteit op het eigen vermogen uitdrukt. Voor deze doelstelling leverde dit geen problemen op, omdat deze regel in het basismodel terug te vinden was als objectfunctie. Deze objectfunctie werd in zijn geheel overgenomen en toegevoegd onder de beperkingen van het basismodel. In de P_0 -kolom werd de waarde 450 opgenomen ($\times$ F 1.000,--) en als teken het "="-teken. Verder werd een positieve en een negatieve afwijkingsvariabele toegevoegd. De $z_j - c_j$ -waarde van de negatieve afwijkingsvariabele bedroeg - 0.222, volgens de formule:

$$z_j - c_j = L_i \times (100/b_i) = 1 \times (100/450) = 0.222$$

Het "-"-teken werd toegevoegd, omdat de objectfunctie geminimaliseerd moest worden en het programma alleen tot maximaliseren in staat was. Omdat maximaliseren in het gebied kleiner dan nul hetzelfde resultaat oplevert als mini-

maliseren in het gebied groter dan nul, kon deze oplossing gebruikt worden. De z_j - c_j -waarde van de positieve afwijkingsvariabele werd op nul gesteld, omdat het niet erg zou zijn indien de toename van het eigen vermogen meer zou bedragen dan F 450.000,--. De positieve afwijkingsvariabele behoefde niet geminimaliseerd te worden.

Als tweede doelstelling moest het krediet worden opgenomen. Hierbij is alleen naar het middellang krediet gekeken, omdat deze vorm van krediet over verscheidene jaren loopt en omdat mag worden aangenomen dat een ondernemer, die een dergelijke doelstelling onderschrijft, in eerste instantie zal denken aan het vreemde vermogen dat over een langere periode moet zorgen voor een deel van de financiering van het bedrijf. Aangenomen is dat het totaal aan middellang krediet, dat in het bedrijf gestoken is, per jaar niet meer dan F 500.000,-- mag bedragen. Nu was het zo dat bij aanvang van de planningsperiode er op de bedrijfsbalans al een schuld stond, waarop jaarlijks F 23.500,-- moest worden afgelost. Deze schuld bedroeg aan het begin van de periode F 199.750,--. Hieruit volgt dat er in het eerste jaar maximaal

$$F\ 500.000,-- - F\ 199.750,-- = F\ 300.250,--$$

middellang krediet mag worden opgenomen. Wanneer er in het eerste jaar middellang krediet (MLK) wordt opgenomen, wordt een deel hiervan al in het tweede jaar afgelost. In het tweede jaar mag dan

$$F\ 300.250,-- + F\ 23.500,-- + \text{de aflossing van lening } t_1 - \text{MLK } t_1$$

opgenomen worden. Uiteindelijk viel deze doelstelling uiteen in drie regels, voor elk jaar één. Deze regels hadden in de P_0 -kolom streefniveaus van respectievelijk 300,25 , 323,75 en 347,25 ($\times$ F 1.000,--) voor de jaren t_1 , t_2 en t_3 . In tabel 4.1 is weergegeven hoe rekening is gehouden met de aflossingen tijdens de planningsperiode.

Bij het opnemen van de doelstelling van een zo laag mogelijk gasverbruik moest allereerst gezocht worden naar een meer concrete invulling van deze doelstelling. Gekozen werd voor een benadering, waarbij er naar gestreefd werd het gemiddeld gasverbruik na het eerste jaar met $5\text{ m}^3/\text{m}^2$ per jaar terug te brengen, vanaf een niveau van $50\text{ m}^3/\text{m}^2$ in het eerste jaar. Hier werd uitgegaan van de veronderstelling dat het gemiddeld gasverbruik zonder energiebesparende investeringen op $60\text{ m}^3/\text{m}^2$ per jaar lag. Door de toepassing van energiebesparende maatregelen en de bouw van energiezuinigere kassen werd het mogelijk gemaakt een verlaging van dit gemiddelde te bereiken.

Tabel 4.1. Deeltableau van het doelprogrammeringsmodel met betrekking tot de kredietdoelstellingen.

eenheid			P ₀	P ₁₀₃	P ₁₀₄	P ₁₀₅	P ₁₀₈	P ₁₀₉	P ₁₃₅	P ₁₃₆	P ₁₃₇	P ₁₃₈	P ₁₃₉	P ₁₄₀
Ondergrens				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bovengrens				999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
ML-krediet 01/01	t ₁	F 1000	0	1										
ML-krediet 01/01	t ₂	F 1000	0		1									
ML-krediet 01/01	t ₃	F 1000	0			1								
ML-krediet 31/12	t ₁	F 1000	0				1							
ML-krediet 31/12	t ₂	F 1000	0					1						
Krediet- doelstelling	t ₁	F 1000	300,3	1					1	-1				
Krediet- doelstelling	t ₂	F 1000	323,8	0,9	1		1				1	-1		
Krediet- doelstelling	t ₃	F 1000	347,3	0,8	0,9	1	0,9	1					1	-1
Objectfunctie			0	0	0	0	0	0	0	-0,3	0	-0,3	0	-0,3

P₁₀₃ : ML-krediet 01/01 t₁ (F 1000)

P₁₀₄ : ML-krediet 01/01 t₂ (F 1000)

P₁₀₅ : ML-krediet 01/01 t₃ (F 1000)

P₁₀₈ : ML-krediet 31/12 t₁ (F 1000)

P₁₀₉ : ML-krediet 31/12 t₂ (F 1000)

P₁₃₅-P₁₄₀ : afwijkingsvariabelen

Er was echter nog een ander probleem. In het eerste jaar kon alleen geteeld worden in de afdelingen I en II. Deze hadden een gezamenlijk oppervlak van 10.900 m^2 . Het bedrijf mocht dus

$$10.900 \text{ m}^2 \times 50 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{jaar} = 545.000 \text{ m}^3 / \text{jaar}$$

gas verstoken. Op de regel van de doelstelling voor het gasverbruik in t_1 werd dus een coëfficiënt opgenomen voor de activiteit van het gasverbruik en een positieve en een negatieve afwijkingsvariabele. Door in de P_0 -kolom het bedrag $545 (x 1000 \text{ m}^3)$ op te nemen was de doelstelling voor het eerste jaar correct opgenomen. Voor de twee overige jaren kon met deze toevoegingen niet worden volstaan. Immers nu was het mogelijk dat er nieuwe afdelingen in gebruik zouden worden genomen. Het totale beschikbare oppervlak zou dan op 20.850 m^2 kunnen komen. Maar wanneer dit met een gemiddeld gasverbruik van $45 \text{ m}^3/\text{m}^2$ per jaar vermenigvuldigd zou worden en de uitkomst in de P_0 -kolom zou worden gezet, zouden er rare dingen kunnen gebeuren. Wanneer bijvoorbeeld helemaal geen nieuwe afdelingen zouden worden gebouwd, zou het gemiddeld gasverbruik in de afdelingen I en II ongeveer $86 \text{ m}^3/\text{m}^2$ per jaar mogen bedragen:

$$(20.850 \times 45) / 10.900 = 86,08 \text{ m}^3 / \text{m}^2$$

Daarom werd in eerste instantie alleen uitgegaan van de afdelingen I en II. In de P_0 -kolom werd het streefniveau opgenomen, dat gebaseerd was op de oppervlakte van de afdelingen I en II. Wanneer de situatie zich zou voordoen dat afdeling III in t_2 in gebruik zou worden genomen, zou het gasverbruik met

$$4.725 \text{ m}^2 \times 45 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{jaar} = 212.625 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{jaar}$$

mogen stijgen. Daarom werd op de regel van de doelstelling van het gasverbruik in het tweede jaar een leverende coëfficiënt van $-212.625 (x 1000 \text{ m}^3)$ onder de activiteit "afdeling III betelen t_2 " opgenomen. Hetzelfde werd gedaan voor afdeling IV en voor beide afdelingen in het derde jaar, zoals in tabel 4.2 te zien is.

De doelstelling, die betrekking had op de privé-opnamen, was vrij eenvoudig op te nemen in het model voor de gewogen doelprogrammering. In het basismodel werd uitgegaan van een minimeis van F 40.000,--, die voor de gewogen doelprogrammering werd getransformeerd tot een streefniveau van F 45.000,-- per jaar. Omdat er sprake was van een streefniveau en juist niet van een minimeis, konden de drie activiteiten, die voor elk van de drie jaren deze minimeis oplegden, geschrapt worden. Wat overbleef was voor elk jaar een

Tabel 4.2. Deeltabel van het doelprogrammeringsmodel met betrekking tot de energiedoelstellingen in het tweede en derde jaar.

eenheid			P ₀	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₉₅	P ₉₆	P ₁₄₃	P ₁₄₄	P ₁₄₅	P ₁₄₆
Ondergrens				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bovengrens				1	1	1	1	1250	1250	999	999	999	999
Gas- verbruik	t ₂	10 ³ m ³	0	178,6		197,5		-1					
Gas- verbruik	t ₃	10 ³ m ³	0		178,6		197,5		-1				
Energie doel- stelling	t ₂	10 ³ m ³	490,5	-212,6		-235,1		1		1	-1		
Energie doel- stelling	t ₃	10 ³ m ³	436		-189		-209		1			1	-1
Objectfunctie				0	0	0	0	0	0	0	-0,2	0	-0,2

P₇ : afdeling III betelen

t₂

P₈ : afdeling III betelen

t₃

P₉ : afdeling IV betelen

t₂

P₁₀ : afdeling IV betelen

t₃

P₉₅ : gasverbruik

t₂

(1000 m³)

P₉₆ : gasverbruik

t₃

(1000 m³)

P₁₄₃-P₁₄₆ : afwijkingsvariabelen

regel met daarop onder de activiteit "privé-opnamen" een coëfficiënt van 1 en een positieve en een negatieve afwijkingsvariabele. Tabel 4.3 laat zien hoe dit er in tableau-vorm uitziet.

In de volgende tabel, tabel 4.4, is te zien hoe de doelstelling om zo min mogelijk overuren te maken is opgenomen in het begintableau. In het basismodel was sprake van drie soorten arbeid, die op het bedrijf beschikbaar waren. De ondernemer werkte maximaal 780 uur en daarnaast was vaste en losse arbeid beschikbaar. Ten aanzien van deze laatste doelstelling werd geen aandacht geschonken aan de losse arbeid. Deze arbeid, die steeds per maand moest worden opgenomen, was al aan maxima gebonden en het leek niet interessant om deze maxima te onderzoeken. Het kwam er dus op neer, dat gestreefd werd naar een arbeidsvraag, die kon worden opgelost door het inzetten van de arbeid van de ondernemer, de vaste arbeidskrachten en de losse arbeidskrachten. Wanneer dit niet mogelijk bleek konden de ondernemer en de vaste arbeidskrachten overwerken, doch dit moest zoveel mogelijk beperkt worden.

Voor de ondernemer werd een activiteit opgenomen, die in eenheden van een uur opgenomen kon worden in het eindtableau. De bovengrens van deze activiteiten (voor elk jaar één) werd gesteld op 1000 uur. Met een coëfficiënt van 1 werd deze activiteit op de regel van de doelstelling "minimale overuren ondernemer" gezet. Samen met een positieve en een negatieve afwijkingsvariabele werd dit geheel gekoppeld aan een streefniveau van 780 uur. De ondernemer kon dus maximaal 220 uur overwerken.

Ten aanzien van de vaste arbeidskrachten werd gesteld, dat het mogelijk was maximaal 10 % over te werken. Omdat het aantal vaste arbeidskrachten vast was gezet, kon er gewerkt worden met eenheden van 2, 5 en 5 uur voor de activiteiten "overwerk vaste arbeidskrachten" voor respectievelijk de jaren t_1 , t_2 en t_3 . Gevolg van dit alles was dat op de regels, die betrekking hadden op de arbeid op jaarbasis, de P_0 -waarde nul werd, omdat de arbeid van de ondernemer in een aparte activiteit was ondergebracht. Op de regels van de doelstellingen "minimale overuren vaste arbeidskrachten" kwamen tenslotte de streefniveaus 3640 uur (2×1820), 9100 uur en 9100 uur voor de jaren t_1 , t_2 en t_3 .

4.3 De resultaten

Nadat het basismodel was aangepast aan de specifieke eisen van de gewogen doelprogrammering, werd een aantal varianten doorgerekend. De eerste variant (WGP1) ging uit van het model, zoals dat in de vorige paragraaf is besproken. De wegingsfactoren L_i waren allen gelijk aan 1. WGP1 werd dus geoptimaliseerd

Tabel 4.3. Deeltableau van het doelprogrammeringsmodel met betrekking tot de doelstellingen ten aanzien van de prive-opnamen.

		eenheid	P ₀	P ₄₈	P ₄₉	P ₅₀	P ₁₄₇	P ₁₄₈	P ₁₄₉	P ₁₅₀	P ₁₅₁	P ₁₅₂
Ondergrens				0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bovengrens				100	100	100	999	999	999	999	999	999
Doelstelling prive-opnamen	t ₁	F 1000	45	1			1	-1				
Doelstelling prive-opnamen	t ₂	F 1000	45		1				1	-1		
Doelstelling prive-opnamen	t ₃	F 1000	45			1					1	-1
Objectfunctie				0	0	0	-2,2	0	-2,2	0	-2,2	0

P₄₈ : prive-opnamen t₁ (F 1000)

P₄₉ : prive-opnamen t₂ (F 1000)

P₅₀ : prive-opnamen t₃ (F 1000)

P₁₄₇-P₁₅₂ : afwijkingsvariabelen

Tabel 4.4. Deeltableau van het doelprogrammeringsmodel met betrekking tot de arbeidsdoelstellingen.

		eenheid	P ₀	P ₁₁	P ₁₂₆	P ₁₂₉	P ₁₅₃	P ₁₅₄	P ₁₅₉	P ₁₆₀
Ondergrens			1820	0	0	0	0	0	0	0
Bovengrens			1820	1000	182	999	999	999	999	999
Arbeid tot.	t ₁	uren	0	-2	-1	-2				
Arbeidsdoelstelling vaste arbeid	t ₁	uren	3640	2		2	1	-1		
Arbeidsdoelstelling ondernemer	t ₁	uren	780		1				1	-1
Objectfunctie				0	0	0	0	-0,03	0	-0,12

P₁₁ : uren vaste arbeidskrachten t₁ (uren)

P₁₂₆ : arbeid ondernemer t₁ (uren)

P₁₂₉ : overuren vaste arbeidskrachten t₁ (uren)

P₁₅₃-P₁₅₄ : afwijkingsvariabelen (vaste arbeid)

P₁₅₉-P₁₆₀ : afwijkingsvariabelen (ondernemer)

naar een zuivere weging van de procentuele afwijkingen van de vijf verschillende doelstellingen.

Het resultaat van WGP1 laat zien dat de doelstellingen ten opzichte van het middellang krediet, de privé-opnamen en de arbeid bereikt worden, terwijl de stijging van het eigen vermogen slechts F 191.397,12 bedraagt en het gasverbruik gedurende de gehele planningsperiode boven het streefniveau blijft. In bijlage 1 zijn deze cijfers terug te vinden en zijn ook voor alle overige, nog te bespreken varianten, de uitkomsten weergegeven.

In tabel 4.5 is weergegeven hoe de eindbalans van het bedrijf eruit ziet na WGP1. In het eerste jaar vinden de grootste investeringen plaats. Er wordt een rookgascondensor aangeschaft, er wordt geïnvesteerd in gevel- en buisisolatie en het kassencomplex wordt uitgebreid met afdeling III, uitgevoerd als "extra dicht". Daarnaast worden nog de twee verplichte vervangingsinvesteringen gedaan in jaar twee en drie. Op de creditzijde van de balans staat de belastingsschuld uit het derde planningsjaar. Deze bedraagt F 85.704,81. Verder staan er nog drie schulden, die als middellang krediet zijn opgenomen bij de bank.

Tabel 4.5. Eindbalans per 31-12-1987 voor WGP1.

bestaande be- drijfsuitrusting	F	260.224,--	belastingen	t ₃	F	85.704,81	
rookgas condensor	t ₁	F	47.701,--	MLK	t ₀	F	129.250,--
afdeling III ED	t ₁	F	411.192,--	MLK 01/01	t ₁	F	9.930,86
isolatie	t ₁	F	19.090,--	MLK 31/12	t ₁	F	260.271,31
vervangings- investering	t ₂	F	24.216,--				
vervangings- investering	t ₃	F	16.901,--				
kas	F	245.150,10	eigen vermogen	F	539.317,12		
	F	1.024.474,10		F	1.024.474,10		
	=====			=====			

De eerste bestaat al van voor de planningsperiode en de andere twee zijn respectievelijk aan het begin en aan het eind van het eerste planningsjaar opgenomen. Dit alles brengt het eigen vermogen na afloop van de planningsperiode op F 539.317,12, wat bij een totaal vermogen van F 1.024.474,10 resulteert in een solvabiliteit van 52,6 procent.

Na deze eerste gewogen doelprogrammering werd gekeken wat er zou gebeuren, wanneer de ondernemer een grotere stijging van zijn eigen vermogen zou verkiezen en de wegingsfactor L_{ev} voor de negatieve afwijkingsvariabele van het eigen vermogen, zou verhogen, terwijl de andere L_i onveranderd zouden blijven. In de praktijk werd echter $z_j - c_j$ in beschouwing genomen. Dit is gemakkelijker bij het invoeren van gegevens in de computer en het lezen van de output.

Allereerst werd gekeken hoever de $z_j - c_j$ -waarde van de negatieve afwijkingsvariabele van de eigen vermogen doelstelling ($= z_{ev} - c_{ev}$) verhoogd moest worden om een stijging van het eigen vermogen van F 450.000,-- te bereiken. Daarna werd de $z_{ev} - c_{ev}$ steeds kleiner gemaakt om te kijken waar het overgangsgebied was.

Dit overgangsgebied, dus het traject van $z_{ev} - c_{ev}$, waarin de stijging van het eigen vermogen gedurende de planningsperiode steeds groter wordt, bevond zich tussen een $z_{ev} - c_{ev}$ van ongeveer 0,5 en 2. In dit gebied werden drie

optimalisaties uitgevoerd met $z_{ev} - c_{ev}$ van achtereenvolgens 0,5 , 1 en 2.
Dus L_{ev} -s van respectievelijk 2,25 , 4,5 en 9.

$$0,5 = 2,25 \times 100 / 450$$

In de tabellen 4.6 , 4.7 en 4.8 zijn de eindbalansen opgenomen van deze programmeringen, genummerd: WGP2, WGP3 en WGP4.

Tabel 4.6. Eindbalans per 31-12-1987 voor WGP2.

bestaande bedrijfsuitrusting	F	260.224,--	belastingen	t_3	F	93.490,24
rookgas condensor	t_1	F 47.701,--	MLK	t_0	F	129.250,--
afdeling III ED	t_1	F 411.192,--	MLK 01/01	t_1	F	47.562,50
isolatie	t_1	F 19.090,--	MLK 31/12	t_1	F	216.016,50
vervangings-investering	t_2	F 24.216,--	MLK 31/12	t_2	F	188.090,50
afdeling IV ED	t_2	F 405.672,--				
vervangings-investering	t_3	F 16.901,--				
kas	F	112.747,30	eigen vermogen	F	623.333,56	
	F	1.297.743,30		F	1.297.743,30	
	= = = = =			= = = = =		

Tabel 4.7. Eindbalans per 31-12-1987 voor WGP3.

bestaande bedrijfsuitrusting	F	260.224,--	belastingen	t ₃	F	99.804,92
rookgas condensor	t ₁	F 47.701,--	MLK	t ₀	F	129.250,--
afdeling III ED	t ₁	F 411.192,--	MLK 01/01	t ₁	F	33.687,50
vervangings-investering	t ₂	F 24.216,--	MLK 31/12	t ₁	F	232.333,50
afdeling IV ED	t ₂	F 405.672,--	MLK 31/12	t ₂	F	144.482,41
vervangings-investering	t ₃	F 16.901,--				
kas	F	121.073,90	eigen vermogen	F	647.421,57	
	F	1.286.979,90		F	1.286.979,90	
	=====			=====		

Tabel 4.8. Eindbalans per 31-12-1987 voor WGP4.

bestaande bedrijfsuitrusting	F	260.224,--	belastingen	t ₃	F	134.379,60
rookgas condensor	t ₁	F 47.701,--	MLK	t ₀	F	129.250,--
afdeling III ED	t ₁	F 411.192,--	MLK 01/01	t ₁	F	33.687,50
afdeling IV ED	t ₁	F 348.173,--	MLK 31/12	t ₁	F	578.062,30
vervangings-investering	t ₂	F 24.216,--				
vervangings-investering	t ₃	F 16.901,--				
kas	F	564.892,40	eigen vermogen	F	797.920,--	
	F	1.673.299,40		F	1.673.299,40	
	=====			=====		

4.4 Discussie

Uit het voorafgaande zal duidelijk zijn dat de L_4 -gewichten grote invloed kunnen hebben op het resultaat van de gewogen doelprogrammering. Vier varianten van het model, die alleen verschillende L_{ev} -waarden hadden, werden geoptimaliseerd en leidden tot vier zeer verschillende bedrijfsplannen. In deze paragraaf zullen de resultaten van de L_{ev} -varianten van de gewogen doelprogrammering onderling vergeleken worden en zal ook een vergelijking worden gemaakt met het resultaat van de dynamisch lineaire programmering.

Wanneer de optimalisatie-resultaten in de aangegeven volgorde worden doorgenomen, valt allereerst de stijgende lijn van het eigen vermogen op. Dit is natuurlijk vanzelfsprekend, omdat dit nu juist het criterium was dat de volgorde van deze varianten bepaalde. Wanneer ook de resultaten in bijlage 1 in deze beschouwing worden betrokken, blijkt dat om tot een grotere stijging van het eigen vermogen te komen eerst het streefniveau van het middellang krediet (F 500.000,-- per jaar) overschreden moet worden. Hierdoor kan een stijging van een kleine F 300.000,-- worden bereikt, terwijl ook de doelstellingen ten aanzien van de privé-opnamen en de arbeid bereikt worden (WGP2).

Wanneer een nog grotere stijging van het eigen vermogen gewenst zou worden en zelfs een volledige bevrediging van de "eigen vermogen"-doelstelling, moet ook toegegeven worden op de doelstelling van de privé-opnamen. Dit houdt in, dat de privé-opnamen in het eerste jaar moeten dalen tot F 25.205,14. Voor beide andere jaren kan het streefniveau van F 45.000,-- per jaar wel bereikt worden.

De doelstelling, die betrekking heeft op het gasverbruik, wordt nooit volledig bevredigd. Technisch gezien is dit wel mogelijk, maar het opnemen van activiteiten in het eindtableau, die dit mogelijk zouden maken, veroorzaakt een zeer nadelige invloed op de overige doelstellingen. Wanneer er nieuwe afdelingen worden gebouwd, zijn deze altijd van het "extra dicht"-type. Het andere type, "dubbel glas", levert weliswaar een grotere energiebesparing op, maar vraagt om een grotere investering en gaat ook ten koste van een stuk productie, vanwege een grotere lichtreductie. Bij een geringe stijging van het eigen vermogen is het vooral in de eerste twee jaar nog wel mogelijk om in de buurt van het streefniveau van het gasverbruik te komen. Maar een grotere stijging van het eigen vermogen gedurende de planningsperiode gaat ten koste van het terugbrengen van het gemiddeld gasverbruik (zie bijlage 1).

Arbeid vormt nooit een beperking. Afhankelijk van de grootte van de uitbreiding van het kassencomplex gedurende de planningsperiode wordt een beroep gedaan op losse arbeid, maar nimmer wordt het maximum bereikt. Van overuren van vaste arbeidskrachten of van de ondernemer is dan ook al helemaal geen sprake.

Wanneer alle resultaten, van zowel alle doelprogrammeringen als de dynamisch lineaire programmering op een rijtje worden gezet, moet geconstateerd worden dat de laatste gewogen doelprogrammering, WGP4, het meest overeenkomt met de dynamisch lineaire programmering. Er worden dezelfde investeringen gepleegd, waardoor het gasverbruik en de inzet van losse arbeid hetzelfde zijn. De stijging van het eigen vermogen is na WGP4 iets hoger, vanwege het streefniveau. Daarnaast is de financiering anders opgebouwd. Onder invloed van de doelstelling om het uitstaande middellange krediet te beperken, wordt er in WGP4 wel WIR-krediet opgenomen, in tegenstelling tot de DLP. Ook is er verschil op het gebied van de privé-opnamen, waarvoor in WGP4 geen minima meer zijn. Hierdoor valt de privé-opname over het eerste jaar lager uit. Voor de overige jaren valt zij hoger uit, omdat het streefniveau van F 45.000,-- dan bereikt wordt en dit hoger ligt dan de minimumeis van F 40.000,-- in de DLP.

WGP1, de programmering die uitging van de zuivere procentuele afwijkingen van de streefniveaus, verschilt het meest van de DLP. Hiermee kan het nut van doelprogrammering aangetoond worden. WGP1 toont aan dat een afweging tussen de verschillende doelstellingen, waarbij alle doelstellingen even hoog gewaardeerd worden, een heel ander resultaat oplevert dan een programmering, waarbij één van de doelstellingen in de objectfunctie is opgenomen en de overige doelstellingen al of niet als voorwaarden in het model zijn opgenomen. Uit eerder beschreven eindbalansen is op te maken dat de investeringen tijdens beide programmeringen van elkaar verschillen. Gevolg van het lager investeringsniveau is dat er veel minder middellang krediet wordt opgenomen in de WGP1 en het gemiddeld gasverbruik over de jaren lager is. Hierbij kan jaarlijks F 45.000,-- aan privé-opnamen worden opgenomen. Wel moet bij dit alles opgemerkt worden dat de stijging van het eigen vermogen gedurende de planningsperiode ook beduidend lager is.

Uit het bovenstaande kan worden afgeleid dat in de DLP-optimalisatie van het driejarige bedrijfsplan de doelstelling van een zo groot mogelijke toename van het eigen vermogen zwaar heeft meegewogen. Het bezwaar bij normale lineaire programmering van een enkele objectfunctie, waarop dit hele onderzoek gebaseerd is, wordt dus hier aangetoond. Slechts wanneer de beslisser/ondernemer in zijn afweging de toename van het eigen vermogen negen keer (of meer) belangrijker vindt dan alle overige doelstellingen geeft de dynamisch

lineaire programmering een, voor de ondernemer, wenselijk optimaal plan. Het bezwaar van een enkele objectfunctie is dan niet gefundeerd.

In WGP4 werd een toename van het eigen vermogen van F 450.000,-- bereikt, gelijk aan het streefniveau. Wat in de programmering gebeurde was het volgende. In onderlinge afweging werden de doelstellingen geoptimaliseerd. De doelstelling met betrekking tot de toename van het eigen vermogen bereikte het streefniveau en werd niet meer meegenomen in de afweging. Onder het gegeven van een toename van het eigen vermogen van F 450.000,-- werden de overige doelstellingen verder geoptimaliseerd. Achteraf blijft dan de vraag wat er zou zijn gebeurd, wanneer het streefniveau bijvoorbeeld F 475.000,-- was geweest. Theoretisch is het mogelijk dat voor dezelfde waarde van de overige doelstellingen een toename van het eigen vermogen van F 475.000,-- mogelijk is in plaats van F 450.000,--. In dat geval (WGP4) is er sprake van een gedomineerde oplossing.

Tijdens de programmering zal het eigen vermogen stijgen met maximaal F 450.000,--, omdat dat immers het streefniveau is. Dat betekent voor het programma dus dat de ondernemer neutraal staat tegenover een nog grotere stijging van het eigen vermogen. Immers de z_j - c_j -waarde van de positieve afwijkingsvariabele is op nul gesteld. Dit is natuurlijk irreal.

Om te zien of dit probleem zich ook hier voordeed, werden twee extra programmeringen, WGPE1 en WGPE2, uitgevoerd. Zij kwamen overeen met respectievelijk WGP1 en WGP4, met uitzondering van het streefniveau van de "eigen vermogen"-doelstelling, die in de extra programmeringen verhoogd was tot F 475.000,--. Het resultaat van WGPE1 was exact gelijk aan het resultaat van WGP1, wat logisch is, omdat in WGP1 het streefniveau van F 450.000,-- niet bereikt werd. Maar WGPE2 was niet gelijk aan WGP4. Tijdens WGPE2 wordt het streefniveau van F 475.000,-- bereikt. De extra stijging ten opzichte van WGP4, ter waarde van F 25.000,--, gaat vooral ten koste van de privé-opnamen in het eerste planningsjaar (bijlage 1). In tabel 4.9 is de eindbalans van de planningsperiode na WGPE2 opgenomen. Uit het resultaat van WGPE2 blijkt dat het resultaat van WGP4 niet een gedomineerde oplossing was. In het geval van een gedomineerde oplossing zou de stijging van het eigen vermogen niet ten koste zijn gegaan van één van de andere doelstellingen. Toch was dit gevaar aanwezig. Om het gevaar van een gedomineerde oplossing te voorkomen zou overwogen kunnen worden om alle streefniveaus zo hoog of zo laag te zetten dat ze nooit bereikt kunnen worden. Dit zou de praktijkwaarde ook geweld aan doen. Stel de privé-opnamen worden op F 200.000,-- gezet en dit doel wordt in de optimalisering bereikt, terwijl de ondernemer in de praktijk aan F 45.000,-- genoeg heeft. Daarom is het beter om de streefniveaus zo goed

(reël) mogelijk te schatten en bij het bereiken van een streefniveau te onderzoeken wat de effecten zijn van een verhoging van het betreffende streefniveau.

Tabel 4.9. Eindbalans per 31-12-1987 voor WGPE2.

bestaande bedrijfsuitrusting	F	260.224,--	belastingen	t ₃	F	135.134,80
rookgas condensor	t ₁	F 47.701,--	MLK	t ₀	F	129.250,--
afdeling III ED	t ₁	F 411.192,--	MLK 01/01	t ₁	F	33.687,50
afdeling IV ED	t ₁	F 348.173,--	MLK 31/12	t ₁	F	555.558,10
vervangings-investering	t ₂	F 24.216,--				
vervangings-investering	t ₃	F 16.901,--				
kas	F	568.143,40	eigen vermogen	F	822.920,--	
	F	1.676.550,40		F	1.676.550,40	
	= = = = =			= = = = =		

5. DE LEXICOGRAFISCHE DOELPROGRAMMERING

De Lexicografische doelprogrammering (Lexicographic Goal Programming (LGP)) was de tweede vorm van Multiple Criteria Decision Making, die onderzocht werd. In dit hoofdstuk zullen de methode en de resultaten van de toepassing van de methode op het voorbeeld aan de orde komen. Maar allereerst zal worden ingegaan op het probleem van de operationaliteit van deze methode.

5.1 Inleiding

Het Landdo-programma kon niet gebruikt worden om een lexicografische doelprogrammering uit te voeren. Tijdens een lexicografische doelprogrammering werd weliswaar ook lineair geprogrammeerd, maar de specifieke bewerkingen van de lexicografische doelprogrammering waren onuitvoerbaar voor het Landdo-programma. Omdat het niet de bedoeling was om zelf een programma te ontwikkelen, werd een literatuurstudie opgezet en werden contacten gelegd met medewerkers van de vakgroep Wiskunde, om op deze wijze aan een geschikt model te komen.

In de gevonden literatuur kwam al snel het probleem naar voren dat er maar weinig werkbare modellen voor handen waren. Vele mensen houden zich bezig met het theoretische gedeelte van het gebied van de Multi Criteria Decision Making. Slechts enkelen komen tot computerprogramma's, die grotere modellen kunnen optimaliseren. Bijna altijd bleven de voorbeelden, die in de artikelen genoemd werden, beperkt tot modellen van kleine omvang, die handmatig ge-optimaliseerd werden.

In overleg met de heer Werrij van de vakgroep Wiskunde is gekeken of er ook programmatuur beschikbaar was in het bestand van de computers van de Landbouw Universiteit. Uiteindelijk werd zo'n programma gevonden in de SAS/OR users guide (SAS, 1985). Hierin werd een klein voorbeeld behandeld, waarmee via het programma een lexicografische doelprogrammering werd uitgevoerd. Volgens deze manual kon dit gemakkelijk gebeuren door het model in te voeren, samen met een zogenaamd macro, die de commando's bevatte om de specifieke bewerkingen van de lexicografische doelprogrammering uit te voeren.

Helaas bleek dat het VMS-operating system van de VAX-computer niet geavanceerd genoeg was om de macro's in de SAS-taal te vertalen. Om dit probleem op te lossen moest het hele macro omgezet worden in "losse" SAS-commando's, die wel door het VMS-operating system vertaald konden worden en uiteindelijk hetzelfde resultaat zouden opleveren. Dit leverde vele problemen op, die allen konden worden opgelost met de hulp van de heer Werrij.

Dat het VMS-operating system voor de SAS-programmatuur niet het meest efficiënte systeem is, bleek ook bij het opbouwen van de matrix. Het SAS-pakket kent een mogelijkheid tot "named input", wat inhoudt dat in de beginmatrix alleen de coëfficiënten met een waarde ongelijk aan nul ingevoerd hoeven te worden. Ook deze mogelijkheid bleek in de praktijk op de VAX-computer van de LUW niet te functioneren. Dit probleem was echter snel op te lossen door het schrijven van een programma, dat hierbij behulpzaam was (zie bijlage 2). Nadat het begintableau en de specifieke bewerkingen waren opgenomen in een file, die als invoer diende voor het SAS-programma, de zogenaamde "datastep", kon een lexicografische doelprogrammering uitgevoerd worden.

5.2 De methode

Bij het opstellen van het specifieke tableau voor de lexicografische doelprogrammering werd uitgegaan van het tableau dat gebruikt werd voor de gewogen doelprogrammering.

Ook bij de lexicografische doelprogrammering wordt gewerkt met streefniveaus, die als speciale regels met een "="-teken in het begintableau worden opgenomen. Het verschil tussen de gewogen doelprogrammering en de lexicografische doelprogrammering is te vinden in de objectfunctie. Bij de gewogen doelprogrammering wordt gewerkt met één objectfunctie, waarin de verschillende doelstellingen, via de bijbehorende afwijkingsvariabelen, in een bepaalde verhouding tegen elkaar worden afgewogen. Voor alle doelstellingen zijn dus z_j - c_j -waarden terug te vinden in de objectfunctie. Bij de lexicografische doelprogrammering is dit niet zo. Hierbij worden de doelstellingen niet simultaan tegen elkaar afgewogen, maar worden ze na elkaar nagestreefd. De beslisser zal dus een bepaalde volgorde (lexicografisch) aan moeten geven, waarin de verschillende doelstellingen geoptimaliseerd moeten worden (Romero, 1984).

Om verwarring door wisselend gebruik van terminologie te voorkomen zal hier getracht worden duidelijk te maken op welke manier de doelstellingen binnen de lexicografische doelprogrammering ingedeeld worden. In de gewogen doelprogrammering werden vijf doelstellingen onderscheiden. Behalve de "eigen vermogen"-doelstelling werden alle doelstellingen per jaar opgenomen. De "ar-

heid"-doelstelling werd zelfs in zes regels opgenomen in het model. Bij de lexicografische doelprogrammering noemt men de vijf, ruw geformuleerde, doelstellingen prioriteit-niveaus, aangeduid met de letter Q. Deze prioriteit-niveaus bestaan dan uit één (eigen vermogen) of meer doelstellingen. Wanneer een prioriteit-niveau verschillende doelstellingen omvat is het mogelijk om deze doelstellingen verschillende gewichten te geven.

In de inleiding van dit hoofdstuk is al vermeld welk programma werd gebruikt om de lexicografische doelprogrammering uit te voeren. Hieronder zal dit programma verder worden besproken en zal duidelijk worden hoe de lexicografische programmering werkt.

Om met het SAS-pakket te kunnen werken moet een datastep opgebouwd worden. Dit houdt in dat een file wordt opgebouwd met daarin de SAS-commando's, die aan moeten geven wat er moet gebeuren, en de data-gegevens waar die bewerkingen op moeten worden uitgevoerd. In bijlage 3 is een voorbeeld van een datastep weergegeven. Het programma begint met het inlezen van de matrix van beperkingen en activiteiten, inclusief streefniveaus, die het model vormen van het bedrijf. Daarna worden de objectfuncties ingelezen.

In dit geval hebben we te maken met vijf objectfuncties. Dit zijn de al eerder genoemde prioriteit-niveaus. De vijf prioriteit-niveaus zijn dus weergegeven in vijf objectfuncties. Voor alle coëfficiënten in deze objectfuncties wordt een nul ingelezen, behalve voor de coëfficiënten van de afwijkingsvariabelen, die betrekking hebben op de objectfunctie in kwestie en werkelijk geminimaliseerd moeten worden. Zo heeft de objectfunctie, die betrekking heeft op de toename van het eigen vermogen, slechts één coëfficiënt ongelijk aan nul. Dit is de coëfficiënt, die bij de negatieve afwijkingsvariabele hoort. De positieve afwijkingsvariabele hoeft niet werkelijk te worden geminimaliseerd, omdat een toename van het eigen vermogen, die groter is dan het streefniveau, niet betreurd zal worden door de beslisser. De coëfficiënt van de negatieve afwijkingsvariabele is gelijk aan één, terwijl het programma ervan uitgaat dat alle objectfuncties geminimaliseerd dienen te worden. Er zal dus in een optimalisatie van deze objectfuncties getracht worden de negatieve afwijkingsvariabele zo klein mogelijk te houden.

Bij de andere objectfuncties wordt op dezelfde manier gewerkt en wordt ook een coëfficiënt van één ingevoerd voor de beslissende afwijkingsvariabelen. Deze afwijkingsvariabelen hadden ook in de gewogen doelprogrammering een coëfficiënt ongelijk aan nul in de objectfunctie. Wanneer een prioriteit-niveau nu verscheidene doelstellingen omvat kan onderscheid in belang tussen de doelstellingen gemaakt worden door deze coëfficiënten te verhogen, waardoor een zelfde waarde van de afwijkingsvariabele een grotere bijdrage levert aan de waarde van de objectfunctie.

In de volgende stap worden alle objectfuncties als beperking overgeschreven, waarbij in de P_0 -kolom wordt opgenomen dat de som van het produkt van de activiteiten en bijbehorende coëfficiënten niet kleiner mag zijn dan -9999999. Dit betekent dat we hier te maken hebben met beperkingen, die nooit "actief" zullen worden.

Daarna wordt de eerste objectfunctie weer omgebouwd en de naam "current objective" gegeven. Dit houdt in, dat het model eerst voor deze objectfunctie geoptimaliseerd zal worden. Voor deze objectfunctie wordt de P_0 -kolom weer vervangen door een commando om te minimaliseren. Nu is het model klaar om voor de eerste keer geoptimaliseerd te worden. Na deze eerste normale lp-procedure wordt een duale stap uitgevoerd, die tot doel heeft de uitkomst van de eerste gewone lp-procedure op te nemen in het model (Beek, 1983). Het is namelijk zo, dat in een lexicografische doelprogrammering de prioriteit-niveaus na elkaar worden geoptimaliseerd, waarbij wordt gestopt wanneer voor een geoptimaliseerde objectfunctie geen nul kan worden bereikt. Wanneer nu voor de eerste objectfunctie nul kan worden bereikt, wordt de tweede objectfunctie geminimaliseerd onder de extra voorwaarde dat het streefniveau dat overeenkomt met de eerste objectfunctie bereikt moet worden. Zo zal, indien voor de tweede objectfunctie ook nul bereikt wordt, de derde objectfunctie onder twee extra voorwaarden geminimaliseerd moeten worden, te weten het behalen van het streefniveau behorende bij de eerste objectfunctie en het bereiken van het streefniveau behorende bij de tweede objectfunctie.

Het toevoegen van deze extra voorwaarden gebeurt tijdens de uitvoering van het SAS-programma met behulp van een duale stap. Hierbij wordt de eerste objectfunctie als beperking opgenomen, waarbij de som van de produkten van de afwijkingsvariabelen en de coëfficiënten kleiner of gelijk moet zijn dan het behaalde resultaat van de optimalisatie van de eerste objectfunctie, welke geminimaliseerd werd tot de waarde nul. Via een duale optimalisatie wordt deze beperking vervolgens opgenomen in het model, waarna deze effectief zal zijn tijdens de optimalisaties van de volgende objectfuncties.

In de primale output van het model wordt vervolgens de tweede objectfunctie omgebouwd van een niet effectieve beperking tot een echte, te minimaliseren, objectfunctie. Dan volgt weer een normale lp-procedure, waarna, indien de uitkomst van deze optimalisatie weer nul is, de tweede objectfunctie weer als effectieve beperking ingebouwd wordt in het model. Op deze manier gaat de methode door tot alle objectfuncties zijn geoptimaliseerd of een van de objectfuncties niet geminimaliseerd kan worden tot nul.

Dit laatste is een theoretische wens, waaraan het SAS-programma niet kan voldoen. Wanneer een prioriteit-niveau niet bereikt kan worden en de objectfunctie dus groter is dan nul, moet men de uitkomst van deze laatst geopti-

maliseerde objectfunctie zien als optimale uitkomst van de totale lexicografische doelprogrammering (Romero, 1984). Het SAS-programma doet dit niet en gaat door met de volgende objectfunctie, terwijl de objectfunctie met een waarde groter dan nul als beperking wordt opgenomen, waarbij de minimale uitkomst van deze objectfunctie in de P_0 -kolom wordt opgenomen en niet overschreden mag worden. In de praktijk werd de tussenoplossing van de eerste optimalisatie, die geen nul opleverde, als optimale oplossing van programmeringsvariant beschouwd en werden alle bewerkingen na deze optimalisatie buiten beschouwing gelaten.

5.3 De resultaten

Om de eerste lexicografische programmering uit te kunnen voeren moest eerst een aanname worden gemaakt met betrekking tot de volgorde waarin de doelstellingen geoptimaliseerd moesten worden. Het aangeven van de prioriteit-niveaus dus. Dit is in de praktijk de taak van de ondernemer, maar omdat in dit onderzoek met een modelbedrijf gewerkt werd, was deze niet voorhanden. Deze lexicografische volgorde werd aan de hand van de eerder behaalde resultaten en met gebruik van het gezonde verstand opgesteld.

In de situatie van de eerste optimalisatie LGP1 werd ervan uitgegaan, dat allereerst de doelstellingen ten aanzien van de privé-opnamen bereikt moesten worden. Daarna moest er dan voor gezorgd worden dat aan de "krediet"-doelstelling voldaan werd. Kon aan al deze doelstellingen voldaan worden, dan moest de stijging van het eigen vermogen als doelstelling geoptimaliseerd worden, waarna de doelstellingen met betrekking tot het gasverbruik volgden. Tenslotte moest er naar worden gestreefd dat er geen overuren werden gemaakt door vaste arbeidskrachten, inclusief de ondernemer zelf.

De volgorde van de prioriteit-niveaus was dus: $Q(p)$, $Q(k)$, $Q(e)$, $Q(g)$ en $Q(a)$. De volgorde van de prioriteit-niveaus werd vooral bepaald door uit te gaan van het idee dat de ondernemer allereerst kijkt naar zijn bedrijf als inkomen-verschaffende activiteit, waarbij hij liever geen grote (krediet) risico's neemt en het niet erg vindt om extra te werken. Tijdens de optimalisatie konden de streefniveaus van de eerste twee prioriteit-niveaus bereikt worden, maar werd het derde prioriteit-niveau, een stijging van het eigen vermogen van F 450.000,-, niet bereikt. Het eindtableau van de optimalisatie van dit derde niveau was dus het eindresultaat van de eerst lexicografische doelprogrammering (LGP1).

In bijlage 1 is het resultaat van deze programmering weergegeven, terwijl in tabel 5.1 de eindbalans is opgenomen. De stijging van het eigen vermogen

Tabel 5.1. Eindbalans per 31-12-1987 voor LGP1.

bestaande be- drijfsuitrusting	F	260.224,--	belastingen	t ₂	F	91.782,01	
rookgas condensor	t ₁	F	47.701,--	MLK	t ₀	F	129.250,--
afdeling III ED	t ₁	F	411.192,--	MLK 31/12	t ₁	F	271.950,--
vervangings- investering	t ₂	F	24.216,--				
vervangings- investering	t ₃	F	16.901,--				
kas	F	296.054,--	eigen vermogen	F	563.305,99		
	F	1.056.288,--		F	1.056.288,--		
		=====			=====		

bedraagt slechts F 215.385,99 met een solvabiliteit van 53,3 procent. Onder invloed van een beperkte opname van middellang krediet wordt slechts één nieuwe afdeling gebouwd, waardoor de mogelijkheden voor een grotere stijging van het eigen vermogen beperkt worden. Opvallend in deze uitkomst is ook dat de ondernemer 220 uur per jaar overwerkt.

Na de eerste lexicografische optimalisatie, die duidelijk een kleinere stijging van het eigen vermogen liet zien dan de dynamisch lineaire programmering, lag het voor de hand om een tweede variant te optimaliseren, waarbij de "eigen vermogen"-doelstelling allereerst bereikt moest worden. De volgorde van de prioriteit-niveaus was als volgt: Q(e), Q(a), Q(k), Q(p) en Q(g). De optimalisatie van deze LPG2 loopt ook weer bij het derde prioriteit-niveau vast. In het eindresultaat wordt een stijging van het eigen vermogen van F 450.000,-- bereikt. Ook worden er geen overuren gemaakt. Tabel 5.2 laat de eindbalans zien na LGP2. Wanneer in bijlage 1 wordt gekeken, valt op dat de privé-opnamen nul bedragen gedurende de gehele planningsperiode. Dit is niet reëel, zoals duidelijk zal zijn.

Nadat LGP2 was uitgevoerd werden nog drie lexicografische doelprogrammeringen uitgevoerd. Hierbij stond de vraag centraal of, uitgaande van LGP1, het resultaat verbeterd kon worden door een andere volgorde van de prioriteit-niveaus te kiezen.

Tabel 5.2. Eindbalans per 31-12-1987 voor LGP2.

bestaande be- drijfsuitrusting	F	260.224,--	belastingen	t _a	F	126.775,--	
rookgas condensor	t ₁	F	47.701,--	MLK	t ₀	F	129.250,--
afdeling III ED	t ₁	F	411.192,--	MLK 01/01	t ₁	F	33.687,50
afdeling IV ED	t ₁	F	348.173,--	MLK 31/12	t ₁	F	517.760,--
vervangings- investering	t ₂	F	24.216,--	MLK 01/01	t ₂	F	15.674,50
vervangings- investering	t ₃	F	16.901,--				
isolatie	t ₃	F	24.639,--				
kas	F	488.021,--	eigen vermogen	F	797.920,--		
	F	1.621.067,--		F	1.621.067,--		
	=====			=====			

Allereerst werd LGP3 geoptimaliseerd. In LGP1 werd Q(a) niet bereikt. In LGP3 werd gekeken of Q(a) alsnog bereikt kon worden onder handhaving van de al eerder, als beperking opgenomen, bereikte prioriteit-niveaus Q(p) en Q(k). Dit gebeurde door Q(a) met Q(e) te combineren tot een prioriteit-niveau, die na Q(p) en Q(k) geoptimaliseerd werd. De volgorde van de prioriteit-niveaus was dus: Q(p), Q(k), Q(e + a), Q(g). Het resultaat, dat in tabel 5.3 en bijlage 1 is weergegeven, laat zien dat het mogelijk is om geen overuren te maken. Dit houdt echter wel in dat het eigen vermogen F 19.655,-- minder stijgt gedurende de planningsperiode. De resultaten van beide optimalisaties verschillen ook nog op andere punten, zoals blijkt uit de tabellen 5.1 en 5.3, maar in beide programmeringen worden Q(p) en Q(k) bereikt.

Na LGP3 werd de vraag gesteld of het feit dat Q(a) en Q(e) tot een prioriteit-niveau waren gecombineerd invloed had gehad op het eindresultaat van LGP3. Om een antwoord op deze vraag te krijgen werd LGP4 uitgevoerd, met: Q(p), Q(k), Q(a), Q(e), Q(g). Wanneer het combineren van de prioriteit-niveaus geen invloed had gehad, zou het resultaat van LGP4 gelijk moeten zijn aan LGP3. Dit was niet het geval. In LGP4 liep de optimalisatie vast op Q(e). De

Tabel 5.3. Eindbalans per 31-12-1987 voor LGP3.

bestaande bedrijfsuitrusting	F	260.224,--	belastingen	t ₃	F	86.354,39
rookgas condensor	t ₁	F 47.701,--	MLK	t ₀	F	129.250,--
afdeling III BD	t ₁	F 411.192,--	MLK 01/01	t ₁	F	9.930,86
isolatie	t ₁	F 19.090,--	MLK 31/12	t ₁	F	260.271,48
vervangings-investering	t ₂	F 24.216,--				
vervangings-investering	t ₃	F 16.901,--				
kas	F	250.123,--	eigen vermogen	F	543.640,27	
	F	1.029.447,--		F	1.029.447,--	
	= = = = =			= = = = =		

drie prioriteit-niveaus daarvoor werden bereikt, net als in LGP3. Opvallend is dat het niet maken van overuren in LGP4 maar F 3.013,-- kost aan eigen vermogen ten opzichte van LGP1 (zie tabel 5.4 en bijlage 1). Dit is F 16.642,-- (= 85 %) minder dan in LGP3.

Na LGP4 werd tenslotte LGP5 uitgevoerd, als variant op LGP4. Hierbij werden de twee laatste prioriteit-niveaus omgedraaid. Dus: Q(p), Q(k), Q(a), Q(g), Q(e). Uit het resultaat, weergegeven in tabel 5.5 en bijlage 1, blijkt heel duidelijk de invloed van een wisseling in volgorde van de prioriteitsniveaus. LGP 5 laat zelfs een daling van het eigen vermogen zien. Wanneer LGP4 en LGP5 met elkaar vergeleken worden is de conclusie gerechtvaardigd om te stellen, dat het extreem terugbrengen van het gemiddeld gasverbruik, zoals in de "gasverbruik"-doelstelling (Q(g)) geformuleerd is, niet rendabel is.

Tabel 5.4. Eindbalans per 31-12-1987 voor LGP4

bestaande be- drijfsuitrusting	F	260.224,--	belastingen	t ₃	F	91.098,60	
rookgas condensor	t ₁	F	47.701,--	MLK	t ₀	F	129.250,--
afdeling III ED	t ₁	F	411.192,--	MLK 31/12	t ₁	F	271.950,--
vervangings- investering	t ₂	F	24.216,--				
vervangings- investering	t ₃	F	16.901,--				
kas	F	292.358,--	eigen vermogen	F	560.293,40		
	F	1.052.592,--		F	1.052.592,--		
	=====			=====			

Tabel 5.5. Eindbalans per 31-12-1987 voor LGP5.

bestaande be- drijfsuitrusting	F	260.224,--	belastingen	t ₃	F	67.765,05	
rookgas condensor	t ₁	F	47.701,--	MLK	t ₀	F	129.250,--
afdeling III ED	t ₁	F	411.192,--	MLK 31/12	t ₁	F	271.950,--
isolatie	t ₁	F	19.090,--	MLK 01/01	t ₃	F	13.037,50
vervangings- investering	t ₂	F	24.216,--				
vervangings- investering	t ₃	F	16.901,--				
kas	F	0,--	eigen vermogen	F	297.321,45		
	F	779.324,--		F	779.324,--		
	=====			=====			

5.4 Discussie

Uit het voorafgaande is gebleken dat op zeer arbitraire wijze de volgorde van de prioriteit-niveaus tot stand is gekomen. Wanneer men bedenkt dat er bij een aantal van vijf prioriteit-niveaus ($5! =$) 120 combinaties van prioriteit-niveaus mogelijk zijn, zou men geneigd zijn weinig waarde te hechten aan de uitkomst van juist deze volgorde van prioriteit-niveaus. Toch is het niet nodig om alle 120 verschillende combinaties door te rekenen. Voor het resultaat van LGP1 maakt het niets uit of $Q(p)$ nu eerst werd bereikt of $Q(k)$. Evenmin of nadat aan $Q(e)$ voldaan was, wat voor de programmering mogelijk werd geacht, $Q(g)$ of $Q(a)$ geoptimaliseerd zouden worden. Het resultaat zou hetzelfde gebleven zijn, als $Q(e)$ geoptimaliseerd werd en niet bereikbaar was en $Q(p)$ en $Q(k)$ al als beperking in het model opgenomen waren. De combinaties

$Q(p), Q(k), Q(e), Q(g), Q(a)$

$Q(p), Q(k), Q(e), Q(a), Q(g)$

$Q(k), Q(p), Q(e), Q(a), Q(g)$

$Q(k), Q(p), Q(e), Q(g), Q(a)$

geven dus allen dezelfde uitkomst na lexicografische doelprogrammering. Het is dus zo, dat wanneer het prioriteit-niveau, dat niet meer bereikt kan worden, op de derde plaats staat in een rij van vijf, er vier verschillende volgorden van prioriteit-niveaus zijn, die dezelfde uitkomst hebben. Wanneer de programmering na het tweede of vierde prioriteit-niveau stopt, zijn er zes verschillende volgorden met eenzelfde uitkomst. En wanneer dit gebeurt na het eerste of vijfde prioriteit-niveau, vierentwintig.

Uit de resultaten van LGP1 en LGP2 blijkt dat het ontbreken van een onderlinge afweging tussen de verschillende prioriteit-niveaus tijdens de optimalisatie kan leiden tot irreële oplossingen. Hiermee wordt aangetoond dat ook voor de lexicografische doelprogrammering geldt dat niet volstaan kan worden met één berekening. Een aantal optimalisatievarianten moet het benodigde inzicht geven in de problematiek om het beste investeringsplan te kiezen.

Uit de resultaten van LGP3 en LGP4 blijkt dat men erg voorzichtig moet zijn met het combineren van prioriteit-niveaus. Het resultaat van LGP4 laat ook zien dat de doelstelling met betrekking tot het overwerken relatief eenvoudig en "goedkoop" (F 3.013,-) te realiseren is. Uit het resultaat van LGP5 blijkt dat het tegenovergestelde geldt voor de "gasverbruik"-doelstelling. Het volledig realiseren van deze doelstelling heeft wel een zeer nadelige invloed op de doelstelling met betrekking tot het eigen vermogen. Overwogen zou kunnen worden om de "gasverbruik"-doelstelling wat af te zwakken. Maar uit

alle lexicografische doelprogrammeringen, waarin $Q(g)$ niet werd geoptimaliseerd, blijkt dat zonder deze doelstelling het gasverbruik ook zou worden verminderd.

Het is daarom bij het gebruik van de lexicografische doelprogrammering aan te bevelen, na het optimaliseren van een aantal oriënterende varianten het aantal prioriteit-niveaus te reduceren, waardoor het mogelijk is de relaties tussen de overgebleven, belangrijkere, prioriteit-niveaus beter te analyseren. Wegens gebrek aan tijd is dit in dit onderzoek achterwege gelaten. Ook is er niet gekeken naar het gevaar van gedomineerde oplossingen, dat wel degelijk aanwezig is bij de lexicografische doelprogrammering, omdat dit al was gebeurd bij de gewogen doelprogrammering.

Wanneer we de resultaten van de verschillende gewogen en lexicografische doelprogrammering bekijken, dan is te zien dat bij beide methoden dezelfde verbanden naar voren komen voor het voorbeeld-bedrijf. De stijging van het eigen vermogen is sterk afhankelijk van de keuze of de ondernemer vast blijft houden aan een maximum van F 500.000,-- middellang krediet per jaar. Daarnaast heeft de hoogte van de privé-opnamen een invloed op de stijging van het eigen vermogen. Wat het gasverbruik betreft kan opgemerkt worden dat deze doelstelling, zoals die in deze publikatie geformuleerd werd, tegen alle economische doelstellingen ingaat. Doch bij een hoge waardering voor de stijging van het eigen vermogen blijkt dat een reductie van het gemiddeld gasverbruik mogelijk is.

Samengevat moet geconcludeerd worden, dat in dit geval een grote stijging van het eigen vermogen alleen mogelijk is wanneer er zwaar geïnvesteerd wordt en dat daarvoor financiële middelen beschikbaar moeten komen, zowel uit vreemd als uit eigen vermogen.

6. DE INTERACTIEVE DOELPROGRAMMERING

Na de toepassing van de gewogen doelprogrammering en de lexicografische doelprogrammering werd gezocht naar een interactieve methode, waarbij de "beslisser" het optimaliseringsproces kan sturen. Uiteindelijk werd een interactieve doelprogrammering toegepast, die door Rietveld (1980) is ontwikkeld.

6.1 Inleiding

Het kenmerkende van een interactief model is dat de beslisser niet van tevoren gegevens hoeft op te geven, zoals gewichten of volgorden van doelstellingen. Wel moeten de doelstellingen duidelijk omschreven worden en als vergelijkingen in het model worden opgenomen. Er hoeft dus niet van tevoren concreet aangegeven te worden hoe de doelstellingen zich in de nutsfunctie van de ondernemer met elkaar verhouden, zoals dit wel het geval was bij de twee voorgaande methoden. Immers bij de gewogen doelprogrammering moesten voor de programmering de gewichten L_i bepaald worden. En bij de lexicografische doelprogrammering moest de volgorde van de doelstellingen bepaald worden, voordat men met de programmering kon aanvangen. Tijdens een interactieve programmering ontstaat een verzameling van uitkomsten, waar de beslisser/ondernemer het plan uitkiest, dat hem het beste lijkt. Onbewust functioneert op dat moment het principe van de nutsfunctie (Brandes, 1982).

Het grote probleem bij het toepassen van deze methode was ook weer het vinden van een geschikt computermodel. In de literatuur werd een model gevonden dat een Multiobjective Programming uitvoerde (Zeleny, 1974). Het model werkte echter alleen bij problemen van erg kleine omvang en was dus niet bruikbaar. In het volgende hoofdstuk zal verder op deze methode worden ingegaan en zal nog een aantal andere artikelen genoemd worden.

Tijdens de literatuurstudie bleek dat ook in Nederland twee modellen waren ontwikkeld. Er werd contact gezocht met de auteurs van deze modellen (Spronk, 1980, Nijkamp, 1977, Rietveld, 1980). Het interactieve doelprogrammeringsmodel van professor Nijkamp en de heer Rietveld werd in dit hoofdstuk gebruikt om de verschillende doelstellingen op interactieve wijze te optimaliseren.

Het model van Rietveld was niet zonder meer toepasbaar op de VAX-computer van de LUW. Ook was de omvang van het probleem in deze publikatie dermate

groot, dat het programma niet in staat zou zijn dit te verwerken. Na een studie naar de opzet van het model, werd besloten om de methode deels handmatig en deels met behulp van de computer uit te voeren. En dan wel zo, dat het precies overeenkwam met de methode, die in het model van Rietveld gehanteerd werd. Handmatig werden alle specifieke bewerkingen uitgevoerd, terwijl alle optimaliseringen met behulp van de computer werden uitgevoerd. Hiervoor werd het al eerder genoemde DPLAD-programma gebruikt.

6.2 De methode

De interactieve doelprogrammering begint met het inlezen van de matrix met coëfficiënten en de objectfuncties, die de verschillende doelstellingen representeren. Vervolgens wordt voor elke opgenomen objectfunctie het model geoptimaliseerd, waarbij de objectfunctie, waarin de afwijkingsvariabele van de doelstelling is opgenomen, geminimaliseerd wordt. Bij J doelstellingen worden dus in de eerste stap van de eerste ronde J optimalisaties uitgevoerd. De resultaten van de optimalisaties worden in een zogenaamde Pay-off matrix weergegeven. Hierin staan op de regels de doelstellingen, die geoptimaliseerd werden, en in de kolommen de waarden van de doelstellingen bij de optimalisaties (tabel 6.1).

De optimale waarde van de eerste objectfunctie staat hierbij op de eerste regel, van de tweede objectfunctie op de tweede regel en van de j -de objectfunctie op de j -de regel. De ideale oplossing van het probleem staat dus op de diagonaal in de Pay-off matrix en bestaat uit $P_{11}, P_{22}, P_{33}, \dots, P_{JJ}$.

Wanneer deze Pay-off matrix is opgesteld worden compromisgewichten bepaald. Deze compromisgewichten zullen als z_j - c_j -waarden aan de afwijkingsvariabelen van de doelstellingen worden gehangen in de daarop volgende optimaliseringsstap. Het bepalen van de compromisgewichten wordt dus "handmatig" (met een zakrekenmachine) gedaan. Dit is een noodoplossing, die wanneer er sprake is van vele doelstellingen of van vele optimaliseringsronden de praktische uitvoerbaarheid van de methode in de weg kunnen staan.

Er zijn vele verschillende manieren om de compromisgewichten te bepalen. In dit onderzoek is dezelfde methode gekozen als in het model van Rietveld (Rietveld, 1980, onder "c" op blz. 94). Bij deze methode worden allereerst per doelstelling, dus per kolom in de Pay-off matrix, de beste en de slechtste waarde bepaald. De beste waarde staat op de diagonaal, zoals eerder is uitgelegd. De slechtste waarde wordt op de overige regels gezocht. Wanneer P_{aj} het slechtste resultaat is in de j -de kolom en P_{oj} het beste resultaat, dan

Tabel 6.1. Een Pay-off matrix.

	W_1	W_2	W_3	.	.	.	W_J
W_1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	.	.	.	P_{1J}
W_2	P_{21}	P_{22}	P_{23}	.	.	.	P_{2J}
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
W_J	P_{J1}	P_{J2}	P_{J3}	.	.	.	P_{JJ}

wordt voor deze j-de doelstelling de waarde

$$(P_o - P_s)_j^{-1} = M_j$$

opgenomen in de berekening van de compromisgewichten. Op deze manier worden dus de J M-waarden uitgerekend, die gesommeerd worden tot het getal T. Vervolgens worden alle waarden M_j gedeeld door T, zodat er J R_j -waarden ontstaan, die gesommeerd het getal 1 opleveren. Deze R_j -waarden zijn nu de z_j -c_j-waarden bij de volgende stap. Deze volgende stap is nu een gewogen doelprogrammering, die de eerste compromis-oplossing als resultaat heeft. De R_j -waarden worden opgenomen voor de afwijkingsvariabelen, die in de verschillende objectfuncties geminimaliseerd werden in de eerste stap.

Wanneer de gewogen doelprogrammering is uitgevoerd en de eerste compromis-oplossing bekend is, is de eerste ronde van de interactieve doelprogrammering afgerond. Om nu met de tweede ronde te beginnen moet de beslisser eerst aan de hand van de eerste compromis-oplossing bepalen welke doelstelling hij verder wil optimaliseren. Voor deze doelstelling wordt dan in het model een beperking opgenomen, die tot gevolg heeft dat de doelstelling in het vervolg alleen een waarde kan bereiken, die beter of gelijk is aan het resultaat van de betreffende doelstelling uit de eerste compromis-oplossing. Hierna wordt weer een Pay-off matrix bepaald door het model, met de extra beperking, weer voor alle objectfuncties te optimaliseren. Aan de hand van de Pay-off matrix worden weer voor alle objectfuncties compromisgewichten bepaald, waarna weer een gewogen doelprogrammering volgt.

Wanneer de uitkomst van de tweede compromis-oplossing de beslisser nog

niet aanstaat, kan op dezelfde wijze met een derde ronde worden aangevangen en kan men de procedure voortzetten tot de beslisser er tevreden over is.

6.3 De uitvoering en de resultaten

Om rekentijd te besparen en niet al te grote Pay-off matrices te krijgen werden voor deze methode twee doelstellingen geschrapt. In de discussie van het hoofdstuk over de lexicografische doelprogrammering werd al gesteld dat de "gasverbruik"-doelstelling en de "arbeid"-doelstelling weinig interessant waren. En het lag dan ook voor de hand om deze twee doelstellingen te schrappen.

Voor de doelstelling, die betrekking had op de stijging van het eigen vermogen, werd één objectfunctie opgenomen (W_1). In deze objectfunctie werden voor alle variabelen nullen opgenomen, behalve voor de negatieve afwijkingsvariabele van de betrokken doelstelling, waarvoor een $z_j - c_j$ -waarde van één werd opgenomen. Voor de doelstelling van middellang krediet werden drie objectfuncties opgenomen, voor elk jaar één, met daarin enen voor de positieve afwijkingsvariabelen. En voor de "privé-opnamen"-doelstelling werden ook drie doelstellingen opgenomen, maar hier met $z_j - c_j$ -waarden van één voor de negatieve afwijkingsvariabelen. Dit was dus vergelijkbaar met de manier waarop in de lexicografische doelprogrammering de verschillende doelstellingen geoptimaliseerd werden.

De streefniveaus van de opgenomen doelstellingen werden ook veranderd. En wel zo, dat het nooit mogelijk zou zijn om deze geheel te bevredigen. Voor de "krediet"-doelstellingen werd de waarde nul in de P_0 -kolom opgenomen en voor de andere doelstellingen 999. In totaal werd het model dus voor zeven doelstellingen geoptimaliseerd in de eerste ronde, wat de eerste Pay-off matrix opleverde (tabel 6.2). In tabel 6.2 staan ook de berekende R_j -waarden, die als $z_j - c_j$ -waarden in het model onder de betreffende afwijkingsvariabelen werden ingevoerd. Hierna werd het model, met een compromisdoelstelling van R_j -waarden, geoptimaliseerd. In tabel 6.3 is het resultaat van deze optimalisatie in de eerste ronde te zien, de eerste compromis-oplossing.

Wanneer de compromis-oplossing vergeleken wordt met de Pay-off matrix en de compromisgewichten, blijkt heel duidelijk dat door een scheve verhouding van de compromisgewichten het resultaat erg gunstig uitpakt voor W_2 , W_5 , W_6 en W_7 . Dit zou in het vervolg tot problemen leiden, zoals duidelijk zal worden.

Na deze compromis-oplossing werd aangenomen, dat het resultaat tot dusver nog niet bevredigend was voor de ondernemer en dat een tweede ronde zou volgen, waarin getracht zou moeten worden om W_1 te verbeteren. Er werd een

Tabel 6.2. Pay-off matrix van de eerste ronde.

	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7
W_1	574,605	53,9	757,363	693,809	0	0	0
W_2	0	0	0	0	0	0	0
W_3	0	0	0	0	0	0	0
W_4	0	0	0	0	0	0	0
W_5	0	0	0	0	100	0	0
W_6	0	0	0	0	0	100	0
W_7	0	0	0	0	0	0	100
R_j	0,0328	0,3497	0,0249	0,0272	0,1885	0,1885	0,1885

Tabel 6.3. Resultaat van de compromisoptimalisatie van de eerste ronde.

	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7
W_{com}	34,372	0	332,1849	304,6696	100	100	100

extra beperking in het model opgenomen, die inhield dat de negatieve afwijkingsvariabele van de "eigen vermogen"-doelstelling niet groter mocht worden dan 9964,628 (= 9999 - 34,372). Vervolgens werd begonnen met het model weer voor de zeven doelstellingen te optimaliseren. Dit leverde een nieuwe Pay-off matrix op, die in tabel 6.4 is weergegeven. Handmatig werden weer de compromisgewichten uitgerekend, waarna een compromis-optimalisatie werd uitgevoerd. Het resultaat, de tweede compromis-oplossing, is weergegeven in tabel 6.5.

Nu komt het probleem naar voren van de ongelijke verdeling van de compromisgewichten over de verschillende doelstellingen. De tweede compromis-oplossing is identiek aan de eerste. Wanneer verder zou worden geprogrammeerd zou weer hetzelfde resultaat bereikt worden en de berekening in een cyclus terecht komen. De berekening werd daarom beëindigd, waarna het resultaat kon worden opgemaakt.

Tabel 6.4. Pay-off matrix van de tweede ronde.

	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7
W_1	574,605	53,9	757,363	693,809	0	0	0
W_2	0	0	0	0	0	0	0
W_3	0	0	0	0	0	0	0
W_4	0	0	0	0	0	0	0
W_5	0	0	0	0	100	0	0
W_6	0	0	0	0	0	100	0
W_7	0	0	0	0	0	0	100
R_j	0,0348	0,349	0,0248	0,0271	0,1881	0,1881	0,1881

Tabel 6.5. Resultaat van de compromisoptimalisatie van de tweede ronde.

	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7
W_{com}	34,372	0	332,1849	304,6696	100	100	100

In bijlage 1 is weer de uitkomst van deze programmering, de interactieve, opgenomen en in tabel 6.6 staat de eindbalans van het plan zoals dat in het eindtableau van de laatste optimalisatie geformuleerd werd. De "middellang krediet"-doelstelling en de "privé-opnamen"-doelstelling worden bereikt. Opvallend is, dat er veel meer aan privé-opnamen wordt opgenomen dan het streefniveau aangaf. Gevolg hiervan is, dat meer vreemd vermogen geleend moet worden ter financiering van de investeringen. De stijging van het eigen vermogen is hierdoor gering en de solvabiliteit erg laag, vergeleken met de uitkomsten van voorgaande programmeringen (43,7 procent).

Tabel 6.6. Eindbalans per 31-12-1987 voor de interactieve programmering.

bestaande be- drijfsuitrusting	F	260.224,--	belastingen	t ₃	F	86.326,87	
rookgas condensor	t ₁	F	47.701,--	MLK	t ₀	F	129.250,--
afdeling III ED	t ₁	F	411.192,--	MLK 31/12	t ₁	F	261.479,33
vervangings- investering	t ₂	F	24.216,--	MLK 01/01	t ₂	F	15.675,--
vervangings- investering	t ₃	F	16.901,--				
kas	F	114.789,20	eigen vermogen	F	382.292,--		
	F	875.023,20		F	875.023,20		
	= = = = =			= = = = =			

6.4 Discussie

Het resultaat van de interactieve doelprogrammering geeft nog eens het verband aan tussen de privé-opnamen en de stijging van het eigen vermogen. Meer privé-opnamen betekent minder geld om in het bedrijf te investeren en, aangenomen dat de investeringen rendabel zijn, een kleinere stijging van het eigen vermogen. Dit is dan ook eigenlijk het enige, wat met de uitkomst van de programmering gedaan kan worden, want met zulke hoge privé-opnamen zal het weinig praktijkwaarde hebben. Om dergelijke problemen te voorkomen kunnen randvoorwaarden opgenomen worden, die de betreffende activiteiten aan maxima onderwerpen, die in, voor de ondernemer, redelijke mate boven de streefniveaus liggen.

Het is natuurlijk jammer dat de toepassing van de interactieve doelprogrammering op dit voorbeeld geëindigd is in een cyclus. Maar het feit dat de interactieve doelprogrammering hier niet helemaal naar wens gelopen is, wil niet zeggen dat het geen goede methode is. Wanneer men de doelstellingen zo weet op te stellen, dat de compromisgewichten met elkaar in verhouding liggen, kunnen hele goede resultaten worden geboekt (Rietveld, 1980).

Het probleem, dat in deze publikatie speelde, werd eigenlijk veroorzaakt door de streefniveaus. De "middellang krediet"-doelstelling was achteraf gezien

toch niet zo'n goede doelstelling, omdat het functioneerde met een streefniveau van nul. Dit lag voor de hand, omdat men immers geen negatief krediet kan opnemen, maar in de interactieve doelprogrammering zorgde dit voor moeilijkheden. Omdat het slechtste resultaat van W_2 telkens toch dichtbij nul lag, kreeg het een relatief groot compromisgewicht mee in de compromis-optimalisatie. Het is dus gevaarlijk om met streefniveaus ter waarde van nul te werken binnen de interactieve doelprogrammering.

Voor het slagen van deze methode is het dus noodzakelijk dat vanaf de eerste programmeringsronde het verschil tussen de beste en slechtste resultaten voor alle doelstellingen ongeveer even groot is. Dus met andere woorden dat vanaf de eerste compromis-optimalisatie de compromisgewichten in een evenwichtige verhouding tot elkaar staan.

Wanneer nu het eindresultaat van de programmering bekeken wordt, valt op dat de doelstellingen, die voor deze programmering werden verwaarloosd, toch redelijk benaderd zijn, vergelijkbaar met voorgaande programmeringen, waarin deze werden meegenomen. De uitkomst van de interactieve doelprogrammering lijkt sterk op de uitkomst van LGP1.

Een groot voordeel van de interactieve doelprogrammering is dat vooraf geen enkel onderscheid behoeft te worden gemaakt in het belang dat de verschillende doelstellingen hebben. Het inzicht in de problematiek en de keuze van de uiteindelijk optimale oplossing van het probleem kunnen worden bereikt in één interactieve programmering. Dit is eerder in dit hoofdstuk ook al aan de orde gekomen, maar het is belangrijk om dit te onthouden. Het is natuurlijk een heel interessant idee dat de beslisser/ondernemer bij de programmering aanwezig is (in de praktijk) en als het ware de optimalisatie kan sturen.

Een van de eerste voorwaarden voor een succesvol interactief gebruik is dan ook dat de output van het programma overzichtelijk en begrijpelijk moet zijn. Daarnaast mag er niet teveel tijd in de berekening gaan zitten, zowel tijd van de ondernemer en de wetenschapper als van de computer. Met de snelle ontwikkelingen op het gebied van computer hardware en software moet het mogelijk zijn betere computersprogramma's te ontwikkelen met betrekking tot de interactieve doelprogrammering.

7. ANDERE VORMEN VAN MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING

Tijdens de literatuurstudie naar bruikbare MCDM-methoden werd naast de in deze publikatie gebruikte methoden, nog een groot aantal verschillende methoden gevonden, waarvan enkele in dit hoofdstuk genoemd zullen worden.

Multiple Criteria Decision Making is een gebied dat nog volop in ontwikkeling is. Er worden veel methoden ontwikkeld, waarvan de een al verder en beter is uitgewerkt dan de ander. Er bestaat nog geen gestandaardiseerde indeling en/of benaming van de verschillende methoden. Dit alles betekent, dat er vrij veel over gepubliceerd wordt, maar ook dat er veel verwarring is op het gebied van de Multiple Criteria Decision Making.

Een groot gedeelte van de literatuur met betrekking tot MCDM handelde over de doelprogrammering, zowel de gewogen als de lexicografische. Over het algemeen voegden deze artikelen maar weinig toe aan de uitgangsliteratuur (Romero, 1984). Van de resterende artikelen handelden er vele over de multi criteria programmering (Multi Objective Programming (MOP)). Dit is een interactieve methode, die enigszins vergelijkbaar is, wat resultaten en toepassing betreft, met de interactieve doelprogrammering, die in hoofdstuk 6 besproken is.

Het probleem was echter dat er geen operationele computerprogramma's voor handen waren. Deze methode functioneert eigenlijk in twee stappen. In de eerste wordt gezocht naar een Pareto optimale set van oplossingen. Dit is een verzameling van oplossingen, die niet gedomineerd worden. Het begintableau wordt voor verschillende doelstellingen, ondergebracht in aparte objectfuncties, geoptimaliseerd tot een set van oplossingen is gevonden, die elkaar niet domineren. Dit houdt in, dat de oplossingen in deze verzameling op zijn minst voor één doelstelling een betere waarde hebben dan alle overige oplossingen. In de tweede stap wordt dan op de één of andere wijze gezocht naar de oplossing, die het beste is voor de betrokken ondernemer. Er zijn vele methoden ontwikkeld om deze stap uit te voeren. Het probleem is nu dat veel artikelen al uitgaan van het bestaan van een Pareto optimale set en gelijk beginnen met de tweede stap.

Zo ook Rothermel en Schilling (1986), die met een nieuwe methode proberen de moeilijkheden rond het aangeven van het belang en/of de volgorde van de

doelstellingen op te lossen. Door de ondernemer paarsgewijs de volgorde van de doelstellingen te laten bepalen, proberen zij inzicht te krijgen in de persoonlijke afweging van de doelstellingen door de ondernemer, wat dan weer zijn weerslag moet vinden in een verbetering van de multi criteria programmering.

Een methode en een computerprogramma om een Pareto optimale set te bepalen is beschreven in een boek van Zeleny (1974). Maar het programma was niet in staat om grotere matrices onder handen te nemen. En het was ook niet mogelijk om binnen het tijdsbestek van deze studie zelf de methode in een beter programma onder te brengen. Naast Zeleny zijn er nog anderen, waaronder Zionts (1976), die in hun artikelen aangeven op welke manier de Pareto optimale set wordt berekend. Ook Romero (1985a) noemt enkele methoden, maar werkt deze niet uit.

Naast de groep van artikelen over de doelprogrammering en de multi criteria programmering, was er nog een aantal artikelen dat andere methoden behandelde. Het was moeilijk deze methoden te plaatsen in de indeling zoals Pisters die in zijn scriptie beschreven heeft (Pisters, 1985). Een wat meer uitgewerkt overzicht is te vinden in tabel 7.1 (Minch, 1986), maar ook hier levert de nomenclatuur problemen op. De vraag bij deze tabel is waar zich de toegepaste methoden bevinden. Het is erg moeilijk hierop antwoord te geven, omdat Minch maar summier beschrijft wat hij onder de verschillende methoden verstaat. In volgorde van de hoofdstuk-nummering zouden de methoden terug te vinden zijn onder A2b, B3a en C3a.

In de hoofdindeling van de tabel is naast de groepen van toegepaste methoden nog een groep te onderscheiden, waartoe ook de methode, die uitgaat van het ideale punt, behoort. Romero en Rehman (1985a) geven een dergelijke methode onder de naam "Compromise Programming". Deze methode start met het vaststellen van het ideale punt van de ondernemer. Voor iedere doelstelling wordt de streefwaarde aangenomen. Vervolgens wordt volgens een bepaalde formule voor alle Pareto optimale oplossingen gekeken wat de afstand is tussen de waarde van de doelstellingen van de betrokken oplossing en de waarden van de doelstellingen in het ideale punt. De optimale oplossing is dan de oplossing, die het "dichtst" bij het ideale punt ligt. Voor een verdere uitwerking wordt verwezen naar de literatuur van Romero (1985a) en Zeleny (1974).

Naast de Compromise programming komt Romero ook met een "multi goal programming", die niet verder uitgewerkt wordt, maar tussen de doelprogrammering en de multi criteria programming zou liggen. En met een aanzet om risico te betrekken in de modellen met verschillende doelstellingen, wat tot grote verbeteringen van de planningsmethode kan leiden.

Er waren nog meer artikelen, waarin steeds weer op een andere wijze besproken werd hoe men in een keuzesituatie met verschillende criteria de beste

Tabel 7.1. Overzicht van het gebied van de MCDM naar Minch (1986).

Multiple Objective / Multiple Attribute Decision Methods

A. Weighting methods

1. Inferred preferences
 - a. Linear regression
 - b. Analysis of variance
 - c. Quasi-linear regression
2. Directly assessed preferences: general aggregation
 - a. Trade-offs
 - b. Simple additive weighting
 - c. Hierarchical additive weighting
 - d. Quasi-additive weighting
3. Directly assessed preferences: specialized aggregation
 - a. Maximin
 - b. Maximax

B. Sequential elimination methods

1. Alternative versus standard: comparison across attributes
 - a. Disjunctive and conjunctive constraints
2. Alternative versus alternative: comparison across attributes
 - a. Dominance
3. Alternative versus alternative: comparison across alternatives
 - a. Lexicography
 - b. Elimination by aspects

C. Mathematical programming methods

1. Global objective function
 - a. Linear programming
2. Goals in constraints
 - a. Goal programming
3. Local objectives: interactive
 - a. Interactive, multi criteria programming

D. Spatial proximity methods

1. Iso-preference graphs
 - a. Indifference map
 2. Ideal points
 - a. Multi-dimensional, non-metric scaling
 3. Graphical preferences
 - a. Graphical overlays
-

(optimale) beslissing kan nemen. Het voert te ver om deze hier te behandelen. Hopelijk hebben de genoemde artikelen duidelijk kunnen maken dat er meer methoden bestaan, dan in deze publikatie gebruikt zijn.

Tot besluit van deze paragraaf moet een vierde groep van artikelen genoemd worden. Dit zijn de artikelen, die niet zozeer een nieuwe methode in het openbaar brengen, maar zich meer bezighouden met praktische zaken, die bij het optimaliseren van verschillende doelstellingen meespelen.

Zo publiceerden Gabbani en Magazine een artikel dat inging op de praktische problemen met betrekking tot geheeltalligheid bij interactieve programmeringen en de rekentijd, die men daarbij nodig had (Gabbani, 1986). Ook in deze groep waren er verscheidene artikelen. Het artikel van Gabbani is alleen genoemd als aardige illustratie.

Voor wie zich verder wil verdiepen is er in de recente literatuur veel materiaal beschikbaar.

8. CONCLUSIES

Nu alle resultaten van het onderzoek in deze publikatie besproken zijn, is het tijd om te kijken of er een antwoord kan worden gegeven op de in de probleemstelling gestelde vraag naar de toepassingsmogelijkheden van Multiple Criteria Decision Making. Achtereenvolgens komen daarbij de operationaliteit, de lastige eigenschappen en de praktische gebruikswaarde aan de orde. We zullen alle methoden nog eens kort onder de loep nemen en kijken of het mogelijk is een voorkeur voor een bepaalde methode aan te geven.

8.1 De operationaliteit

In deze paragraaf zal ingegaan worden op de vraag in hoeverre het mogelijk is MCDM-methoden toe te passen op een concreet probleem van enige omvang gegeven de thans beschikbare programmatuur en computer faciliteiten. In de voorafgaande hoofdstukken zal duidelijk geworden zijn dat het niet altijd even gemakkelijk was de MCDM-methoden toe te passen in de praktijk. Bij de *gewogen doelprogrammering* deden zich nauwelijks problemen voor van praktische aard. Dit is vooral te danken aan het feit dat hetzelfde computerprogramma kon worden gebruikt als bij de toepassing van de normale lineaire programmering. Bij de *gewogen doelprogrammering* worden alleen veranderingen in het begintableau aangebracht en zijn geen specifieke bewerkingen noodzakelijk, in tegenstelling tot de andere toegepaste MCDM-methoden. Een bijkomend voordeel is dat de optimalisatie van het begintableau relatief weinig rekentijd vraagt, omdat alle doelstellingen simultaan geoptimaliseerd worden.

De *lexicografische doelprogrammering* gaf nogal wat problemen, die samenhangen met de toepassing van het SAS-pakket (zie hoofdstuk 5). Ondanks deze problemen kon de lexicografische doelprogrammering wel in zijn geheel met behulp van de computer worden uitgevoerd. Daarbij bleek overigens dat deze methode zeer veel rekentijd en geheugenruimte gebruikt in vergelijking met de *gewogen doelprogrammering*. Bij de *lexicografische doelprogrammering* zijn namelijk, binnen één programmering, verscheidene optimalisaties noodzakelijk. En tussen die optimalisaties moeten ook nog eens tussenstappen worden uitgevoerd, waarbij de resultaten van de lexicografische doelprogrammering geen

extra informatie geven ten opzichte van de resultaten van de gewogen doelprogrammering.

Het was aanvankelijk de bedoeling om naast de gewogen doelprogrammering en de lexicografische doelprogrammering een *multi criteria programming* (MOP) (zie hoofdstuk 7) uit te voeren. Op dit moment zijn er echter nog geen computerprogramma's beschikbaar, die in staat zijn een multi criteria programming toe te passen op een lineair model van een behoorlijke omvang. In plaats van de multi criteria programming werd een andere interactieve methode toegepast. Dit was de *interactieve doelprogrammering*, die door Rietveld (1980) is ontwikkeld. Ook voor het programma van deze methode geldt dat het niet toe te passen is op grotere problemen. Maar het is wel mogelijk gebleken om via handmatig berekende tussenstappen een groot model te optimaliseren volgens de methode van het originele computerprogramma. De interactieve doelprogrammering werkt hierdoor in dit onderzoek bijzonder inefficiënt. Bij een volledig geautomatiseerde berekening zal deze methode overigens nog steeds meer reken-tijd en computercapaciteit gebruiken dan de gewogen doelprogrammering. Er zijn, afhankelijk van het probleem, echter wel verschillende gewogen doelprogrammeringen nodig om hetzelfde inzicht te verkrijgen als met één interactieve doelprogrammering verkregen kan worden. Dit is een belangrijk voordeel van interactieve methoden in het algemeen en zal in de volgende paragraaf uitgebreider aan de orde komen. Wat de operationaliteit van de interactieve MCDM-methoden betreft, moet gesteld worden dat er nog veel werk nodig is om deze methoden zonder problemen te kunnen gebruiken. Vanuit het oogpunt van operationaliteit verdient de gewogen doelprogrammering dus de voorkeur, omdat deze MCDM-methode verreweg het eenvoudigst is toe te passen en omdat de methode de minste computer capaciteit nodig heeft.

8.2 Lastige eigenschappen van de toegepaste MCDM-methoden

Na de bestudering en toepassing van de drie MCDM-methoden is duidelijk geworden dat elke methode zo zijn specifieke lastige eigenschappen, cq. zwakke punten, heeft, die terug te voeren zijn op de kenmerkende aspecten van de MCDM-methoden. Men dient bij de toepassing van deze methoden aandacht te schenken aan deze lastige eigenschappen, zodat problemen tijdens de optimalisatie en met de resultaten vermeden worden. In het eerste deel van deze paragraaf zal ingegaan worden op het belang van een goede keuze van doelstellingen met streefniveaus en in het tweede deel bespreken we de gevaren van het *à priori* aangeven van het belang van de verschillende doelstellingen.

De streefniveaus van de doelstellingen

In paragraaf 3.3 werd het streefniveau omschreven als de waarde, die de ondernemer als ideaal ziet voor de bijbehorende doelstelling. De streefniveaus mogen niet te laag zijn, omdat er dan geen afweging tussen de verschillende doelstellingen plaats zal vinden en het probleem ook met de traditionele lineaire programmering opgelost had kunnen worden. Zij mogen ook niet te hoog zijn, omdat er dan situaties kunnen ontstaan, waarbij de uitkomst nauwelijks enige realiteitswaarde heeft (zie hoofdstuk 6). Het gevaar bestaat namelijk, dat doelstellingen met onbereikbaar hoge streefniveaus verder worden geoptimaliseerd dan de bedoeling is van de ondernemer. Het is zelfs mogelijk dat daardoor te weinig belang wordt gehecht aan de andere doelstellingen. De streefniveaus zijn dus weliswaar de ideale waarden van de doelstellingen, maar ze moeten realistisch zijn. Het probleem van irreële waarden van de doelstellingen kan voorkomen worden door zowel de negatieve als de positieve afwijkingsvariabelen te minimaliseren. Om speling te houden in de optimalisatie kan elke doelstellingen worden gesplitst in twee doelstellingen, die de marge aangeven, waarbinnen de waarde van de originele doelstelling bij voorkeur moet vallen. Hierbij moet dan de positieve afwijkingsvariabele van de bovengrens en de negatieve afwijkingsvariabele van de ondergrens geminimaliseerd worden.

Naast de reeds genoemde algemene punten kent de *gewogen doelprogrammering* drie zwakke punten met betrekking tot de streefniveaus. Ten eerste kunnen geen streefniveaus met de waarde nul worden opgenomen. Immers aan de hand van de streefniveaus (b_i) werden $z_j - c_j$ -waarden van de afwijkingsvariabelen bepaald. Dit gebeurde met de formule:

$$z_j - c_j = L_i \times 100 / b_i$$

Wanneer een streefniveau (b_i) gelijk aan nul is, is deze formule niet meer toe te passen. Ten tweede bestaat de mogelijkheid dat de gewogen doelprogrammering tot hetzelfde resultaat leidt als de normale lineaire programmering. Dit kan voorkomen, indien het streefniveau van de doelstelling, die in de normale lineaire programmering nog in de objectfunctie stond, te hoog wordt vastgesteld en de overige doelstellingen zo laag worden vastgesteld, dat ze bereikbaar zijn. In dat geval is alleen de doelstelling uit de objectfunctie van de normale lineaire programmering niet bereikbaar en wordt deze geoptimaliseerd onder de randvoorwaarden van overige doelstellingen. Dit probleem is vergelijkbaar met het probleem dat al eerder is genoemd en dat zich voordoet wanneer alle streefniveaus bereikbaar zijn. Het probleem is in beide gevallen niet dat de desbetreffende

methode niet kan worden uitgevoerd, maar dat precies hetzelfde resultaat bereikt had kunnen worden met veel minder inspanning door de normale lineaire programmering toe te passen. Ten derde moet bij de toepassing van de gewogen doelprogrammering aandacht worden besteed aan het feit dat er een kans bestaat dat de programmering resulteert in een gedomineerde oplossing. Bij een dergelijke gedomineerde oplossing is het mogelijk dat ten minste één doelstelling, waarvan het streefniveau bereikt is, verbeterd kan worden zonder dat de streefniveaus, die overige doelstellingen reeds bereikt hebben, "losgelaten" behoeven te worden. In hoofdstuk 4 zijn daarom twee extra programmeringen uitgevoerd, die inzicht geven in de discussie tussen Romero (1985b) en Drynan (1985). Drynan stelt, dat het minimaliseren van het verschil tussen de actuele waarde van een doelstelling en zijn streefniveau niet gelijk is aan het maximaliseren van deze doelstelling. Romero geeft hier het volgende antwoord op: "There is no paradox: maximising a function is tantamount to minimising the deviation between achievement and an infeasibly high target. Thus, it is equivalent to maximising our distance in a long jump so as to minimise the deviation between our performance and that of Bob Beamon's world record jump!". Beiden hebben gelijk en ongelijk. Op de eerste zin van het citaat van Romero is niets aan te merken. Wanneer het streefniveau (target) onmogelijk bereikt kan worden (infeasible) zijn beide methoden gelijk aan elkaar en heeft Drynan ongelijk. Op de tweede zin van Romero is des te meer aan te merken. Om dit duidelijk te maken zal worden ingegaan op het gegeven voorbeeld. Stel dat we een nieuw wereldrecord verspringen in de benen hebben. Het zal duidelijk zijn dat wanneer we onze prestatie maximaliseren, we zover mogelijk voorbij het oude wereldrecord willen komen. Maar wanneer we het verschil met het oude wereldrecord zo klein mogelijk willen houden, proberen we dat niet. We zullen dan proberen om precies even ver te springen als Bob Beamon. In zijn voorbeeld ging Romero er vanuit dat we nooit zover zouden kunnen springen en dat er dus sprake was van een "infeasibly high target". En alhoewel nog steeds niemand in staat is geweest verder te springen dan Bob Beamon, wil dat niet zeggen dat zijn wereldrecord nooit verbeterd zal kunnen worden. Streefniveaus zijn er tenslotte om nagestreefd te worden en wanneer een streefniveau dus bereikbaar is, bestaat er wel degelijk een verschil tussen beide methoden.

In vergelijking met de gewogen doelprogrammering heeft de *lexicografische doelprogrammering* het voordeel dat streefniveaus met een waarde nul geen problemen opleveren. Verder bestaat ook bij de lexicografische doelprogrammering de kans dat hetzelfde resultaat wordt bereikt als bij toepassing van de normale lineaire programmering. Dit is mogelijk, indien de doelstelling uit de objectfunctie van de normale lineaire programmering de eerste doelstelling is,

die bereikt kan worden. Ook kunnen gedomineerde oplossingen voorkomen bij de toepassing van de lexicografische doelprogrammering.

Wanneer ten slotte naar de *interactieve doelprogrammering* wordt gekeken, moet allereerst worden vastgesteld dat, evenals bij de gewogen doelprogrammering, problemen kunnen ontstaan wanneer streefniveaus met een waarde nul opgenomen worden in het begintableau. Deze problemen kunnen ontstaan bij de verdeling van de compromisgewichten, waardoor de berekening in een cyclus terecht kan komen. In de ideale situatie zijn de streefniveaus oneindig bij deze methode. Dit geeft echter problemen bij het bepalen van de P_0 -kolom, omdat de computer geen doelstelling met een oneindig streefniveau kan verwerken. Daarom moeten de streefniveaus in de berekening onbereikbaar zijn. Men moet hiermee reeds bij de formulering van de doelstellingen voor de interactieve doelprogrammering rekening houden. Aan de andere kant is het, vanwege de praktisch oneindige streefniveaus, onmogelijk dat de interactieve doelprogrammering in een gedomineerde oplossing resulteert. Ook is het bij de interactieve doelprogrammering nagenoeg onmogelijk om hetzelfde resultaat te behalen als in de normale lineaire programmering, tenzij de ondernemer er in het interactieve proces doelbewust naar stuurt.

Vastgesteld moet worden dat bij alle drie de toegepaste methoden er zorg moet worden besteed aan de formulering van de doelstellingen, waarbij elke methode zijn specifieke lastige eigenschappen heeft. Wanneer de doelstellingen zijn geformuleerd, moeten de streefniveaus ook met de nodige aandacht worden vastgesteld. Daarbij kan de uitkomst van een normale lineaire programmering, zoals in dit onderzoek de dynamisch lineaire programmering gebruikt werd, als ondersteuning dienen. Op deze manier is het bij alle toegepaste methoden mogelijk de doelstellingen en streefniveaus zo in het model op te nemen, dat er geen problemen zullen ontstaan met betrekking tot de hierboven genoemde punten.

De vaststelling van de prioriteit van doelstellingen

Naast de punten in relatie tot de streefniveaus moet ook aandacht worden geschonken aan het feit dat bij de gewogen doelprogrammering en de lexicografische doelprogrammering *à priori* het belang van de verschillende doelstellingen moet worden aangegeven. Bij de gewogen doelprogrammering moet de ondernemer de multiplicatieve gewichten L_i bepalen, die bij de simultane optimalisatie van het model de onderlinge afweging van de doelstellingen beïnvloeden. Bij de lexicografische doelprogrammering moet de ondernemer van tevoren de volgorde aangeven, waarin de doelstellingen geoptimaliseerd moeten worden.

Hij weet op dat moment nog niet of de programmering na de eerste of na de vierde of vijfde doelstelling zal stoppen.

De kern van het probleem is hierbij dat de ondernemer weliswaar in staat is om zijn doelstellingen te formuleren, maar dat geen of zeer weinig inzicht verkregen kan worden in zijn achterliggende nutsfunctie, die naar men aanneemt zijn handelen stuurt. Dit is een probleem dat zeer vaak in de economische wetenschap naar voren komt en waarvoor telkens een aanvaardbare oplossing moet worden gevonden. In dit onderzoek is gebleken dat het uitvoeren van een aantal berekeningen met een variërend *à priori* belang van de verschillende doelstellingen bij de gewogen doelprogrammering en de lexicografische doelprogrammering nuttig kan zijn. Deze berekeningen kunnen de ondernemer inzicht geven in de onderlinge relaties van zijn doelstellingen. En door uit de verschillende berekeningen het beste bedrijfsplan te kiezen, maximaliseert de ondernemer onbewust zijn nutsfunctie.

Bij de toepassing van de *gewogen doelprogrammering* zijn een aantal varianten doorgerekend. De resultaten daarvan in hoofdstuk 4 geven een beeld van de invloed van L_1 -gewichten. Hierbij moet bedacht worden dat voor ieder afzonderlijk probleem de invloed anders is en dus ook dat bij nog lagere L_1 -waarden het resultaten kunnen verschillen. Het is daarom voor een ondernemer vrijwel onmogelijk zelf de hoogte van de L_1 -s exact te bepalen zonder diverse gewogen doelprogrammeringen uit te voeren. De resultaten van de *lexicografische doelprogrammering* maken duidelijk dat voor deze methode hetzelfde geldt. Ook bij deze methode zijn verscheidene berekeningen nodig om tot een bevredigend bedrijfsplan te komen. Zelfs het verwisselen van het op één na laatste en het laatste prioriteit-niveau kan tot zeer grote verschillen leiden, zoals LGP4 en LGP5 duidelijk maken. Daar komt nog eens bij dat er tijdens de lexicografische doelprogrammeringen geen onderlinge afweging tussen de prioriteit-niveaus plaatsvindt. Hierdoor kon het voorkomen, dat in LGP2 de privé-opnamen op nul bleven staan en dat in LGP1 de optimalisatie vast liep op het derde prioriteit-niveau, terwijl uit het resultaat van LGP4 bleek dat het vijfde prioriteit-niveau ook nog bereikt had kunnen worden.

De *interactieve doelprogrammering* heeft op het punt van de *à priori* informatie omtrent het belang van de verschillende doelstellingen het voordeel dat geen enkele informatie noodzakelijk is voorafgaand aan de programmering. Het interactieve karakter van deze methode geeft het voordeel dat de ondernemer (gebruiker) tijdens de programmering het belang van de verschillende doelstellingen kan bijstellen en het optimaliseringsproces kan sturen. Hierdoor kan met één programmering, bestaande uit verschillende optimaliseringsronden, worden volstaan.

Wanneer alle lastige eigenschappen van de verschillende toegepaste MCDM-methoden in beschouwing worden genomen, moet een voorkeur voor de interactieve doelprogrammering uitgesproken worden, vanwege het grote voordeel van het interactieve karakter van deze methode.

8.3 De bruikbaarheid van de toegepaste MCDM-methoden

Wanneer men gebruik maakt van planningsmethoden moet men bedenken dat deze niet zaligmakend zijn. Er bestaat immers altijd een verschil tussen het model en de werkelijkheid. Tijdens het opstellen van modellen wordt vaak uitgegaan van veronderstellingen, die discutabel kunnen zijn. Er is immers geen volledige informatie beschikbaar over prijsontwikkelingen, opbrengstniveaus en dergelijke. Een bedrijf wordt geleid binnen een maatschappij met politieke regelingen en wetgeving, die hun beperking stellen aan de bedrijfsuitoefening. Vooral bij meerjarige modellen, zoals in dit onderzoek, kunnen plannen plotseling hun waarde verliezen door politieke maatregelen, bijvoorbeeld de invoering van de superheffing in de melkveehouderij. Verder is het van belang op te merken dat de planningsmethoden uitgaan van een puur rationele, economische benadering van het probleem, terwijl in de praktijk ook sociale factoren een rol spelen in het besluitvormingsproces van de ondernemer. Tenslotte moet nog een keer opgemerkt worden dat de planningsmethoden weliswaar een of meer doelstellingen van de ondernemer optimaliseren, maar dat dit niet hoeft te leiden tot nutsmaximalisatie voor persoon in kwestie.

Toch kunnen planningstechnieken een nuttige ondersteuning zijn van het management. De grote winst van de ontwikkeling en toepassing van MCDM-methoden ten opzichte van de traditionele lineaire programmering is, dat een goed inzicht verkregen kan worden in de verbanden tussen de verschillende doelstellingen. Deze extra informatie kan zeer nuttig zijn voor de ondernemer. Natuurlijk moet hierbij wel telkens een afweging worden gemaakt tussen de kosten, die het uitvoeren van Multiple Criteria Decision Making met zich meebrengt, en de waarde van extra informatie, die hiermee verkregen wordt. Alhoewel op dit gebied al het een en ander gepubliceerd is (Gabanna, 1986, Korhonen, 1986), blijven dergelijke afwegingen noodzakelijk, omdat door de snelle ontwikkelingen op het gebied van de automatisering steeds efficiënter gewerkt kan worden.

De conclusie van dit onderzoek moet naar onze mening zijn dat de toepassing van Multiple Criteria Decision Making in de Agrarische Bedrijfseconomie nuttig aanvullende informatie kan opleveren. Verder onderzoek zal gericht moeten zijn op het ontwikkelen van bruikbare interactieve MCDM-methoden. De pro-

blemen met betrekking tot de operationaliteit van deze methoden moeten worden opgelost, waardoor het mogelijk wordt het voordeel van de interactieve werking van deze methoden volledig te benutten. Tevens moet men bedenken dat de MCDM-methoden zich slechts richten op één van de lastige eigenschappen van het traditionele lineaire programmeringsmodel. Om de gevolgen van verschillende lastige eigenschappen te vermijden zal men, zoals in dit onderzoek, een combinatie moeten maken met de dynamisch lineaire programmering, die ontwikkeld is om het probleem van de statische verhoudingen op te lossen, en met geheeltallige lineaire programmering, die toegepast wordt om de volledige deelbaarheid van de produktiemiddelen en produkten te kunnen hanteren (Renkema, 1972). In de literatuur zijn ook de mogelijkheden onderzocht om MCDM-methoden te combineren met risico-programmering (Romero, 1985a).

LITERATUUR

- Beek, P. van en Th.H.B. Hendriks, 1983. *Optimaliseringstechnieken, principes en toepassing*. Utrecht/Antwerpen, Bohn, Scheltema en Holkema, blz. 95 - 116.
- Brandes, W. en E. Woerman, 1982. *Theorie und Planung des Landwirtschaftlichen Betriebes*. 2e druk. Hamburg/Berlijn, Verslag Paul Parey, blz. 142 - 145.
- Drynan, R.G., 1985. Goalprogramming and multiple criteria decision making in farmplanning: an expository analysis - A comment. *Journal of Agricultural Economics* jrg. 36 (1985) blz. 421 - 423.
- Gabbani, D. en M. Magazine, 1986. An interactive heuristic approach for multi-objective integer-programming problems. *Journal of the Operational Research Society* jrg. 37 (1986) blz. 285 - 291.
- Korhonen, P. en J. Wallenius, 1986. Some theory and an approach to solving sequential multiple-criteria decision problems. *Journal of the Operational Research Society* jrg. 37 (1986) blz. 501 - 508.
- Kostelijk, S., 1986. *Het vaststellen van investeringsprioriteiten met behulp van meerperiodenplanning, toegepast op een stooktomatenbedrijf*. Wageningen, vakgroep voor agrarische bedrijfseconomie aan de Landbouwuniversiteit Wageningen, publikatie nr. 19, 81 blz.
- Kwantitatieve informatie voor de glastuinbouw 1985 - 1986*, 3e druk, 1985. Naaldwijk, Proefstation voor de tuinbouw onder glas, blz. 32.
- Minch, R.P. en G.L. Sanders, 1986. Computerized information systems supporting multicriteria decision making. *Decision Science* jrg. 17 (1986) blz. 395 - 413.
- Nijkamp, P. en A. van Delft, 1977. *Multiple Criteria Analysis and regional decision making*. Leiden, Martinus Nijhoff, 135 blz.
- Pisters, F., 1985. *De mogelijkheden van doelprogrammeren op praktijk schaal*. Wageningen, vakgroep voor agrarische bedrijfseconomie aan de Landbouwuniversiteit Wageningen, 114 blz.
- Renkema, J.A., 1972. *De opbouw van lineaire programmeringsmodellen ten behoeve van agrarische bedrijfsplanning*. Wageningen, afdeling voor agrarische bedrijfseconomie aan de Landbouwhogeschool Wageningen, blz. 16 - 32.
- Renkema, J.A., 1986. *De studie van het agrarisch ondernemerschap in perspectief*. Wageningen, vakgroep voor agrarische bedrijfseconomie aan de Landbouwuniversiteit Wageningen, blz. 8 -10.

- Rietveld, P., 1980. *Multiple objective decision methods and regional planning*. Amsterdam, North Holland publishing company, 330 blz.
- Romero, C. en T. Rehman, 1984. Goalprogramming and multiple criteria decision-making in farmplanning: an expository analysis. *Journal of Agricultural Economics* jrg. 35 (1984) blz. 177 - 190.
- Romero, C. en T. Rehman, 1985a. Goalprogramming and multiple criteria decision-making in farmplanning: some extensions. *Journal of Agricultural Economics* jrg. 36 (1985) blz. 171 - 185.
- Romero, C. en T. Rehman, 1985b. Goalprogramming and multiple criteria decision-making in farmplanning: an expository analysis - a reply. *Journal of Agricultural Economics* jrg. 36 (1985) blz. 425 - 427.
- Rothermel, M.A. en D.A. Schilling, 1986. Conjoint measurement in multiple objective decision making: a new approach. *European journal of Operational Research* jrg. 23 (1986) blz. 310 - 319.
- SAS / OR users guide, 1985 edition, 5e druk. 1985. Cary, SAS institute, blz. 104 - 112.
- Spronk, J., 1980. *Interactieve Multiple Goal Programming for capital budgetting on financial planning*. Delft, Delftsche uitgevers maatschappij B.V., 263 blz.
- Zeleny, M., 1974. *Linear Multiobjective Programming*. Berlijn, Springer Verlag, 221 blz.
- Zionts, S. en J. Wallenius, 1976. An interactive programming method for solving the multiple criteria problem. *Management Science* jrg. 22 (1976) blz. 652 - 663.

BIJLAGE I

RESULTATEN VAN ALLE UITGEVOERDE PROGRAMMERINGEN

Alle vijf doelstellingen worden per programmering beschreven. Steeds wordt begonnen met de naam van de programmering, die correspondeert met de hoofdttekst. Daarna volgen de toename van het eigen vermogen, een overzicht van het opgenomen krediet, een overzicht van het gasverbruik, de privé-opnamen en de inzet van losse arbeid en overuren van het vaste personeel en de ondernemer zelf.

PROCEDURE NAAM : WCP1

STIJGING VAN HET EIGEN VERMOGEN : F 191.397,12

KREDIET	MLK 01/01	t1	F 15.889,37
	MLK 31/12	t1	F 309.846,80
	KK 31/12	t1	F 194.932,90
	KK 01/01	t2	F 237.408,--

TOTAAL MIDDELLANGKREDIET	-t1	F 215.639,40
	-t2	F 500.000,--
	-t3	F 649.726,08

GASVERBRUIK M3	OPPERVLAKTE M2	GEN. VERBRUIK M3/M2	
t1	567.471	10.900	50,2
t2	704.349	15.625	45,1
t3	704.349	15.625	45,1

PRIVE OPNAME :	-t1	F 45.000,--
	-t2	F 45.000,--
	-t3	F 45.000,--

ARBEID		
LOSSE ARBEID	-t1	7.440 UUR
	-t2	7.670 UUR
	-t3	7.700 UUR

OVERUREN	-t1	OVER DE GEHELE TEELTPERIODE
	-t2	HAS HET NOOIT MOGIG DAT DE VASTE
	-t3	ARBEIDSKRACHTEN MOESTEN OVERUREN

PROCEDURE NAAM : DYNAMISCH LINEAIRE PROGRAMMERING

STIJGING VAN HET EIGEN VERMOGEN : F 446.261,50

KREDIET	MLK 01/01	t1	F 51.900,--
	MLK 31/12	t1	F 710.200,--
	KK 31/12	t1	F 229.634,80
	KK 01/01	t2	F 295.380,70

TOTAAL MIDDELLANGKREDIET	-t1	F 251.650,--
	-t2	F 933.612,50
	-t3	F 846.559,--

GASVERBRUIK M3	OPPERVLAKTE M2	GEN. VERBRUIK M3/M2
t1	588.600	10.900
t2	942.983	20.850
t3	942.983	20.850

PRIVE OPNAME :	-t1	F 40.000,--
	-t2	F 40.000,--
	-t3	F 40.000,--

ARBEID		
LOSSE ARBEID	-t1	7.560 UUR
	-t2	13.160 UUR
	-t3	13.430 UUR

OVERUREN	-t1	OVER DE GEHELE TEELTPERIODE
	-t2	HAS HET NOOIT MOGIG DAT DE VASTE
	-t3	ARBEIDSKRACHTEN MOESTEN OVERWERKEN

PROCEDURE NAAM : WGP2

STIJGING VAN HET EIGEN VERMOGEN : P 275.413,56

KREDIET	MLK	01/01	t1	P	78.100,--
	MLK	31/12	t1	P	257.182,50
	MLK	31/12	t2	P	204.446,20
	WIR-K	01/01	t3	P	69.000,--
	WIR-K	01/01	t3	P	1.600,--
	KK	31/12	t1	P	197.642,40
	KK	01/01	t2	P	252.094,20
	KK	31/12	t2	P	297.071,10
	KK	01/01	t3	P	300.000,--

TOTAAL MIDDELLANGKREDIET	-t1	P 275.850,--
	-t2	P 500.000,--
	-t3	P 650.860,70

GASVERBRUIK M3	OPPERVLAKTE M2	GEN. VERBRUIK M3/M2	
1	367.471	10.900	50,2
2	704.349	15.625	45,1
3	901.854	20.850	43,3

PRIVE OPNEMEN : -t ₁	Ƴ 45.000,--
-t ₂	Ƴ 45.000,--
-t ₃	Ƴ 45.000,--

ARBEID	
LOSSE ARBEID :	-t1
	7.436 UUR
	-t2
	7.508 UUR
	-t3
	13.300 UUR

OVERUREN :	-t1	OVER DE GEHELE TIELPERIODE
	-t2	WAS HET NOOIT NODIG DAT DE VASTE
	-t3	ARBEIDSKRACHTEN MOESTEN OVENWERZEN

PROCEDURE NAAM : WGP3

STIJGING VAN HET EIGEN VERMOGEN : P 299.501,57

KREDIET	MLK	01/01	t1	P	53.900,--
	MLK	31/12	t1	P	276.587,50
	MLK	31/12	t2	P	157.046,10
	WIR-K	01/01	t3	P	53.013,14
	WIR-K	01/01	t3	P	1.800,--
	KK	31/12	t1	P	165.823,80
	KK	01/01	t2	P	300.000,--
	KK	01/01	t3	P	300.000,--

TOTAAL MIDDELLANGKREDIET	-t1	P 253.650,--
	-t2	P 500.000,--
	-t3	P 604.681,60

	GASVERBRUIK M3	OPPERVLAKTE M2	GEN. VERBRUIK M3/M2
t1	588.600	10.900	54
t2	745.478	15.625	47,7
t3	942.983	20.850	45,3

PRIVE OPNEMEN : -t ₁	F 45.000,--
-t ₂	F 45.000,--
-t ₃	F 45.000,--

ARBEID		
LOSSE ARBEID :	-t ₁	7.555 UUR
	-t ₂	7.031 UUR
	-t ₃	12.313 UUR

OVERUREN :	-t1	OVER DE GEHELE TIELPERIODE
	-t2	WAS HET NOOIT NODIG DAT DE VASTE
	-t3	ARBEIDSKRACHTEN MOESTEN OVENWERZEN

PROCEDURE NAAM : WCF4

STIJGING VAN HET EIGEN VERMOGEN : F 450.000,--

KREDIET	MLK	01/01	€1	F 53.900,--
	MLK	31/12	€1	F 688.169,40
	MLK-K	31/12	€1	F 136.200,--
	MLK-K	01/01	€2	F 2.300,--
	KK	31/12	€1	F 100.485,60
	KK	01/01	€2	F 300.000,--
TOTAAL MIDDELLANGKREDIET				
	-€1			F 253.650,--
	-€2			F 911.581,90
	-€3			F 826.290,90
GASVERBRUIK M3 : OPPERVLAKTE M2 : GEN. VERBRUIK M3/M2				
€1	588.600	10.900		34
€2	942.983	20.850		45,3
€3	942.983	20.850		45,3
PRIVE OPNAME : -€1 F 25.205,14				
	-€2			F 45.000,--
	-€3			F 45.000,--
ARBEID				
LOSSE ARBEID : -€1 7.560 UUR				
	-€2			13.160 UUR
	-€3			13.430 UUR
OVERUREN : -€1 OVER DE GEHELE TIELPERIODE				
	-€2			WAS HET NOOIT NODIG DAT DE VASTE
	-€3			ARBEIDSKrachten MOESTEN OVERUREN

PROCEDURE NAAM : WCF1

STIJGING VAN HET EIGEN VERMOGEN : F 191.397,12

KREDIET	MLK	01/01	€1	F 15.889,37
	MLK	31/12	€1	F 309.846,80
	KK	31/12	€1	F 194.932,90
	KK	01/01	€2	F 257.608,--
TOTAAL MIDDELLANGKREDIET				
	-€1			F 215.639,40
	-€2			F 500.000,--
	-€3			F 449.726,08
GASVERBRUIK M3 : OPPERVLAKTE M2 : GEN. VERBRUIK M3/M2				
€1	547.471	10.900		50,2
€2	704.349	15.625		45,1
€3	704.349	15.625		45,1
PRIVE OPNAME : -€1 F 45.000,--				
	-€2			F 45.000,--
	-€3			F 45.000,--
ARBEID				
LOSSE ARBEID : -€1 7.440 UUR				
	-€2			7.670 UUR
	-€3			7.700 UUR
OVERUREN : -€1 OVER DE GEHELE TIELPERIODE				
	-€2			WAS HET NOOIT NODIG DAT DE VASTE
	-€3			ARBEIDSKrachten MOESTEN OVERUREN

PROCEDURE NAAM : WGP22

STIJGING VAN HET EIGEN VERMOGEN : F 475.000,--

KREDIET	MLK	01/01	t1	F 53.900,--
	MLK	31/12	t1	F 661.378,70
	WIR-K	31/12	t1	F 136.200,--
	WIR-K	01/01	t2	F 2.300,--
	KK	31/12	t1	F 104.117,80
	KK	01/01	t2	F 300.000,--
TOTAAL MIDDELLANGKREDIET			-t1	F 253.650,--
			-t2	F 884.791,20
			-t3	F 801.643,40
: GASVERBRUIK M3 : OPPERVLAKTE M2 : GEN. VERBRUIK M3/M2				
t1	568.600	10.900	54	
t2	942.983	20.850	45,3	
t3	942.983	20.850	45,3	
PRIVE OPNEMEN :			-t1	F 2.332,46
			-t2	F 45.000,--
			-t3	F 45.000,--
ARBEID				
LOSSE ARBEID :			-t1	7.560 UUR
			-t2	13.160 UUR
			-t3	13.430 UUR
OVEREKENEN :			-t1	OVER DE GEHELE TELLPERIODE
			-t2	WAS BET NOOIT NODIG DAT DE VASTE
			-t3	ARBEIDSBELASTINGEN MOESTEN OVERHELEN

PROCEDURE NAAM : LCP1

STIJGING VAN HET EIGEN VERMOGEN : F 215.385,99

KREDIET	MLK	31/12	t1	F 323.750,--	
	WIR-K	01/01	t1	F 75.400,--	
	KK	31/12	t1	F 88.755,--	
	KK	01/01	t2	F 224.879,--	
TOTAAL MIDDELLANGKREDIET				-t1	F 199.750,--
				-t2	F 500.000,--
				-t3	F 450.600,--
: GASVERBRUIK M3 : OPPERVLAKTE M2 : GEN. VERBRUIK M3/M2					
t1	584.000	10.900	54,5		
t2	752.672	15.625	48,2		
t3	752.672	15.625	48,2		
PRIVE OPNEMEN :				-t1	F 45.000,--
				-t2	F 45.000,--
				-t3	F 45.000,--
ARBEID					
LOSSE ARBEID :				-t1	7.340 UUR
				-t2	7.205 UUR
				-t3	7.405 UUR
OVEREKENEN :				-t1	220 UUR ONDERNEMER
				-t2	220 UUR ONDERNEMER
				-t3	220 UUR ONDERNEMER

PROCEDURE NAAM : LCP2

STIJLING VAN HET EIGEN VERMOGEN : F 450.000,--

KREDIET	MLK	01/01	t1	F 53.900,--
	MLK	31/12	t1	F 616.381,--
	MLK	01/01	t2	F 20.900,--
	WIR-K	31/12	t1	F 136.200,--
	WIR-K	01/01	t2	F 2.300,--
	WIR-K	01/01	t3	F 6.000,--
	KK	31/12	t1	F 149.089,--
	KK	01/01	t2	F 300.000,--
TOTAAL MIDDELLANGKREDIET				
		-t1		F 253.650,--
		-t2		F 860.694,--
		-t3		F 778.533,--
GASVERBRUIK M3 OFFERVLAKTE M2 GEN. VERBRUIK M3/M2				
t1	549.000	10.900		50,4
t2	950.177	20.850		43,6
t3	909.048	20.850		43,6
PRIVE OPNAMEN : -t1 F 0,--				
		-t2		F 0,--
		-t3		F 0,--
ABBEID				
LOSSE ABBEID : -t1 7.358 UUR				
		-t2		13.161 UUR
		-t3		14.000 UUR
OVERZIEKEN : -t1 OVER DE GEHELE TIELPERIODE				
		-t2		WAS HET NOOIT MOEDIG DAT DE VASTE
		-t3		ABBEDSKRACHTEN MOESTEN OVERVERKEN

PROCEDURE NAAM : LCP3

STIJLING VAN HET EIGEN VERMOGEN : F 195.720,27

KREDIET				
MLK	01/01	t1	F 15.889,37	
MLK	31/12	t1	F 309.847,--	
WIR-K	31/12	t1	F 75.400,--	
WIR-K	01/01	t2	F 2.300,--	
KK	31/12	t1	F 119.533,--	
KK	01/01	t2	F 253.832,--	
TOTAAL MIDDELLANKREDIET				
		-t1	F 215.639,--	
		-t2	F 500.000,--	
		-t3	F 449.726,00	
GASVERBRUIK M3 : OFFERVLAKTE M2 : GEN. VERBRUIK M3/M2				
t1	547.471	10.900	50,2	
t2	704.349	15.625	45,1	
t3	704.349	15.625	45,1	
PRIVE OPNAMEN : -t1 F 45.000,--				
		-t2	F 45.000,--	
		-t3	F 45.000,--	
ABBED				
LOSSE ABBED : -t1 7.436 UUR				
		-t2	7.300 UUR	
		-t3	7.496 UUR	
OVERZIEKEN : -t1 OVER DE GEHELE TIELPERIODE				
		-t2	WAS HET NOOIT MOEDIG DAT DE VASTE	
		-t3	ABBEDSKRACHTEN MOESTEN OVERZIEKEN	

PROCEDURE MAAK : LGP4

STIJLING VAN HET EIGEN VERMOGEN : P 212.373,40

KREDIET	MLK	31/12	t1	P 323.750,--
	MLK	01/01	t1	P 323.750,--
	MLK-K	31/12	t1	P 75.400,--
	MLK-K	01/01	t2	P 75.400,--
	MLK	31/12	t1	P 90.331,50
	MLK	01/01	t2	P 225.511,--
TOTAAL MIDDELLANGKREDIET	-t1	P 199.750,--		
	-t2	P 500.000,--		
	-t3	P 450.600,--		
GASVERBRUIK N3 OPPIERVLAKTE M2 GEN. VERBRUIK N3/M2				
t1	594.000	10.900	54,5	
t2	752.672	15.625	48,2	
t3	752.672	15.625	48,2	
PRIVE OPNEMEN :	-t1	P 45.000,--		
	-t2	P 45.000,--		
	-t3	P 45.000,--		
ARBEID				
LOSSE ARBEID :	-t1	7.558 UUR		
	-t2	7.425 UUR		
	-t3	7.625 UUR		
OVERNEMEN :	-t1	OVER DE GEHELE TIJDLPERIODE		
	-t2	WAS HET NOOIT NODIG DAT DE VASTE		
	-t3	ARBEIDSRACHTEN MOESTEN OVERNEMEN		

PROCEDURE MAAK : LGP3

STIJLING VAN HET EIGEN VERMOGEN : P -50.598,55

KREDIET	MLK	31/12	t1	P 323.750,--
	MLK	01/01	t2	P 323.750,--
	MLK-K	31/12	t1	P 75.400,--
	MLK-K	01/01	t2	P 75.400,--
	MLK-K	31/12	t1	P 2.300,--
	MLK-K	01/01	t2	P 2.300,--
	MLK-K	31/12	t1	P 1.600,--
	MLK-K	01/01	t2	P 300.000,--
	MLK	31/12	t1	P 141.628,--
	MLK	01/01	t2	P 277.499,--
	MLK	31/12	t2	P 204.091,--
	MLK	01/01	t3	P 184.108,--
TOTAAL MIDDELLANGKREDIET	-t1	P 199.750,--		
	-t2	P 500.000,--		
	-t3	P 465.500,--		
GASVERBRUIK N3 OPPIERVLAKTE M2 GEN. VERBRUIK N3/M2				
t1	322.871	10.900	48	
t2	711.543	15.625	45,5	
t3	711.543	15.625	45,5	
PRIVE OPNEMEN :	-t1	P 45.000,--		
	-t2	P 45.000,--		
	-t3	P 45.000,--		
ARBEID				
LOSSE ARBEID :	-t1	7.436 UUR		
	-t2	7.300 UUR		
	-t3	8.276 UUR		
OVERNEMEN :	-t1	OVER DE GEHELE TIJDLPERIODE		
	-t2	WAS HET NOOIT NODIG DAT DE VASTE		
	-t3	ARBEIDSRACHTEN MOESTEN OVERNEMEN		

PROCEDURE MAAN : INTERACTIEVE DOELPROGGERING

STIJGING VAN HET EIGEN VERHOGEN : F 34.372,--

KREDIET		31/12	t ₁	F 311.284,90
MLK	01/01	t ₂	F 20.900,--	
WIR-K	01/01	t ₁	F 8.333,50	
WIR-K	01/01	t ₂	F 2.300,--	
KK	31/12	t ₁	F 230.514,10	
KK	01/01	t ₂	F 300.000,--	
KK	31/12	t ₂	F 57.944,01	
KK	01/01	t ₃	F 59.139,77	

TOTAAL MIDDELLANGKREDIET		-t ₁	F 0,--
	-t ₂	F 332.184,90	
	-t ₃	F 304.669,60	

GASVERBRUIK M3		OPPERVLAKTE M2		GEM. VERBRUIK M3/M2	
t ₁	588.600	10.900		54	
t ₂	745.478	15.625		47,7	
t ₃	745.478	15.625		47,7	

PRIJVE OPNEMEN		-t ₁	F 100.000,--
	-t ₂	F 100.000,--	
	-t ₃	F 100.000,--	

ARBEID		
LOSSE ARBEID	-t ₁	7.338 UUR
	-t ₂	7.454 UUR
	-t ₃	7.652 UUR

OVEREENHOUTEN		-t ₁	220 UUR ONDERNEMER
	-t ₂	220 UUR ONDERNEMER	
	-t ₃	220 UUR ONDERNEMER	

BIJLAGE II

**HET PROGRAMMA, WAARMEE HET MODEL VOOR DE
LEXICOGRAFISCHE DOELPROGRAMMERING WERD
INGEVOERD IN DE VAX-COMPUTER VAN DE LUW.**

```
(.....)
(* Programma      : MATRIX - behulpzaam bij het opbouwen van *)
(*               : een matrix. *)
(* Functie        : Opbouw van een matrix, die kan worden ge- *)
(*               : bruikt om er een lexicografische doelpro- *)
(*               : grammering mee uit te voeren met behulp *)
(*               : van het SAS-programma. *)
(* Interface      : De invoergegevens komen uit een inputfile *)
(*               : en/of worden ingelzen van de terminal. *)
(*               : Alle uitvoergegevens worden naar een out- *)
(*               : putfile geschreven. *)
(* Auteur         : Klaas Jan Leutscher *)
(.....)
```

PROGRAM MATRIX (INPUT,OUTPUT,INVOER,UITVOER);

CONST

AKTMAX = 150;
BEPMAX = 150;

VAR

INVOER,UITVOER:TEXT;
COEFF:ARRAY[1..AKTMAX,1..BEPMAX] OF REAL;
AKT:1..AKTMAX;
BEP:1..BEPMAX;
AA:CHAR;
C:REAL;
P,B,AB,CA,CB,CC,CD,CE,MB,ME,Z,KA,KB,KC,KD,KE,
GB,GE,P:INTEGER;

BEGIN

OPEN (INVOER,'INGEG',HISTORY: = UNKNOWN);
OPEN (UITVOER,'UITGEG');
RESET (INVOER);
REWRITE (UITVOER);

BEGIN

```

    WRITELN (OUTPUT,'BEGINT U MET EEN NIEUWE MATRIX OF?');
    WRITELN (OUTPUT,'HEEFT U REEDS EEN BEGIN VAN EEN?');
    WRITELN (OUTPUT,'MATRIX IN EEN INPUTFILE STAAN?');
    WRITELN (OUTPUT,'ANTWOORD J VOOR JA INDIEN U MET EEN?');
    WRITELN (OUTPUT,'NIEUWE MATRIX WENST TE BEGINNEN OF?');
    WRITELN (OUTPUT,'N VOOR NEE.');
```

END;

IF AA = 'J' THEN

BEGIN

```

    WRITELN (OUTPUT,'HOEVEEL ACTIVITEITEN WILT U?');
    WRITELN (OUTPUT,'INVOEREN ?');
    READ (INPUT,P);
    WRITELN (OUTPUT,'HOEVEEL BEPERKINGEN WILT U?');
    WRITELN (OUTPUT,'INVOEREN ?');
    READ (INPUT,B);
    FOR BEP: = 1 TOT B DO
    BEGIN
```

```
        FOR AKT: = 1 TO P DO
```

```
        BEGIN
```

```
            COEFF[AKT,BEP]: = 0;
```

```
        END (* FOR *);
```

```
    END (* FOR *);
```

END (* FOR *);

IF AA = 'N' THEN

BEGIN

```

    WRITELN (OUTPUT,'HOEVEEL ACTIVITEITEN BEVAT?');
    WRITELN (OUTPUT,'DE MATRIX ?');
    READ (INPUT,P);
    WRITELN (OUTPUT,'HOEVEEL BEPERKINGEN BEVAT DE?');
    WRITELN (OUTPUT,'MATRIX ?');
    READ (INPUT,B);
```

```
    GB: = P DIV 5;
```

```
    FOR BEP: = 1 TO B DO
```

```
    BEGIN
```

```
        KA: = 1;
```

```
        KB: = 2;
```

```
        KC: = 3;
```

```
        KD: = 4;
```

```
        KE: = 5;
```

```
        REPEAT
```

```
            READLN (INVOER,COEFF[KA,BEP],
                    COEFF[KB,BEP],COEFF[KC,BEP],
                    COEFF[KD,BEP],COEFF[KE,BEP]);
```

```
            GE: = KE DIV 5;
```

```
            KA: = KA + 5;
```

```
            KB: = KB + 5;
```

```
            KC: = KC + 5;
```

```
            KD: = KD + 5;
```

```
            KE: = KE + 5;
```

```
        UNTIL (GE = GB);
```

```

F:= P MOD 5;

IF F= 1 THEN
    READLN (INVOER, COEFF[K A,BEP]);

IF F= 2 THEN
    READLN (INVOER, COEFF[K A,BEP],COEFF[K B,BEP]);

IF F= 3 THEN
    READLN (INVOER, COEFF[K A,BEP],COEFF[K B,BEP],
    COEFF[K C,BEP]);

IF F= 4 THEN
    READLN (INVOER, COEFF[K A,BEP],COEFF[K B,BEP],
    COEFF[K C,BEP],COEFF[K D,BEP]);
END (* FOR *);

END (* THEN *);

REPEAT
    WRITELN (OUTPUT,'VOOR WELKE ACTIVITEIT WILT U ',
    'EEN COEFFICIENT TOEVOEGEN?');
    READ (INPUT,AKT);
    WRITELN (OUTPUT,'VOOR WELKE BEPERKING WILT U ',
    'EEN COEFFICIENT TOEVOEGEN?');
    READ (INPUT,BEP);
    WRITELN (OUTPUT,'WAT IS DE WAARDE VAN DE NIEUWE ',
    'COEFFICIENT?');
    READ (INPUT,C);
    COEFF[AKT,BEP]:= C;
    WRITELN (OUTPUT,'WILT U NOG MEER COEFFICIENTEN ',
    'TOEVOEGEN?');
    WRITELN (OUTPUT,'TYPE 1 VOOR JA OF 0 VOOR NEE');
    READ (INPUT,AB);
UNTIL (AB=0);

MB:= P DIV 5;

FOR BEP:= 1 TO B DO
BEGIN
    CA:= 1;
    CB:= 2;
    CC:= 3;
    CD:= 4;
    CE:= 5;
    WRITELN (UITVOER);
    REPEAT
        WRITELN (UITVOER,COEFF[CA,BEP],
        COEFF[CB,BEP],COEFF[CC,BEP],
        COEFF[CD,BEP],COEFF[CE,BEP]);

        ME:= CE DIV 5;
        CA:= CA + 5;
        CB:= CB + 5;
        CC:= CC + 5;
        CD:= CD + 5;
        CE:= CE + 5;
    UNTIL (ME=MB);

```

```
Z:=P MOD 5;
IF Z=1 THEN
    WRITELN (UITVOER,COEFF[CA,BEP]);
IF Z=2 THEN
    WRITELN (UITVOER,COEFF[CA,BEP],COEFF[CB,BEP]);
IF Z=3 THEN
    WRITELN (UITVOER,COEFF[CA,BEP],COEFF[CB,BEP],
              COEFF[CC,BEP]);
IF Z=4 THEN
    WRITELN (UITVOER,COEFF[CA,BEP],COEFF[CB,BEP],
              COEFF[CC,BEP],COEFF[CD,BEP]);

END (* FOR *);
WRITELN (OUTPUT,'EINDE VAN HET PROGRAMMA !');
END (* MATRIX *).
```

BIJLAGE III

EEN VOORBEELD VAN EEN SAS-DATASTEP, DIE OPGESTELD IS OM EEN LEXICOGRAFISCHE DOELPROGRAMMERING UIT TE VOEREN.

In dit voorbeeld wordt er vanuit gegaan dat de ondernemer twee keuze-mogelijkheden heeft, A1 en A2. Hij wil daarbij niet meer dan 40 eenheden werken. Verder wil hij het liefst een winst van minimaal 1000 eenheden bereiken. Als het binnen de mogelijkheden van de eerste twee doelstellingen ligt, zou hij graag minimaal 7 eenheden A2 opnemen in zijn plan.

Alle andere mogelijke beperkingen, zoals beschikbaar grondoppervlak, aanwezige machines en andere produktiefactoren worden buiten beschouwing gelaten.

Er zijn dus drie doelstellingen. In de datastep voor de invoer in het SAS-programma zijn drie primale stappen terug te vinden, die als commentaar zijn aangegeven. In deze stappen worden de drie verschillende doelstellingen geoptimaliseerd. Daarnaast zijn er nog twee duale stappen aangegeven, waarin de geoptimaliseerde doelstellingen als beperking in het model worden opgenomen. Wanneer het aantal doelstellingen zou worden uitgebreid tot N, zou het aantal primale stappen ook N bedragen en het aantal duale stappen N-1.

```
DATA OBJECT;
  INPUT ID_$ _RHS__TYPE_ $ A1 A2 N1 N2 N3 P1 P2 P3;
  CARDS;
OVERTIME      40    EQ   10  15  1  0  0 -1  0  0
PROFIT        1000   EQ   100 100  0  1  0  0 -1  0
MIN_A2         7     EQ    0  1  0  0  1  0  0 -1
;
```

```
DATA PRIOR;
  INPUT TYPE_$ P1 N2 N3;
  CARDS;
MIN      1  0  0
MIN      0  1  0
MIN      0  0  1
;
```

```
DATA PROB;
  SET PRIOR;
  _ID_ = 'OBEJECT1' || LEFT(PUT(_N_,2));
  _TYPE_ = 'GE'; _RHS_ = -9999999;
```

```
/* PREPARATION FOR PRIMAL STEP 1 */
```

```
DATA PROB;
  SET OBJECT PROB;
  IF _ID_ = 'OBJECT1' THEN DO;
    OUTPUT; _ID_ = 'CURR_OBJ'; _TYPE_ = 'MIN';
  END;
  OUTPUT;
PROC SORT; BY _ID_;
```

```
PROC LP STARTPHASE = PRIMAL DUALOUT = D PRIMALOUT = P PRINTLEVEL = -2;
PROC PRINT DATA = D; PROC PRINT DATA = P;
```

```
/* PREPARATION FOR DUAL STEP 1 */
```

```
DATA INT;
  SET D;
  DROP _OBJ_ID_ ; DROP _RHS_ID_ ;
  DROP _L_RHS_ ; DROP _VALUE_ ; DROP _U_RHS_ ; DROP _DUAL_ ;
  IF _ROW_ID_ = 'CURR_OBJ' THEN DO;
    _ROW_ID_ = 'OBJECT1'; _TYPE_ = 'LE';
  END;
  ELSE IF _ROW_ID_ = 'OBJECT1' THEN DO;
    _ROW_ID_ = 'CURR_OBJ'; _TYPE_ = 'MIN';
  END;
PROC SORT; BY _ROW_ID_ ;
DATA PROB;
  SET PROB;
  SET INT;
  DROP _ROW_ID_ ;
```

```
PROC LP STARTPHASE = DUAL PRIMALIN = P PRIMALOUT = P PRINTLEVEL = -2;
PROC PRINT DATA = P;
```

```
/* PREPARATION FOR PRIMAL STEP 2 */
```

```
DATA PROB;
  SET OBJECT PROB;
  IF _ID_ = 'OBJECT2' THEN DO;
    OUTPUT; _ID_ = 'CURR_OBJ'; _TYPE_ = 'MIN';
  END;
  OUTPUT;
PROC SORT; BY _ID_ ;
```

```
PROC LP STARTPHASE=PRIMAL DUALOUT=D PRIMALOUT=P PRIMALIN=P
PRINTLEVEL=-2;
PROC PRINT DATA=D;PROC PRINT DATA=P;
```

```
/* PREPARATION FOR DUAL STEP 2 */
```

```
DATA INT;
  SET D;
  DROP _OBJ_ID_;DROP _RHS_ID_;
  DROP _L_RHS_;DROP _VALUE_;DROP _U_RHS_;DROP _DUAL_;
  IF _ROW_ID_='CURR_OBJ' THEN DO;
    _ROW_ID_='OBJECT1';_TYPE_='LE';
  END;
  ELSE IF _ROW_ID_='OBJECT1' THEN DO;
    _ROW_ID_='CURR_OBJ';_TYPE_='MIN';
  END;
PROC SORT;BY _ROW_ID_;
DATA PROB;
  SET PROB;
  SET INT;
  DROP _ROW_ID_;
```

```
PROC LP STARTPHASE=DUAL PRIMALIN=P PRIMALOUT=P PRINTLEVEL=-2;
PROC PRINT DATA=P;
```

```
/* PREPARATION FOR PRIMAL STEP 3 */
```

```
DATA PROB;
  SET OBJECT PROB;
  IF _ID_='OBJECT3' THEN DO;
    OUTPUT,_ID_='CURR_OBJ';_TYPE_='MIN';
  END;
  OUTPUT;
PROC SORT;BY _ID_;
```

```
PROC LP STARTPHASE=PRIMAL DUALOUT=D PRIMALOUT=P PRINTLEVEL=-2;
```