

## MASTER

### Van inzicht naar onderbouwing : het ontwerp van een planningsmethodiek in een batchgewijze procesindustrie

van Ginderen, M.A.

*Award date:*  
2001

[Link to publication](#)

#### **Disclaimer**

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

#### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

***“Van inzicht naar onderbouwing”***



***Afstudeerrapport***

***Het ontwerp van een  
planningsmethodiek in een  
batchgewijze procesindustrie.***

**NIET  
UITLEENBAAR**

M.A. van Ginderen  
423130

***“Van inzicht naar onderbouwing”***



***Afstudeerrapport***

***Het ontwerp van een  
planningsmethodiek in een  
batchgewijze procesindustrie.***

**Student:** Machiel van Ginderen

**Tue-begeleiders:** Dhr. Ir. L.H. Kroep  
Dhr. Dr. K.v. Donselaar  
Dhr. Dr. Ir. J.C. Fransoo

**Bedrijfsbegeleiders:** Dhr. Ing. H. Struiwich  
Dhr. Bc. K.T. Seinen

**Datum:** juli 2001



## Abstract

This report is the result of a master thesis research which has been done within the planning department of Quaker Chemical B.V. This company produces natural oil products in a batch related process industry. This research shows how costs can be cut by developing a well defined production planning technique. Furthermore a description of the practical use and implementation of the developed production planning technique are given. Recommendations to optimize the production planning technique and further cost reducing possibilities are made.



## Voorwoord

Na 9 maanden diep nadenken, hard werken en vooral niet onbelangrijk "vroeg opstaan", kan ik vol trots het eindresultaat van mijn afstudeeronderzoek aan u presenteren. Hoewel ik zonder twijfel zeer veel geleerd heb in deze periode, ben ik ervan overtuigd dat ik ook een aantal werknemers binnen Quaker Chemical B.V. heb weten mee te nemen in mijn leergang. Ik denk daarom, dat we met zijn allen tot een helder logistiek inzicht zijn gekomen binnen deze organisatie, waarmee een zeer belangrijk doel van dit onderzoek bereikt is.

Hoewel ik iedereen wil bedanken die mij geholpen heeft bij mijn afstudeeronderzoek, wil ik toch een aantal mensen met name noemen. Allereerst wil ik mijn 2 bedrijfsbegeleiders, dhr. H. Struiwich en dhr. K. Seinen, bedanken voor de vele uren, waarin zij zichzelf voor dit onderzoek beschikbaar hebben gesteld. Zelfs met de enorme drukte van de laatste maanden kon ik altijd bij ze terecht. Daarnaast wil ik iedereen binnen Quaker Chemical B.V. bedanken, die mij geholpen heeft om de nodige informatie te verzamelen en kritisch mijn onderzoek te beoordelen. Tenslotte wil ik niet op de laatste plaats mijn begeleiders van de TUE bedanken, dhr. L. Kroep en dhr. K. v. Donselaar. Zij zijn degenen geweest, die mij in de juiste richting hebben gestuurd en hebben doen laten inzien, dat ik nog veel kan leren.



---

## Summary

This report is one of the results of a master thesis project carried out within the production planning division of Quaker Chemical B.V. The main business of Quaker Chemical B.V. is the production of chemical fluids used in different types of industries, like the automotive en steel industries.

### 1. Problem assignment and approach

#### *Problem situation*

This assignment is initiated by the European logistical manager of Quaker Chemical Corporation who also is the head of the production planning department of Quaker Chemical B.V. This person signalized potential savings on certain costs by reviewing the process of the production planning. Until now, no thoroughly understanding of the planning process and the effects on its costs is available. Planning decisions are based and made solely upon human insights developed by many years of practical experiences inside the company.

#### *Problem definition*

The problem is that planning decisions are made without knowing exactly the effect on its costs. Therefore probably the production costs can be lowered and eventually be minimized.

#### *Assignment*

The goal of this assignment is to optimize i.e. minimize the total costs which are effected by the production planning. The costs which are effected by the production planning and therefore will be reviewed are production costs, stock-keeping costs and testing costs.

The assignment is formulated as followed:

*"Develop a method for the production planning, to minimize the total of production costs, stock-keeping costs and testing costs maintaining at least the actual service-level."*

In addition to the development of above mentioned method, a computer planning tool will be developed and implemented, which can be helpful used to plan production.

#### **Approach**

This research will be distinct in 5 phases.

##### *Phase 1: External orientation and problem analysis*

In this phase a thoroughly deep insight in the company is conducted and the exact problem definition is stated. The method of research is defined.

##### *Phase 2: Research and description of actual situation*

All the necessary information in order to solve the problem is gathered.



---

*Phase 3: Analysis of actual situation*

The gathered information is analyzed and further research is redefined in order to proceed in the right way.

*Phase 4: Development of method for production planning*

In phase 4 the method for production planning is developed according to the assignment and goal of this research. Furthermore a tool is developed and implemented in order to automate the new production planning method.

*Phase 5: Conclusions and recommendations*

In this last phase conclusions are drawn and recommendations are made. The results are presented and an evaluation between the University and Quaker Chemical is held.

**2. Research and description of actual situation**

Planning decisions are made on different levels of decision making. The level of a certain planning decision depends on the time the specific decision is reviewed. There are three different levels at which planning decisions are taken.

1. Strategic planning decisions (yearly)
2. Tactical planning decisions (monthly)
3. Operational planning decisions (daily)

At each specific level the following planning decisions must be taken.

***Strategic level***

- What will be the service level?
- What will be the production-, storage- and testing capacities?

***Tactical level***

- What will be the optimal batch size?
- What will be the optimal moment of production?
- What will be the optimal blender?

***Operational level***

- What will be the definite batch size?
- What will be the definite moment of production?
- What will be the definite blender?

In this research a method is developed to optimize the tactical planning decisions in order to minimize the total costs. The tactical decisions are reviewed each month and are the theoretically optima for the operational planning decisions to be taken for each production batch without process disturbances and exceptions. The following tactical planning decisions are to be optimized.

- Batch size (x1)
- Moment of production (x2)
- Blender size (x3)

In phase 2 the effects of above tactical planning decisions on the production costs, stock-keeping costs and testing costs are researched. From this research can be conducted that there are basically 5 major cost factors that are influenced by only 2 tactical planning decisions, namely the batch size (x1) and the moment of production (x2). Varying the blender size (x3) hardly has any effect on total costs. The following cost factors are



---

effected by the above mentioned tactical planning decisions.

- Labour costs of production
- Labour costs of stock-keeping
- Interest on stock
- Cost of product to become obsolete
- Labour costs of testing

The effects of the tactical planning decisions on the different cost factors are all compared and thus expressed in guilders per ton product.

### 3. Analysis of actual situation

In order to simplify the model in which optimal values are to be found to minimize total costs, the optimal value for the moment of production already can be determined. Because the optimal moment of production ( $x_2$ ) only effects the interest on stock and cost of product to become obsolete the batch should be produced as late as possible. That is when an order cannot totally be fulfilled from stock.

Having determined the optimal moment of production ( $x_2$ ) a total cost function is constructed, based solely on the optimal batch size ( $x_1$ ). The following factors influence the total cost function.

- Batch size ( $x_1$ )
- Kind of product
- Average order size  $D_0$  per product
- Average demand  $D$  per month per product
- Integral cost price  $W_i$  per ton per product
- Rate of interest  $r$
- Scrap costs  $K_s$  per ton product
- Chance  $P_{o,i}$  that product becomes obsolete in month  $i$ .

There are no methods yet to determine the average order size  $D_0$  and the average demand  $D$ . Also there is no method or insight to determine the cost of product that becomes obsolete in a certain month  $i$ . Therefore, in phase 4 the following is done.

1. Develop a method to determine the average order size  $D_0$ .
2. Develop a method to determine the average demand  $D$ .
3. Develop a method to determine the cost of product that becomes obsolete.

When all cost factors are determined the last steps to define the planning method are fulfilled.

4. Develop the total cost function.
5. Minimize the total cost function by deriving the total cost function.

### 4. Development of method for production planning

In phase 4 the steps to be taken explained in phase 3 are fulfilled.

The average order size  $D_0$  and the average demand  $D$  are monthly inferred from the information system of Quaker Chemical called PRISM. Information is gathered from the past 12 months, where more recent information are given more importance.

The cost of product that becomes obsolete depends on the phase in which a product is in





its Product Life Cycle. This phase can be determined by the time difference between the date a product was launched on the market and the actual date of measurement. Each phase in the PLC of a product has a certain chance  $P_{o,i}$  a product will become obsolete in the actual month.

Because the labour costs for production of non-half synthetic products are lower than those of half synthetic products, different total cost functions for both product groups are developed.

The optimal batch size ( $x_1$ ) per product can be determined if the derivative function of the total cost function equals zero. The optimal batch size ( $x_1$ ) per product can be determined by the following equations.

The derivative function for non-half synthetic products:

$$x_1 = \sqrt{\frac{362 - (10,79 \times Do) + A \times Do^2}{A}}$$
$$A = \left( \left( \frac{W_i \times r}{24 \times D} \right) + \left( \frac{\frac{1}{2} \times P_{o,i} \times (W_i + K_s)}{D} \right) \right)$$

The derivative function for half synthetic products:

$$x_1 = \sqrt{\frac{582 - (10,79 \times Do) + A \times Do^2}{A}}$$

All the factors used in above stated equations which are used to calculate the optimal batch size ( $x_1$ ) are automatically updated each month, when the optimal batch sizes ( $x_1$ ) per product are recalculated in a computer tool. Also the calculations will be done automatically in an Excel spreadsheet when the program will be launched. The one thing that should be done manually is to make sure that only the active products in the product line are up to date. Old versions that become obsolete in a particular month should be manually removed in only one single worksheet. If desired different scenarios can be calculated in a single minute by varying the following factors.

- Rate of interest
- Costs of scrapping per ton product
- Costs of labour per man hour for production
- Costs of labour per man hour for stock-keeping
- Costs of labour per man hour for testing

## 5. A comparison of the old and new situation

Based on knowing the optimal batch size ( $x_1$ ) per product, planning decisions at the operational level can be taken faster and better underpinned than before. At this moment planning decisions at the operational planning level are taken by human insights based on years of experience, resulting mainly in a MTO production planning. The new planning tool automates the developed production planning method and speeds up the decision-making process at the operational planning level. To minimize the total costs, the orders should be delivered totally from stock if possible. If the order size is larger than the product available on stock, a batch will be produced. If the order size is smaller than the



amount of product on stock plus the optimal batch size (x1), the optimal batch size (x1) should be produced. If the order size is larger than the amount of product on stock plus the optimal batch size (x1), the order size minus the amount on stock should be produced. In order to avoid that a product becomes obsolete due to exceeding the date of tenability, orders should always be delivered from stock first.

6. Conclusions and recommendations

Conclusions

The consequences of 3 situations, namely the production planning according to pure MTO, the production planning according to the old situation and the production planning according to the new situation, are stated in the following table. The values are calculated based on the total demand in the year 2000.

Table with 5 columns: Production, Total costs, Stock, Total stock value, Batches. Rows include MTO, Old situation, and New situation.

For each situation in above table, the total costs according to the total cost function, the total amount of product on stock, the total stock value and total number of batches to be produces are stated. In the following table the percentages of orders delivered from production and delivered from stock are stated.

Table with 4 columns: (blank), MTO, Old situation, New situation. Rows show Percentage orders from production and Percentage orders from stock.

Though the research didn't proof that the service-level will be maintained in the new situation, we can assume that the service-level will even increase. The reason for this assumption is that the service-level depends on the use of production capacity.

The major conclusion is that on a 10-year base, a cost reduction of about 9 million guilders is possible. The increase in demand per year isn't even calculated in this, but this will only increase possible savings. Also this planning method can be used in other international firms of Quaker Chemical, where total cost savings can even further be increased.

Recommendations

Though this research doesn't consider the planning decisions at the strategic level, it should be emphasized that there always should be sufficient capacities to be able to optimise the production planning. The costs of investments per ton product are so much smaller than the costs considered in the total cost function considered in this research, that investments shouldn't be saved for this reason.

An aggregate stock level should be kept for unpacked products. This will reduce total stock and total stock value and therefore lowering total interest costs and costs for product that becomes obsolete. Also the labour costs in stock keeping will be lower, because no products will be repacked.



A further reduction in the total costs of the new situation can be accomplished by reducing the cost of products becoming obsolete. In some cases when a product appears to become obsolete, information is known in advance by the product manager. Improvement of communication between the product manager and the planning department about which products might become obsolete, will decrease the amount that will become obsolete. When the planning department is aware of a product that appears to become obsolete, all orders will first be delivered from stock and other orders will only be made MTO.



## INHOUDSOPGAVE

<b>Abstract</b>	<b>I</b>
<b>Voorwoord</b>	<b>II</b>
<b>Summary</b>	<b>III</b>
<b>Symbolenlijst</b>	<b>3</b>
<b>1 INLEIDING</b>	<b>4</b>
1.1 QUAKER CHEMICAL CORPORATION .....	4
1.2 QUAKER CHEMICAL B.V. ....	4
<b>2 PRODUCTIE EN VOORRAADBEHEER</b>	<b>6</b>
2.1 PRODUCTIEPROCES .....	6
2.1.1 <i>Order processing</i> .....	6
2.1.2 <i>Planning</i> .....	7
2.1.3 <i>Inkoop</i> .....	7
2.1.4 <i>Productie</i> .....	7
2.1.5 <i>Laboratorium</i> .....	9
2.1.6 <i>Magazijn</i> .....	9
2.1.7 <i>Distributie</i> .....	9
2.1.8 <i>Weegbrug</i> .....	9
2.1.9 <i>Informatiesysteem PRISM</i> .....	9
2.2 VOORRAADBEHEER .....	10
<b>3 ONDERZOEKSPLAN</b>	<b>13</b>
3.1 AANLEIDING ONDERZOEK .....	13
3.2 DOELSTELLING EN ONDERZOEKSOPDRACHT .....	13
3.3 VRAAGSTELLING .....	14
3.4 OBJECTEN VAN ONDERZOEK .....	16
3.5 METHODEN .....	16
3.6 AFBAKENING .....	16
3.7 PLANNING .....	17
3.7.1 <i>Fase 1: Voorbereiding</i> .....	17
3.7.2 <i>Fase 2: Huidige situatie</i> .....	17
3.7.3 <i>Fase 3: Analyse</i> .....	18
3.7.4 <i>Tussenrapportage</i> .....	18
3.7.5 <i>Fase 4: Ontwerpmodel</i> .....	18
3.7.6 <i>Fase 5: Afronding</i> .....	18
3.7.7 <i>Eindpresentatie</i> .....	18
<b>4 HUIDIGE SITUATIE</b>	<b>19</b>
4.1 KOSTENMODEL .....	19
4.1.1 <i>Productiekosten</i> .....	19
4.1.2 <i>Voorraadkosten</i> .....	25
4.1.3 <i>Laboratorium kosten</i> .....	31
4.2 VRAAG .....	32
4.2.1 <i>Vraaggegevens</i> .....	32
4.2.2 <i>Servicegraad</i> .....	33
4.3 PRODUCTIEPLANNING .....	34
4.3.1 <i>Strategische beslissingen</i> .....	34
4.3.2 <i>Tactische beslissingen</i> .....	35
4.3.3 <i>Operationele beslissingen</i> .....	36



<b>5</b>	<b>ANALYSE</b>	<b>37</b>
5.1	KOSTENMODEL.....	37
5.2	VERVOLGTRAJECT.....	40
<b>6</b>	<b>PLANNINGSMETHODIEK</b>	<b>41</b>
6.1	GEMIDDELDE AFNAME D EN DO.....	41
6.2	KANS PO,IJ.....	42
6.3	KOSTENFUNCTIE.....	44
6.4	MINIMALISEREN KOSTENFUNCTIE.....	44
6.5	PLANNINGSMETHODIEK IN DE PRAKTIJK.....	46
<b>7</b>	<b>VERGELIJKING HUIDIGE EN NIEUWE SITUATIE</b>	<b>48</b>
7.1	OPERATIONELE VERSCHILLEN.....	48
7.2	FINANCIËLE VERSCHILLEN.....	48
<b>8</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>50</b>
8.1	CONCLUSIES.....	50
8.2	AANBEVELINGEN.....	51
<b>9</b>	<b>LITERATUURLIJST</b>	<b>52</b>
	TABEL 1: PERCENTAGE LEVERING UIT VOORRAAD EN PRODUCTIE	6
	TABEL 2: VERPAKKINGSSOORTEN	8
	TABEL 3: PRODUCTIEKARAKTERISTIEKEN PRIMAIRE PROCES	8
	TABEL 4: VOORRADEN IN KOOP'S	12
	TABEL 5: INDELING RAPPORT	18
	TABEL 6: GEMIDDELDE SCHOONMAAKTIJD C (IN MANUREN)	21
	TABEL 7: ARBEIDSKOSTEN PER TON (IN NLG.) VOOR (I1, I2, I3) BIJ BATCHGROOTTE VAN 15 TON	21
	TABEL 8: ARBEIDSKOSTEN PER TON (IN NLG.) VOOR (I1, I2, I3) BIJ BATCHGROOTTE VAN 20 TON	22
	TABEL 9: AFTAPSNELHEID TS	22
	TABEL 10: VRAAG PER PRODUCTGROEP IN AANTAL TON	33
	TABEL 11: VRAAG GEPRODUCEERD IN AANTAL BATCHES	35
	TABEL 12: KANS PO,I	43
	TABEL 13: OPTIMALE BATCHGROOTTE X1 VOOR ENKELE PRODUCTEN	45
	TABEL 14: TOTALE KOSTEN BIJ VERSCHILLENDE PRODUCTIEPLANNING	49
	TABEL 15: PERCENTAGE ORDERS LEVERING UIT PRODUCTIE EN UIT VOORRAAD	49
	TABEL 16: CONCLUSIES	50
	FIGUUR 1: ACTIVITEITEN VAN HET PRIMAIRE PROCES	8
	FIGUUR 2: KLANTENORDER-ONTKOPPELPUNTEN	10
	FIGUUR 3: PRODUCTIE-, VOORRAAD- EN LABORATORIUMKOSTEN ALS FUNCTIE VAN DE PLANNINGSBESLISSINGEN	14
	FIGUUR 4: TOTALE VRAAG IN AANTAL TON PER JAAR	33
	FIGUUR 5: AANTAL MAANDEN ACTIEF	41
	FIGUUR 6: TOOL IN EXCEL	47
	Bijlage 1: Organogram van Business Unit	54
	Bijlage 2: Organogrammen Management en Logistiek	55
	Bijlage 3: Informatiestromen binnen Quaker Chemical B.V.	56
	Bijlage 4: Tijdsplanning	57
	Bijlage 5: Conceptueel model	58
	Bijlage 6: Kostenverdeling	59
	Bijlage 7: Manuren	60
	Bijlage 8: Aftapsnelheid tapinstallatie	62
	Bijlage 9: Gas- en energiekosten	64
	Bijlage 10: Voorraadhoogte behandelde eenheden	66
	Bijlage 11: Vraag in aantal ton en aantal batches geproduceerd	67
	Bijlage 12: PLC	68



## SYMBOLENLIJST

$F(x_1, x_2, \dots, x_n)$	=	Som van productie-, voorraad- en laboratoriumkosten
$x_1, x_2, \dots, x_n$	=	Beslissingen van afdeling planning
$x_1$	=	Beslissing optimale batchgrootte
$x_2$	=	Beslissing optimaal moment produceren batch
$x_3$	=	Beslissing optimale blenderkeuze
C	=	Schoonmaaktijd
O	=	Bewerkingstijd batch
L	=	Laboratorium tijd
A	=	Adjustment tijd
X	=	Stagnatie tijd
I	=	Idle tijd
$S_k$	=	Tijd om koppeling te leggen tussen blender en tankwagen in manuren
$D_k$	=	Tijd om koppeling te leggen tussen blender en tapinstallatie in manuren
$i_1$	=	0 als blender niet wordt schoongemaakt, 1 als blender wel wordt schoongemaakt
$i_2$	=	0 als geen koppeling $D_k$ ; 1 als wel koppeling $D_k$
$i_3$	=	0 als geen koppeling $S_k$ ; 1 als wel koppeling $S_k$
Karheid	=	Arbeidskosten per ton product in NLG
T	=	aantal af te tappen vaten
$T_s$	=	aftapsnelheid per productsoort
$D_o$	=	Gemiddelde ordergrootte per afname per product i
D	=	Gemiddelde vraag per maand per product i
$D_j$	=	Gemiddelde vraag per jaar per product i
$W_i$	=	Kostprijs per ton voor product i
r	=	Rentepercentage
$K_s$	=	Scrapkosten per ton product
$P_{o,i,j}$	=	Kans dat product geproduceerd in maand i onverkoopbaar wordt ergens in de periode van maand i tot en met maand j
$P_{o,i}$	=	Kans dat een product in een bepaalde maand i onverkoopbaar wordt
M	=	Totaal aantal, waarover gegevens berekend worden
m	=	Maandnummer
Nm	=	Aantal orders in maand m
$O_{i,m}$	=	Ordergrootte van order i in maand m



# 1 Inleiding

In dit hoofdstuk zal in paragraaf 1.1 een beschrijving gegeven worden van de multinational Quaker Chemical Corporation betreffende de producten, die zij produceert en binnen welke markten zij actief is. In paragraaf 1.2 zal een beschrijving gegeven worden van de vestiging van Quaker Chemical in Nederland te Uithoorn.

## 1.1 Quaker Chemical Corporation

Quaker Chemical Corporation is een Amerikaanse multinational met vestigingen in Noord-Amerika, Europa, Zuid-Amerika, Zuid-Afrika en Azië. Wereldwijd zijn er bij alle vestigingen van Quaker Chemical Corporation 1100 mensen werkzaam, waarvan 165 bij de Nederlandse vestiging genaamd Quaker Chemical B.V. Als er in de toekomst over Quaker Chemical gesproken wordt, zal hiermee de Quaker Chemical B.V. bedoeld worden.

Quaker Chemical Corporation is een ISO-gecertificeerde organisatie, die zich bezighoudt met het ontwikkelen, produceren en verkopen van klant-specifieke chemische vloeistoffen voornamelijk voor de staal-, auto-, metaal- en luchtvaartindustrie. De organisatie van Quaker Chemical Corporation bestaat uit 3 onderdelen:

- *Metalworking (Business Unit)*
- *Steel / Fluid Power (Business Unit)*
- *World Wide Operations (Operational Unit)*

Binnen de 2 commerciële business units 'Metalworking' en 'Steel / Fluid Power' wordt er technologisch onderzoek gedaan en product ontwikkeling verricht van de specifieke vloeistoffen voor de verschillende industrieën.

Onder 'Metalworking' vallen de bovengenoemde activiteiten met betrekking tot producten bestemd voor de metaalbewerkende industrieën. Deze producten worden voornamelijk gebruikt voor het trekken, boren, verspanen en schoonmaken van metalen. Tevens bieden deze producten bescherming tegen corrosie van metaaloppervlakken.

Onder 'Steel / Fluid Power' vallen de bovengenoemde activiteiten met betrekking tot producten bestemd voor de staalindustrie. Deze producten worden voornamelijk gebruikt voor het koelen en smeren bij warm en koud walsen van staal. Tevens bieden deze producten bescherming tegen corrosie van het staaloppervlak en worden ze gebruikt voor het reinigen van staal. Binnen dit onderdeel vallen ook de hydraulische vloeistoffen, die bijvoorbeeld gebruikt worden in mijnen of bij het boren van tunnels.

Het laatste onderdeel 'World Wide Operations' is een operationele unit, die alle logistieke en productie activiteiten coördineert.

De verkoop en marketing van producten voor de lokale markt wordt verzorgd door regionaal industrie management. Accounting, personeelsbeleid en informatietechnologie worden op globaal niveau gemanaged.

## 1.2 Quaker Chemical B.V.

Quaker Chemical B.V. is een onderdeel van Quaker Chemical Corporation gevestigd te Uithoorn sinds 1962. Quaker Chemical B.V. is de hoofdvestiging van Quaker Chemical Corporation in Europa. De procesvloeistoffen die Quaker Chemical produceert zijn walsoliën, hydraulische vloeistoffen, ferrocoats, koel- en slijpvloeistoffen, dieptrekoliën en coatings. Verder wordt er geëxperimenteerd met de productie van verfstoffen. Er worden in totaal ongeveer 500 verschillende producten gemaakt.

De vloeistoffen worden batchgewijs op klantorder geproduceerd. Verder ontwikkelt en produceert Quaker Chemical nieuwe vloeistoffen op aanvraag van de klant. Deze producten heten *specialities* en worden ontwikkeld en getest in het laboratorium van Quaker Chemical.



In 2000 produceerde Quaker Chemical B.V. 10000 ton intermediate en 47000 ton eindproduct met een totale omzet van 200 miljoen gulden. Intermediates worden binnen Quaker geproduceerd uit grondstoffen, waarbij de intermediates op zich ook weer als grondstof gebruikt worden voor de productie van eindproducten

Aan het hoofd van elk van de business units van Quaker Chemical staat een Regional Industry Manager. Deze is verantwoordelijk voor de te volgen strategie. De Product Manager is verantwoordelijk voor de technische en economische aspecten van de producten. Elke Product Manager heeft zijn eigen Marketing Product Line (MPL). Een MPL krijgt producten toegewezen op basis van de geografische ligging van de klanten van deze producten. Het contact tussen Quaker Chemical en de klant wordt gelegd door de Sales Manager (zie bijlage 1: Organogram van Business Unit). De organogrammen van het management van Quaker Chemical en Quaker Chemical logistiek zijn weergegeven in bijlage 2: Organogrammen Management & Logistiek.

De bedrijfsstrategie van Quaker Chemical is het produceren van hoogwaardige klantspecifieke producten en deze te leveren met een hoge service graad tegen minimale kosten.

Het doel is om wereldwijd marktleider te zijn in alle markten waarin zij actief is. Hierbij zal Quaker Chemical bekend staan door de positieve groei, de financiële successen en als de beste werkgever voor haar werknemers.





## 2 Productie en voorraadbeheer

Het primaire proces van Quaker Chemical bestaat uit de productie van chemische vloeistoffen. Verder ontwikkelt en test Quaker Chemical nieuwe producten. Om een eerste algemene indruk te krijgen van de huidige situatie binnen Quaker Chemical worden in dit hoofdstuk het productieproces en voorraadbeheer beschreven. In paragraaf 2.1 zullen de activiteiten beschreven worden, die door de verschillende afdelingen van Quaker Chemical verricht worden. Deze activiteiten zijn direct van invloed op het primaire proces. Ondersteunende activiteiten en afdelingen zullen niet besproken worden, omdat deze niet van invloed zijn op de nog te bespreken doelstelling van dit onderzoek. Een schematische weergave van de verschillende afdelingen met bijbehorende informatiestromen is in bijlage 3 weergegeven. In paragraaf 2.2 is het voorraadbeheer van Quaker Chemical in kaart gebracht met de posities van de klantenorder-ontkoppelpunten (KOOP). Deze KOOP's geven de verschillende voorraadpunten binnen Quaker Chemical weer.

### 2.1 Productieproces

In deze paragraaf worden de verschillende afdelingen besproken, die direct invloed hebben op het primaire proces.

#### 2.1.1 Order processing

Het productieproces wordt aangestuurd door het accepteren van een klantorder, omdat Quaker Chemical produceert op order (Make-To-Order = MTO). Deze klantorder komt binnen bij de afdeling *Order processing*. Nieuwe orders kunnen gegeven worden door klanten of door buitenlandse vestigingen van Quaker Chemical Corporation. De laatste groep worden ook wel *affiliates* genoemd. Hoewel de klanten alléén eindproducten bestellen, kunnen affiliates ook grondstoffen en intermediates bestellen.

Bij de bestelling van eindproducten wordt door Order processing in het informatiesysteem PRISM (zie 2.1.9) gecontroleerd of het product nog op voorraad is. Als het product voldoende op voorraad is, dan wordt er een orderbevestiging gemaakt en het product uit voorraad geleverd. Is het product niet voldoende op voorraad, dan wordt dit overlegd met de afdeling *Planning* en wordt er een productie order gemaakt en ingepland. Bij de bestelling van grondstoffen wordt in overleg met de afdeling *Inkoop* bepaald of er voldoende grondstof of intermediaat op voorraad is. Inkoop moet dan eventueel nieuwe grondstoffen bestellen. In 2000 werd 30% van de orderregels ingepland voor productie en kon 70% rechtstreeks uit voorraad geleverd worden. Dit komt overeen met 75% respectievelijk 25% van het totaal aantal kilogram verkocht product (zie tabel 1).

	kilogram	orderregels
% uit voorraad	25%	70%
% uit productie	75%	30%

Tabel 1: Percentage levering uit voorraad en productie

Als de verzenddatum van een order bekend is, wordt er een *factory order* gemaakt. Hierop staat vermeld het klantadres, het klantnummer, de orderdatum, de verzenddatum, het product, het productnummer, het gewicht, het type verpakking en eventuele speciale leveringscondities. De *factory order* wordt dan vervolgens geprint bij de afdelingen Productie, Magazijn, en Laboratorium. Uiteindelijk worden de *factory order*, de orderbevestiging en de order van de klant samengevoegd en afgegeven bij de afdeling Distributie, die de verzending uiteindelijk verzendklaar maakt.

Als een klant een product bestelt, dat niet bij Quaker Chemical op voorraad is of geproduceerd kan worden, geeft Order processing dit door aan Inkoop. Inkoop plaatst dan een bestelling bij een van de affiliates voor het leveren van dit product aan de desbetreffende klant. Dit product kan dan direct of indirect via Quaker Chemical aan de klant geleverd worden.



### 2.1.2 Planning

Op de afdeling Planning wordt iedere morgen een lijst uitgeprint, waarop alle niet geplande klantenorders weergegeven zijn die geproduceerd moeten worden. Klantenorders die niet uit voorraad geleverd kunnen worden, worden handmatig gescheduled door de afdeling planning. Dit wordt gedaan met behulp van een Excel spreadsheet.

Aan de hand van de verzenddatum die op deze lijst staat, worden de klantenorders gepland voor de komende drie weken. De planner plant de productie van een order die verpakt moet worden twee dagen voor de verzenddatum en een bulkorder één dag van tevoren. Deze periode houdt Planning aan, omdat er verstoringen op kunnen treden of de planning gewijzigd kan worden. Planning plant een batch van het gevraagde product in op een bepaalde dag in een geschikte blender. Hierbij wordt getracht zoveel mogelijk orders te combineren in één batch om de capaciteit optimaal te benutten. De producten zijn gebaseerd op olie- of op waterbasis. Een product gebaseerd op waterbasis mag niet gecontamineerd worden met olie en vice versa. Dit betekent dat een blender grondig gereinigd moet worden als er overgeschakeld wordt tussen een product gebaseerd op olie en een product op waterbasis. Om tijd voor het reinigen te besparen wordt geprobeerd om zoveel mogelijk producten op dezelfde basis achter elkaar te plannen.

### 2.1.3 Inkoop

De afdeling *Inkoop* bestelt een grondstof bij de leverancier indien de voorraad grondstof in het magazijn onder de veiligheidsvoorraad komt. De omvang van de voorraden is beschikbaar in PRISM. De afdeling inkoop plaatst tevens een grondstoffenorder indien de voorraad in de opslagtanks onder een bepaald niveau komt of omdat de productie van een batch gepland is waarbij een grondstof Just In Time aangeleverd moet worden. In het laatste geval wordt dit aangegeven door de afdeling Planning. Het gaat in deze gevallen altijd om bulktransport waarvoor de afdeling Inkoop een transportopdracht aan de bulkvervoerder geeft.

### 2.1.4 Productie

Het primaire proces van Quaker Chemical bestaat uit het mengen van verschillende grondstoffen in blenders tot chemische vloeistoffen, die gebruikt kunnen worden als intermediale of als eindproduct. De eindproducten worden geproduceerd, door het mengen van grondstoffen, intermediates of beiden door elkaar. Het is dus niet zo dat de eindproducten alleen uit intermediates bestaan. Eindproducten kunnen ook uit alleen grondstoffen bestaan. Dit betekent, dat er noch gesproken kan worden over een convergente productstructuur noch een divergente productstructuur. Gemiddeld bestaan de eindproducten uit 10 – 20 grondstoffen en/of intermediates. Dit mengproces gebeurt onder bepaalde condities afhankelijk van het type product dat geproduceerd wordt. Sommige grondstoffen moeten eerst twee dagen in een zogenaamde 'hot room' worden gezet om de voor productie benodigde viscositeit te verkrijgen. Het produceren vindt batchgewijs plaats in een aantal atmosferische blenders en twee vacuüm blenders die zijn geplaatst in twee fabrieken. Één van deze vacuüm blenders kan automatisch 5 batches achter elkaar produceren. Alle andere blenders moeten handmatig bediend worden. Aan de hand van batchkaarten en menginstructies voegen de operators de juiste hoeveelheden grondstoffen onder bepaalde condities toe aan de blenders. Op de batchkaarten staat vermeld welke hoeveelheden van welke grondstoffen toegevoegd moeten worden voor het gewenste product. De menginstructies beschrijven welke handelingen in welke volgorde de operator moet toepassen om de batch te produceren. Elk soort product heeft zijn eigen menginstructie. Als de batch gereed is, wordt er een monster afgenomen en getest door het lab of de batch aan de gestelde specificaties voldoet. Is dit niet het geval, dan wordt geprobeerd om de batch aan te passen en binnen de gestelde specificaties te krijgen. Dit laatste wordt *adjustment* genoemd. Als de batch goedgekeurd wordt, dan wordt de batch verpakt. Alléén de intermediates en eindproducten die verpakt worden, gaan over de tapinstallatie en moeten derhalve afgevuld worden. De bulkgoederen worden rechtstreeks in tankwagens afgevuld. De eindproducten en intermediates kunnen verscheept worden in verschillende verpakkingen afhankelijk van de wens van de klant. Er zijn behalve tankwagens voor bulktransport in totaal 16 verpakkingsoorten, waarvan 12 verschillende vaten en 4 verschillende IBC's. De verschillende verpakkingsoorten met de daarbij behorende inhoud staan weergegeven in tabel 2. De inhoud van een tankwagen kan variëren afhankelijk van het type tankwagen.



Verpakkingssoort	Naam verpakking	Inhoud (in liters)
Drum	D03	200
Drum	D07	200
Drum	D08	200
Drum	D09	60
Drum	D10	60
Drum	D19	5
Drum	D23	1
Drum	D24	5
Drum	D30	200
Drum	D51	25
Drum	D72	60
Drum	D73	200
IBC	I07	1000
IBC	I12	1000
IBC	I15	1000
IBC	I16	600

Tabel 2: Verpakkingssoorten

In het jaar 2000 zijn er ongeveer 800 verschillende combinaties van een bepaald eindproduct en bepaalde verpakking geproduceerd.

Als producten onverkoopt worden, maar toch nog op voorraad liggen, dan worden deze producten *obsolete* genoemd. Deze producten moeten weggewerkt worden, wat een bepaald *reject* percentage van de totale productie tot gevolg heeft.

In onderstaande tabel 3 staan de waarden van de gemiddelde productiekarakteristieken weergegeven van het primaire proces van Quaker Chemical.

Werktijd per dag	8 uur
Gemiddelde batchduur	8 uur
Batchgrootte	200 - 25000 kg.
Gemiddelde kans op adjustment	0,01
Gemiddelde aantal batches per dag	15
Aantal blenders	21

Tabel 3: Productiekarakteristieken primaire proces

De te onderscheiden activiteiten in het primaire proces zijn chronologisch in figuur 1 weergegeven. De witte activiteiten treden altijd op, de grijs getinte activiteiten treden op afhankelijk van de situatie.



Figuur 1: Activiteiten van het primaire proces



### 2.1.5 Laboratorium

In het laboratorium worden de monsters van grondstoffen en geproduceerde batches getest om te controleren of de metingen binnen de gestelde grenzen vallen. Dit wordt per batch gedaan in het laboratorium van de afdeling productie. Aan de hand van de resultaten wordt beslist, wat er met de betreffende grondstoffen of batches gedaan wordt. In andere laboratoria van Quaker Chemical worden nieuwe producten ontwikkeld, aangepast en getest.

### 2.1.6 Magazijn

In het magazijn worden de grondstoffen, intermediates en eindproducten opgeslagen. Als er batches geproduceerd worden, moeten de grondstoffen 'gepickt' worden, die nodig zijn voor productie. Dit picken wordt gedaan aan de hand van picklijsten, die door planning gemaakt worden. De operators van het magazijn 'picken' de producten en brengen ze naar de blender waarin de batch geproduceerd gaat worden. Verpakte eindproducten in IBC's of vaten worden door deze operators in het magazijn opgeslagen. Eventuele etiketten worden ook door de operators van het magazijn op de verpakkingen aangebracht. Grondstoffen die eventueel in een 'hot room' voor een bepaalde tijd moeten staan, worden daar door de operators van het magazijn geplaatst.

De *stock controller* houdt toezicht op de minimale gewenste voorraad intermediates en eindproducten. Indien de voorraad onder een vastgesteld niveau komt, wordt een voorraadorder aan de afdeling planning gegeven.

### 2.1.7 Distributie

Distributie zorgt voor het opstellen van de verzendinstructies en vervoersdocumenten als de order gereed is om getransporteerd te worden naar de klant. Het fysieke transport van de producten wordt uitbesteed aan externe transportbedrijven.

De batchkaarten van de verschillende afdelingen en de documenten van Order Processing worden hier verzameld, waarna de verschillen tussen de geplande hoeveelheid grondstoffen en werkelijke hoeveelheid gebruikte grondstoffen ingevoerd worden in PRISM. Dit wordt gedaan om eventuele verschillen tussen de aangegeven hoeveelheid grondstoffen op voorraad in PRISM en de werkelijke hoeveelheid grondstoffen op voorraad te voorkomen.

### 2.1.8 Weegbrug

Op de weegbrug wordt inkomende lading en uitgaande lading gewogen. De resultaten worden vermeld op de desbetreffende weegbrief. Deze weegbrieven hebben alleen betrekking op bulktransport.

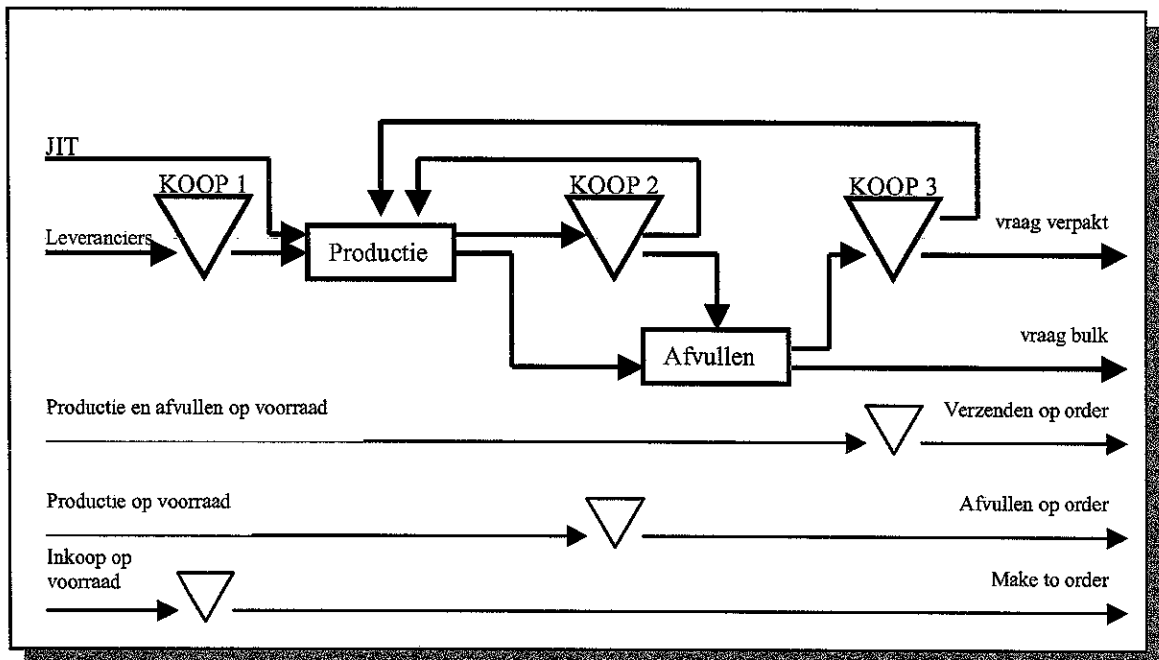
### 2.1.9 Informatiesysteem PRISM

In 1991 is bij Quaker Chemical het integrale informatiesysteem PRISM ingevoerd. Onderdeel van dit systeem zijn de gegevens betreffende productieplanning. Quaker Chemical gebruikt het pakket ter ondersteuning van de informatievoorziening. Het is speciaal voor chemische bedrijven ontwikkeld en is grotendeels gebaseerd op Manufacturing Resource Planning. PRISM wijkt gedeeltelijk af van MRP-pakketten voor stuksproductie; de stuklijst is namelijk veel flexibeler en daarom is het pakket ook toepasbaar in de procesindustrie. PRISM wordt gebruikt voor de registratie en vervaardiging van customer orders, purchase orders, factory orders, batchlijsten en picklijsten. Tevens wordt het systeem gebruikt voor de registratie van voorraden. Samengevat is PRISM voornamelijk een registratie- en communicatiesysteem.



## 2.2 Voorraadbeheer

De positie van het KOOP speelt een centrale rol in het logistiek besturingsconcept. Het KOOP is namelijk het punt van waaraf de goederenstroom bestuurd wordt door de individuele klantorders [Bertrand]. Hier kan men de verschillende productiesituaties mee karakteriseren. De verschillende KOOP's komen overeen met de plaatsen, waar voorraden aangelegd worden. Deze plaatsen zijn bepalend voor het logistieke besturingsconcept. In figuur 2 zijn de mogelijke posities van het KOOP bij Quaker Chemical weergegeven. Per KOOP zal aangegeven worden, welke soort voorraad aangelegd wordt.



Figuur 2: Klantenorder-ontkoppelpunten

### KOOP 1

Aangezien het grootste gedeelte van de productie uit bulkgoederen bestaat en deze rechtstreeks uit de productie naar de klant vervoerd worden, wordt er bij Quaker Chemical voornamelijk op klantorder geproduceerd. De levertijd van grondstoffen is gemiddeld langer (10-15 dagen) dan de gevraagde levertijd van eindproducten (6-8 dagen) voor de klant. Dit heeft als gevolg, dat grondstoffen op voorraad gelegd moeten worden om aan de gevraagde levertijd van de klant te kunnen voldoen. De productlevenscycli (PLC) van de producten zijn over het algemeen kort, waardoor het risico incourant groot is. Hierdoor wordt er niet van elk eindproduct voorraad aangelegd. Een andere reden waarom er niet op voorraad geproduceerd wordt, is dat er maar een beperkte opslagcapaciteit is. Hierdoor worden bulkorders nooit op voorraad gelegd. Voor de voorraadbeheersing van grondstoffen is er een voorraadbeheersingssysteem geïmplementeerd, dat uitgaat van de vraag naar producten in het verleden [Hoorstra (1993)]. Hiervoor is een geautomatiseerd beslissingsondersteunend systeem ontworpen voor de berekening van de veiligheidsvoorraden. Op basis van deze veiligheidsvoorraden worden de grondstoffen door inkoop besteld en op voorraad gelegd. Er zijn in totaal 429 verschillende actuele grondstoffen. Een actuele grondstof wil zeggen, dat deze grondstof in het jaar 2000 minimaal 1 maal in een eindproduct verwerkt is. In KOOP 1 lag in het jaar 2000 gemiddeld 2183 ton grondstof op voorraad met een totale gemiddelde waarde van 5,4 miljoen gulden.



## KOOP 2

In KOOP 2 worden geproduceerde intermediates en eindproducten die nog niet verpakt zijn op voorraad gelegd. De intermediates en eindproducten in KOOP 2 worden opgeslagen in opslagtanks. Intermediates worden later voor de productie van eindproducten gebruikt. Tevens kunnen internationale Quaker vestigingen bestellingen plaatsen voor intermediates. In het laatste geval moeten de intermediates verpakt worden voor verder transport naar één van de internationale vestigingen. Om economische en technische redenen worden de intermediates in relatief grote batches binnen Quaker Chemical B.V. geproduceerd. Een belangrijke reden waarom intermediates gemaakt worden, is dat voor de productie van sommige eindproducten bepaalde ingrediënten voorgemengd moeten worden. Het voorraadmiveau wordt aangevuld op verzoek van de stock controller. Dit gebeurt wanneer de voorraad onder het bestelniveau komt of wanneer er een grote hoeveelheid eindproduct geproduceerd wordt, waarin de betreffende intermediate gebruikt wordt. In deze situatie wordt arbitrair beslist, wanneer en hoeveel er op voorraad gelegd moet worden. Er liggen op dit moment in totaal 6 soorten intermediates en 5 soorten eindproducten in KOOP 2 op voorraad. In KOOP 2 lag in het jaar 2000 gemiddeld 161 ton onverpakt eindproduct op voorraad met een totale gemiddelde waarde van 0,2 miljoen gulden. Voor intermediates was dit gemiddeld 373 ton met een gemiddelde waarde van 0,7 miljoen gulden.

## KOOP 3

In KOOP 3 worden de verpakte eindproducten en verpakte intermediates, die nog niet gereserveerd zijn voor een klant op voorraad gelegd. Dit betekent, dat deze producten nog niet voor een specifieke klant bestemd zijn. Bulkgoederen worden nooit op voorraad gelegd, omdat deze altijd op order worden geproduceerd. De verpakte intermediates worden weer voor productie gebruikt of aan internationale Quaker vestigingen uitgeleverd, de verpakte eindproducten worden uit voorraad aan de klanten uitgeleverd. Er zijn in totaal ongeveer 450 verschillende actuele eindproducten en 37 verschillende actuele intermediates. Deze kunnen zowel verpakt als onverpakt opgeslagen worden. In KOOP 3 worden alleen verpakte eindproducten opgeslagen. Actueel wil zeggen, dat een eindproduct of intermediate minimaal 1 maal in het jaar 2000 geproduceerd werd. In KOOP 3 lag in het jaar 2000 gemiddeld 989 ton verpakte eindproducten op voorraad met een totale gemiddelde waarde van 2 miljoen gulden. Het aantal verschillende producten zonder onderscheid in verpakking op voorraad was gemiddeld 200 stuks, het aantal eindproducten met een verschillende verpakking was gemiddeld 400 stuks. Voor verpakte intermediates lag gemiddeld 162 ton met een totale gemiddelde waarde van 0,5 miljoen gulden op voorraad. Alle actuele soorten intermediates liggen normaal gesproken op voorraad. Het aantal intermediates met een verschillende verpakking was gemiddeld 50 stuks. Van tijd tot tijd verdwijnen er intermediates en eindproducten en komen er nieuw ontwikkelde versies bij. Er zijn twee redenen waarom er op voorraad geproduceerd wordt:

- a) Als de doorlooptijd van de productie van een product langer is dan de gevraagde levertijd, wordt er een veiligheidsvoorraad aangehouden en op voorraad geproduceerd. De beslissing om een bepaalde veiligheidsvoorraad voor eindproducten te hebben, wordt in 90% van de gevallen genomen door de productmanager van een bepaalde productgroep. De productmanager beslist ook over de hoogte van de veiligheidsvoorraad. De bestelhoeveelheden en voorraadhoogtes voor intermediates worden door de stock controller bepaald. De voorraadbeheersing gebeurt volgens de (B, Q)- bestelmethode. Deze methode is erop gericht dat de bestellingen ter grootte van Q plaatsvinden, zodra de voorraad onder het bestelniveau B komt. De stock controller plaatst een bestelling aan de hand van productie- en voorraadgegevens bij de afdeling planning.
- b) Een andere reden waarom er op voorraad geproduceerd wordt, is om economisch voordeel te halen. Voor een aantal producten geldt de SMABA (=small batches) procedure, waarbij om de 6 maanden de order- en batchdata onderzocht worden van de producten die niet alleen in bulk geleverd zijn. Er wordt dan onderzocht welke producten regelmatig in kleine batches zijn gemaakt. Rekening houdend met houdbaarheid, risico incourant, verschillende versies en klantgedrag wordt in overleg met de productmanager



overlegd, welke producten samen in 1 batch op voorraad geproduceerd kunnen worden om productiekosten te besparen.

Samengevat staat in tabel 4 nog eens weergegeven, wat de gemiddelde voorraadhoogte en bijbehorende gemiddelde voorraadwaarde in het jaar 2000 was in de verschillende KOOP's van de verschillende opgeslagen soorten eenheden.

KOOP	Soort voorraad	Gemiddelde voorraadhoogte (in # ton)	Gemiddelde voorraadwaarde (in miljoen guldens)
1	grondstof	2183	5,4
2	intermediate onverpakt	373	0,7
2	eindproduct onverpakt	161	0,2
3	intermediate verpakt	162	0,5
3	eindproduct verpakt	989	2,0

Tabel 4: Voorraden in KOOP's



## 3 Onderzoeksplan

In dit hoofdstuk wordt het onderzoeksplan beschreven, dat gebruikt gaat worden als leidraad voor het te onderzoeken probleem. Een onderzoeksplan geeft een duidelijk en realistisch antwoord op de vragen WAAROM, WAT, WAAR, HOE, HOEVEEL en WANNEER onderzocht gaat worden [Verschuren]. De verschillende stappen in het onderzoeksplan worden beschreven in onderstaande paragrafen. In paragraaf 3.1 wordt uiteengezet welke problemen spelen en waartoe een verandering zal moeten leiden (WAAROM). In paragraaf 3.2 wordt vervolgens precies omschreven wat er met dit onderzoek bereikt wil worden (WAAROM). In paragraaf 3.3 worden de vragen geformuleerd die beantwoord moeten worden om aan de kennis te komen, die nodig is voor een juiste aanpak van het probleem (WAT). In paragraaf 3.4 wordt beredeneerd waar het relevante onderzoeksmateriaal gevonden dient te worden (WAAR). In paragraaf 3.5 wordt bepaald hoe dit relevante onderzoeksmateriaal uit de desbetreffende bronnen onttrokken zal worden (HOE). In paragraaf 3.6 wordt uit het oogpunt van beperkte middelen bepaald binnen welke grenzen het probleem onderzocht zal worden (HOEVEEL). Tenslotte wordt in paragraaf 3.7 een planning gemaakt, waarin de verschillende fasen van het onderzoek ingedeeld worden (WANNEER).

### 3.1 Aanleiding onderzoek

Quaker Chemical produceert in de huidige situatie grotendeels op order. Voor ongeveer 500 verschillende eindproducten, 37 verschillende intermediates en 21 verschillende blenders met verschillende capaciteiten en restricties, leidt dit tot een zeer complexe productie omgeving. Bovendien is de vraag voor veel producten zeer onregelmatig en worden er geen vraagvoorspellingen van de verschillende producten gemaakt. Er wordt geen vraagvoorspelling gemaakt, omdat dit als te complex en dus als nagenoeg onmogelijk wordt beschouwd. De productie planning, die de batches inplant in de verschillende blenders, gebeurt handmatig. Deze productie planning, wordt gedaan op basis van inzicht en jarenlange ervaring. Deze omstandigheden geven management het gevoel, dat batches tegen lagere kosten ingepland zouden kunnen worden. Hierbij moet de service graad ten opzichte van de klanten tenminste gelijk blijven. De behoefte van Quaker Chemical om de kosten te verlagen door het bepalen van batchgroottes en inplannen van batches, vormt de aanleiding van dit onderzoek.

### 3.2 Doelstelling en onderzoeksopdracht

Orders kunnen geleverd worden uit productie of uit voorraad. In het eerste geval wordt een batch MTO (= Make To Order) geproduceerd. Als een order uit voorraad wordt geleverd is een hele batch of een gedeelte van een batch volgens MTS (= Make To Stock) geproduceerd. Een gedeelte van een geproduceerde batch kan namelijk rechtstreeks uit productie naar de klant vervoerd worden en het andere gedeelte van de batch op voorraad gezet worden. In de huidige situatie wordt er echter zelden een hele batch volgens MTS geproduceerd. De orders die geproduceerd worden volgens MTO worden gegeven door de afdeling Order Processing, de orders geproduceerd volgens MTS worden gegeven door de Stock Controller. Al deze orders komen bij de afdeling Planning, waar ze worden ingepland voor de verschillende blenders. De kosten die gemaakt worden bij produceren volgens MTO bestaan uit productiekosten en laboratoriumkosten, omdat deze producten niet op voorraad gelegd worden. Bij productie volgens MTS bestaan de kosten uit productiekosten, voorraadkosten en laboratoriumkosten. Er moet een optimum bepaald worden bij welke productieplanning de som van de *productiekosten, voorraadkosten en laboratoriumkosten* minimaal is.

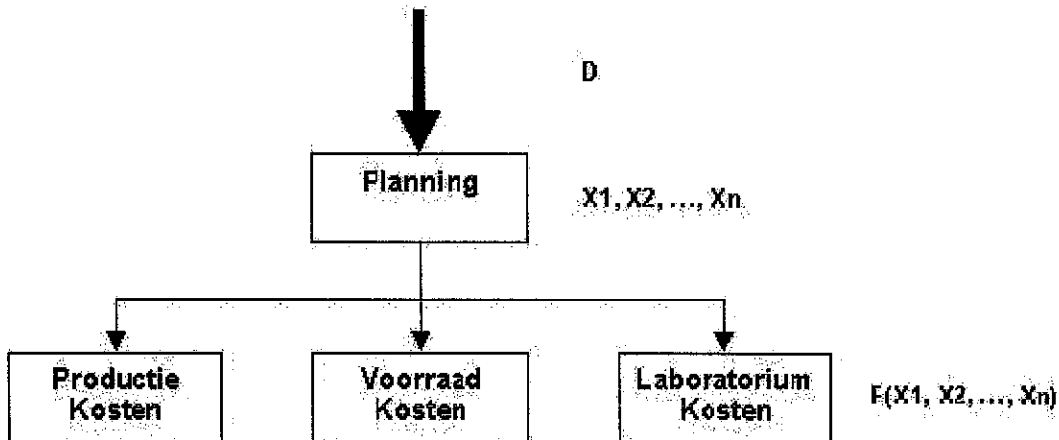
De som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten wordt bepaald door de manier hoe batches ingepland worden en in welke batchgroottes geproduceerd wordt. Het inplannen van batches en het bepalen van de batchgroottes wordt gedaan door de afdeling planning naar aanleiding van een bepaalde vraag. Dit betekent, dat de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten afhankelijk zijn van de manier van inplannen van de vraag. Je zou ook





kunnen zeggen, dat de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten een functie is van de beslissingen, die genomen worden door de afdeling planning (zie figuur 3).

$F(x_1, x_2, \dots, x_n)$  = Som van productie-, voorraad- en laboratoriumkosten  
 $x_1, x_2, \dots, x_n$  = Genomen beslissingen van de afdeling planning  
D = Vraag



Figuur 3: Productie-, voorraad- en laboratoriumkosten als functie van de planningsbeslissingen

Naar aanleiding van het voorgaande wordt met dit onderzoek het volgende doel nagestreefd:

*“Verlaging van de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten door het bepalen van een inplanningsmethodiek van de vraag bij gelijke service graad.”*

Bovenstaande doelstelling leidt tot de volgende onderzoeksopdracht:

*“Stel een methodiek op voor de afdeling planning, die kan bijdragen aan de verlaging van de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten door het inplannen van de vraag bij gelijke service graad.”*

### 3.3 Vraagstelling

De som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten is afhankelijk van de te nemen beslissingen van de afdeling planning. Er zijn 3 verschillende beslissingsniveaus, waarop de afdeling planning beslissingen neemt.

1. Strategische beslissingen
2. Tactische beslissingen
3. Operationele beslissingen

Bovenstaande 3 soorten beslissingsniveaus worden binnen verschillende tijdsintervallen opnieuw bekeken en eventueel herzien. Strategische beslissingen worden jaarlijks bekeken en hebben betrekking op structurele lange termijn beslissingen. Tactische beslissingen worden maandelijks bekeken en dienen als ondersteuning voor het nemen van operationele beslissingen. De operationele beslissingen worden dagelijks (per batch) genomen en bepalen uiteindelijk, hoe de vraag voor productie ingepland wordt. In bijlage 5 is modelmatig de samenhang tussen de verschillende kosten, de vraag en de productieplanning op de verschillende planningsniveaus in kaart gebracht.



### **Strategische beslissingen:**

De strategische beslissingen die jaarlijks genomen worden, bepalen binnen welke restricties en onder welke voorwaarden de productie ingepland moet worden. Deze beslissingen zijn van invloed op de benodigde capaciteiten. De volgende strategische beslissingen moeten jaarlijks genomen worden.

- Wat wordt de hoogte van de servicegraad?
- Bij welke capaciteiten, zoals blenders, opslagtanks, magazijnruimte en testcapaciteit moet de vraag ingepland worden?

### **Tactische beslissingen:**

De tactische beslissingen die maandelijks genomen worden, bepalen theoretisch gezien de optimale manier, hoe de vraag ingepland moet worden. Dit wordt per product gedaan en moet als beslissingsondersteunende informatie dienen voor de afdeling planning. De volgende tactische beslissingen moeten maandelijks genomen worden.

- Wat is de optimale batchgrootte voor een bepaald product?
- Wat is het optimale moment van produceren van een bepaald product?
- Wat is de optimale blenderinhoud waarin geproduceerd moet worden?

### **Operationele beslissingen:**

De operationele beslissingen die dagelijks per batch genomen worden, bepalen op welke manier een batch ingepland wordt. De operationele beslissingen worden genomen op basis van de actuele situatie en bovenstaande tactische beslissingen voor een bepaald product. De volgende operationele beslissingen moeten per batch genomen worden.

- Wat wordt de werkelijke batchgrootte voor de actuele situatie?
- Wanneer wordt een batch geproduceerd?
- In welke blender wordt een batch geproduceerd?

De tactische beslissingen zijn dezelfde beslissingen die gemaakt moeten worden als de operationele beslissingen, met als verschil dat de tactische beslissingen slechts theoretisch optimale waarden zijn. In de praktijk zijn theoretisch optimale waarden door bijvoorbeeld productieverstoringen zelden te realiseren, waardoor de uiteindelijke operationele beslissingen waarschijnlijk af zullen wijken van de theoretische beslissingen.

Zowel de strategische, tactische als operationele beslissingen moeten genomen worden met als doel kostenminimalisatie van de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten. Om de doelstelling uit paragraaf 3.2 te verwezenlijken en de onderzoeksopdracht te kunnen vervullen, moeten de volgende twee stappen uitgevoerd worden:

1. Ontwerp een kostenfunctie van de som van de productie-, voorraad-, en laboratoriumkosten.

Deze kostenfunctie geeft de relatie weer tussen de beslissingen die genomen worden op de verschillende planningsniveaus en de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten. Het doel van het onderzoek wordt bereikt als deze kostenfunctie geminimaliseerd wordt. In de kostenfunctie worden alleen die kosten meegenomen, die afhankelijk zijn van hoe de afdeling planning batchgroottes bepaalt en ze inplant. De kosten voor energie om het magazijn op temperatuur te krijgen behoren namelijk wel tot de voorraadkosten, maar zijn niet beïnvloedbaar door de afdeling planning. Deze kosten worden dus niet in de kostenfunctie meegenomen.



2. Ontwerp een methodiek om de totale kostenfunctie te minimaliseren, waarbij de vraag ingepland moet worden onder gelijk blijvende servicegraad.

Om de noodzakelijke informatie te vergaren om bovenstaande 2 stappen uit te kunnen voeren, moeten er antwoorden gevonden worden op bepaalde onderzoeksvragen. Er moet onderzocht worden, welke productie-, voorraad- en laboratoriumkosten in welke mate afhankelijk zijn van de beslissingen die genomen worden op de 3 verschillende beslissingsniveaus. Eerst moet dus duidelijk worden, hoe de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten zijn opgebouwd en vervolgens welke van deze kosten afhankelijk zijn van de genomen beslissingen. Daarna willen we bepalen in welke mate de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten afhangen van de te nemen beslissingen. Om dit te weten te komen moeten de onderstaande onderzoeksvragen beantwoord worden.

#### **Onderzoeksvragen:**

- Uit welke kosten zijn de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten opgebouwd?
- Welke kostensoorten zijn afhankelijk van de verschillende planningsbeslissingen?
- Wat is de mate van afhankelijkheid tussen de verschillende planningsbeslissingen en de verandering in de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten?

Als bovenstaande onderzoeksvragen beantwoord zijn, wordt het mogelijk om een planningsmethodiek te ontwerpen, die ondersteuning biedt om de strategische-, tactische- en operationele beslissingen onderbouwd te kunnen nemen.

### **3.4 Objecten van onderzoek**

De kennis die uit bovenstaande vragen naar voren moet komen, zal verzameld worden uit verschillende objecten. Binnen Quaker Chemical zijn dit de afdelingen accounting, productie, warehousing en IT. Bij accounting zullen de financiële cijfers geraadpleegd worden. Bij IT zullen de overige cijfers, zoals bijvoorbeeld productiecijfers, via het systeem PRISM geraadpleegd worden. Bij de afdelingen productie en warehousing zullen de strategische, tactische en operationele kanten van dit onderzoek onderzocht en besproken worden. Indien nodig zal de literatuur bestudeerd worden om bestaande theorieën en methoden te raadplegen en te vergelijken. Tevens zal gebruik worden gemaakt van de kennis en ideeën van vakmensen op dit gebied, waaronder medewerkers van de Technische Universiteit Eindhoven.

### **3.5 Methoden**

Onderzoek zal uitgevoerd worden op basis van analyse van productie-, voorraad- en laboratoriumgegevens, raadpleging van de literatuur en het afnemen van interviews met personeel van de productie afdeling, het magazijn en het laboratorium.

### **3.6 Afbakening**

Dit onderzoek zal zich alléén richten op de productie van eindproducten binnen Quaker Chemical. Er wordt aangenomen dat de aanvoer van grondstoffen JIT is en deze met een zekerheid van 100% aanwezig is bij de start van de productie van een batch. De voorraadbeheersing van grondstoffen en de voorraadbeheersing van de productieplanning zijn dus ontkoppeld. Er wordt alleen gekeken, hoe een betere productieplanning kan bijdragen aan een verlaging van de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten. Andere manieren zoals bijvoorbeeld de productiemethode, zullen niet bekeken worden om de som van productie-, voorraad- en laboratoriumkosten te verlagen.



Dit onderzoek zal zich hoofdzakelijk richten op het bepalen van de **tactische beslissingen**, die door de afdeling planning genomen moeten worden. Dit betekent dat er een methode ontwikkeld wordt, die de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten minimaliseert door onderstaande tactische planningsbeslissingen te optimaliseren.

- Batchgrootte (x1)
- Moment van produceren van een batch (x2)
- Blenderinhoud (x3)

Hoewel de afdeling planning ook de operationele beslissingen moet nemen, zal dit niet in dit onderzoek behandeld worden. De operationele beslissingen zullen, ondersteund door de tactische beslissingen, uiteindelijk genomen worden door de planners zelf.

### 3.7 Planning

De planning van dit onderzoek bestaat uit 5 fases, een tussenrapportage en een eindpresentatie. Fase 1 is een kennismakingsfase met de organisatie van Quaker Chemical. Fase 2 en fase 3 vormen samen het oriënterende gedeelte van dit onderzoek ook wel de **onderzoeksfase** genoemd. In fase 2 worden de onderzoeksvragen van de vraagstelling (zie paragraaf 3.3) beantwoordt. In fase 2 wordt de huidige situatie van het bedrijf in kaart gebracht. In fase 3 worden de gevonden gegevens uit fase 2 nader geanalyseerd en het verdere verloop van het onderzoek uitgestippeld. De tussenrapportage presenteert de gevonden gegevens uit fase 2 en fase 3. Het gedeelte na de tussenrapportage wordt de **ontwerpfase** genoemd. In fase 4 van het onderzoek wordt een planningsmethodiek ontworpen en geïmplementeerd. Uiteindelijk wordt in fase 5 het onderzoek afgerond door de conclusies, aanbevelingen en resultaten van het onderzoek te rapporteren. Een planning zal gemaakt worden om gericht naar het uiteindelijke doel toe te werken. In bijlage 4 is een schema van de tijdsplanning opgesteld.

#### 3.7.1 Fase 1: Voorbereiding

In deze fase wordt er kennis met het bedrijf gemaakt en de onderzoeksopzet opgesteld. Na goedkeuring van de onderzoeksopzet door de begeleiders van de universiteit en het bedrijf, kan er gestart worden met fase 2 van het onderzoek, namelijk het beschrijven van de huidige situatie.

#### 3.7.2 Fase 2: Huidige situatie

De bedoeling van fase 2 is dat alle gegevens, die met de onderzoeksopdracht samenhangen, verzameld en in kaart gebracht worden. Dit wordt gedaan door de onderzoeksvragen (zie paragraaf 3.3) te beantwoorden. Ten eerste zal worden beschreven, hoe in de huidige bedrijfssituatie de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten zijn opgebouwd en hoe deze afhankelijk zijn van de beslissingen van de afdeling planning. Tevens zullen de benodigde vraaggegevens in kaart gebracht worden en hoe de afdeling planning de vraag op dit moment inplant.

In paragraaf 4.1 worden de te beantwoorden onderzoeksvragen met betrekking tot de huidige productie-, voorraad- en laboratoriumkosten beantwoord. Alleen die kosten zullen behandeld worden, die afhankelijk zijn van de tactische beslissingen.

Hoewel de vraag onafhankelijk van en dus niet beïnvloedbaar is door planning zijn hiervan wel gegevens nodig om te kunnen plannen. De productie wordt tenslotte aangestuurd door de vraag. Daarom is het noodzakelijk om te weten welke vraaggegevens nodig zijn om de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten te minimaliseren. De vraaggegevens zullen in paragraaf 4.2 behandeld worden.

Aangezien de servicegraad een onderdeel uitmaakt van de doelstelling en onderzoeksopdracht, moet duidelijk worden wat de huidige servicegraad precies inhoudt. Hoewel er verder niet aan de servicegraad gesleuteld zal worden, wordt tevens in paragraaf 4.2 een bruikbare definitie van een servicegraad voor dit onderzoek besproken.



In paragraaf 4.3 zal uiteindelijk besproken worden, op welke manier de afdeling planning op dit moment de beslissingen maakt. Dit zal voor alle planningsniveaus bekeken worden om een volledig beeld van de huidige situatie te krijgen. Dit is nodig om later eventuele aanbevelingen te kunnen maken en het verschil tussen de huidige situatie en de gewenste situatie in kaart te brengen.

### 3.7.3 Fase 3: Analyse

In deze fase wordt de huidige situatie geanalyseerd met betrekking tot de doelstelling. Er zal gekeken worden óf en vervolgens hoe het probleem opgelost kan worden. Verder zal de verdere voortgang van het onderzoek bekeken worden. De onderbouwing van de analyse zal gedaan worden door middel van de verzamelde gegevens uit fase 2.

### 3.7.4 Tussenrapportage

De gevonden resultaten uit fase 2 en fase 3 worden gepresenteerd. Eventueel wordt de planning bijgesteld of de doelstelling aangepast.

### 3.7.5 Fase 4: Ontwerpmodel

In deze fase wordt een planningsmethodiek ontworpen om de doelstelling te bereiken. Met behulp van de verzamelde informatie, die voortgekomen is uit de antwoorden op de onderzoeksvragen in paragraaf 4.1, zullen in dit hoofdstuk de volgende 2 stappen vervuld worden (zie paragraaf 3.3).

1. Ontwerp een kostenfunctie van de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten.
2. Bepaal een methodiek voor de productieplanning om de totale kostenfunctie te minimaliseren, waarbij de vraag ingepland moet worden onder gelijk blijvende servicegraad.

### 3.7.6 Fase 5: Afronding

In deze fase worden de resultaten, conclusies en aanbevelingen van het onderzoek gerapporteerd. Eerst worden de verschillen tussen de huidige manier van productieplanning en de nieuwe voorgestelde manier van productieplanning in kaart gebracht. Tenslotte zullen de conclusies en eventuele aanbevelingen besproken worden.

### 3.7.7 Eindpresentatie

Uiteindelijk zullen de resultaten, conclusies en aanbevelingen gepresenteerd worden.

Samengevat is in onderstaande tabel 5 de indeling van het rapport weergegeven.

Fase	Hoofdstuk
Fase 1: Voorbereiding	Hoofdstuk 1, 2, 3
Fase 2: Huidige situatie	Hoofdstuk 4
Fase 3: Analyse <i>Tussenrapportage</i>	Hoofdstuk 5
Fase 4: Ontwerpmodel	Hoofdstuk 6
Fase 5: Afronding <i>Eindpresentatie</i>	Hoofdstuk 7, 8

Tabel 5: Indeling rapport



## 4 Huidige situatie

In dit hoofdstuk zal de huidige situatie van Quaker Chemical in kaart worden gebracht in relatie tot de doelstelling in paragraaf 3.2. Achtereenvolgens zal in dit hoofdstuk het kostenmodel, de vraag van het jaar 2000 en de huidige productieplanning besproken worden. In paragraaf 4.1 zullen de 3 onderzoeksvragen uit paragraaf 3.3 beantwoord worden. In paragraaf 4.2 zullen de benodigde vraaggegevens in kaart gebracht worden. Tenslotte zal in paragraaf 4.3 de huidige manier van de productieplanning besproken worden.

### 4.1 Kostenmodel

In bijlage 6 is de opbouw van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten van het jaar 2000 weergegeven. Zoals duidelijk naar voren komt uit deze kostenverdeling zijn de productiekosten (67%) duidelijk hoger dan de voorraadkosten (17%) en laboratoriumkosten (16%). Als we kijken naar de doelstelling (zie 3.2) van dit onderzoek, dan zijn niet alle kostensoorten relevant om te bekijken en mee te nemen in dit onderzoek. Als voorbeeld is de hoogte van de kostensoort *communicatie* van de productiekosten irrelevant aan de manier waarop de vraag door de afdeling planning voor productie wordt ingepland. Daarom zal er eerst bepaald worden, welke kostensoorten wél afhankelijk zijn van de beslissingen van de afdeling planning. Per afhankelijke kostensoort zal vervolgens bepaald worden, in welke mate deze afhankelijk is van de beslissingen genomen door de afdeling planning. Om te bepalen in welke mate een kostensoort afhankelijk is van bepaalde planningsbeslissingen, zal alles omgerekend worden naar de kosten per ton product. Het bepalen van de afhankelijkheid van de verschillende kostensoorten zal voor de productiekosten, voorraadkosten en laboratoriumkosten in de aparte subparagrafen 4.1.1, 4.1.2 en 4.1.3 behandeld worden.

Volgens paragraaf 3.6 zal alléén bekeken worden, welke kostensoorten afhankelijk zijn van de tactische beslissingen. Dit betekent, dat alleen bekeken zal worden hoe de verschillende kostensoorten afhankelijk zijn van onderstaande planningsbeslissingen.

- Batchgrootte
- Moment van produceren van een batch
- Blenderinhoud

#### 4.1.1 Productiekosten

Als we kijken naar de verschillende kostensoorten van de productiekosten in bijlage 6, dan zijn de arbeidskosten, de afschrijvingen en de gas- en energiekosten afhankelijk van de beslissingen van de afdeling planning. De gas- en energiekosten maken deel uit van de facilitaire kosten. De onderstaande percentages van de afhankelijke kostensoorten hebben betrekking op de totale productiekosten.

- Arbeidskosten ( 49% )
- Afschrijvingen ( 16% )
- Gas ( 9% )
- Energie ( 6% )

De grootste kostensoort van de productiekosten die afhankelijk is van de manier van inplannen, is arbeidskosten. Per bovenstaande afhankelijke kostensoort zal nu beredeneerd worden, waarom deze afhankelijk is van de manier van inplannen en in welke mate. De gas- en energiekosten zullen in dezelfde subparagraaf 4.1.1.3 behandeld worden, vanwege dezelfde mate van afhankelijkheid.

##### 4.1.1.1 Arbeidskosten

###### *Waarom afhankelijk?*

De arbeidskosten zijn afhankelijk van het aantal werknemers, dat nodig is om de vraag te produceren. Er zijn 2 hoofdstations te onderscheiden binnen dit productieproces, waar werknemers actief zijn. Dit is het productie gedeelte, waar de producten gemengd worden in



de blenders, én het verpakkingsgedeelte, waar de producten verpakt worden op de tapinstallatie. Niet alle producten gaan over de tapinstallatie, omdat een groot gedeelte rechtstreeks uit de blenders in tankwagens gepompt wordt. De afhankelijkheid van de arbeidskosten van de beslissingen van de afdeling planning zal daarom in twee delen beschreven worden, namelijk voor de blenders en de tapinstallatie.

### **Blenders**

Hoewel grote batches binnen de meeste productieprocessen een langere doorlooptijd hebben dan kleine batches, is dat in dit productieproces niet het geval. In een voorgaand onderzoek [Kemeling] is namelijk aangetoond, dat de doorlooptijd van een batch zo goed als onafhankelijk is van de batchgrootte. Interviews gehouden met productiemedewerkers bevestigen deze waarneming. Er zijn dus gemiddeld evenveel manuren nodig om een grote óf kleine batch te produceren. Het gevolg hiervan is, dat voor de productie van grote batches relatief minder productie uren en dus manuren per ton product nodig zijn dan voor de productie van kleine batches. Onder manuren wordt de tijd verstaan, waarin een werknemer daadwerkelijk handelingen aan de productie van een batch uitvoert. Dit houdt in, dat bij de productie in grote batches er in totaal minder manuren en dus ook minder werknemers nodig zullen zijn om aan de totale vraag te kunnen voldoen. De arbeidskosten zijn dus afhankelijk van de **batchgrootte**.

Een andere factor die de arbeidskosten beïnvloedt, is de manier waarop batches in de verschillende blenders ingepland worden. Een blender moet in bepaalde gevallen schoongemaakt worden alvorens een nieuwe batch gestart kan worden. Dit is om contaminatie van het product te voorkomen. Als er 2 batches van hetzelfde product na elkaar in dezelfde blender geproduceerd worden, hoeft er niet schoongemaakt te worden. Aangezien voor het schoonmaken manuren nodig zijn, worden de arbeidskosten bepaald door de manier waarop de afdeling planning verschillende soorten batches in de verschillende **blenders** inplant.

### **Tapinstallatie**

De tijd benodigd voor het aftappen van een batch bestaat uit een vast deel en een variabel deel. Het variabel deel van de totale taptijd van een batch is lineair afhankelijk van de hoeveelheid product, die afgetapt moet worden, het vaste deel van de totale taptijd is niet afhankelijk van de hoeveelheid af te tappen product. Een grotere hoeveelheid af te tappen product zal per ton minder tijd kosten, dan een kleinere hoeveelheid af te tappen hoeveelheid product. Dit betekent, dat de arbeidskosten van de tapinstallatie afhankelijk zijn van de **batchgrootte**.

De mogelijkheden van de afdeling planning om de arbeidskosten te beïnvloeden zijn:

- Bepalen van de batchgrootte
- Bepalen in welke blender een batch geproduceerd wordt

### ***Mate van afhankelijkheid***

De mate van afhankelijkheid tussen bovenstaande beslissingen van de afdeling planning en de arbeidskosten, zal uitgedrukt worden in de arbeidskosten per ton product. De mate van afhankelijkheid van de arbeidskosten zal voor de blenders en de tapinstallatie apart behandeld worden.

### **Blenders**

Het aantal manuren, dat nodig is voor de productie van een batch is afhankelijk van de productsoort. De productietijd is namelijk niet voor alle producten even lang. Daarom worden de arbeidskosten voor de productie van een batch berekend per productgroep (Olie, halfsynthetisch, water en hydraulisch) De berekening van het aantal manuren per ton product staat gedetailleerd beschreven in bijlage 7.



De **arbeidskosten k1** voor het produceren van één ton product kunnen berekend worden met behulp van onderstaande formules 1a en 1b. In formule 1a worden de arbeidskosten berekend per ton product voor de productgroepen *olie*, *water* en *hydraulisch*. In formule 1b worden de arbeidskosten berekend per ton product voor de productgroep *halfsynthetisch*.

Formule 1a: 
$$k1 = \left( \frac{(i1 \times C) + (i2 * Dk) + (i3 * Sk) + 3,4}{x1} \right) \times \text{arbeidskosten per uur}$$

Formule 1b: 
$$k1 = \left( \frac{(i1 \times C) + (i2 * Dk) + (i3 * Sk) + 6,8}{x1} \right) \times \text{arbeidskosten per uur}$$

Hierbij is:

- Karbeid = Arbeidskosten per ton product in NLG
- C = Schoonmaaktijd in aantal manuren
- Dk = Tijd nodig om koppeling te leggen tussen blender en tapinstallatie in manuren
- Sk = Tijd nodig om koppeling te leggen tussen blender en tankwagen in manuren
- i1 = 0 als blender niet wordt schoongemaakt; 1 als blender wel wordt schoongemaakt
- i2 = 0 als geen koppeling Dk; 1 als wel koppeling Dk
- i3 = 0 als geen koppeling Sk; 1 als wel koppeling Sk
- x1 = Batchgrootte

Per batch kan met deze formule berekend worden, wat de arbeidskosten per ton zijn voor de desbetreffende batch. Aangezien het niet zinvol is om voor alle mogelijke combinaties van de batchgrootte x1 de arbeidskosten per ton product te bepalen zal formule 1a en formule 1b doorgerekend worden bij een batchgrootte x1 van 15 ton (zie tabel 7) en een batchgrootte x1 van 20 ton (zie tabel 8). Door de kosten per ton bij de verschillende batchgroottes te vergelijken kan de mate van afhankelijkheid van de batchgrootte op de arbeidskosten bepaald worden. De arbeidskosten per uur bedragen 65 gulden. De gemiddelde schoonmaaktijd C in manuren per productgroep staat weergegeven in onderstaande tabel 6.

	C
<b>Olie</b>	0.55
<b>Halfsynthetisch</b>	0.52
<b>Water</b>	0.63
<b>Hydraulisch</b>	0.59

Tabel 6: Gemiddelde schoonmaaktijd C (in manuren)

Dk is het aantal manuren benodigd voor productie om de koppeling te maken tussen een blender en de tapinstallatie om een batch af te kunnen tappen. Sk is het aantal manuren benodigd voor productie om de koppeling te maken tussen een blender en een tankwagen om een batch over te kunnen pompen van de blender in een tankwagen. Voor zowel Dk als Sk zal voor beide 0,25 manuur gerekend worden. Er moet óf afgetapt óf afgepompt worden. Als een deel van een batch in bulk geladen wordt en een deel verpakt wordt, dan kunnen beide activiteiten Dk en Sk samen voorkomen en kunnen dus zowel i2 als i3 beiden 1 zijn.

	(0, 1, 0)	(0, 0, 1)	(0, 1, 1)	(1, 1, 0)	(1, 0, 1)	(1, 1, 1)
<b>Olie</b>	15,8	15,8	16,9	18,2	18,2	19,3
<b>Halfsynthetisch</b>	30,6	30,6	31,6	32,8	32,8	33,9
<b>Water</b>	15,8	15,8	16,9	18,5	18,5	19,6
<b>Hydraulisch</b>	15,8	15,8	16,9	18,4	18,4	19,5

Tabel 7: Arbeidskosten per ton (in NLG.) voor (i1, i2, i3) bij batchgrootte van 15 ton

Om te kijken in welke mate de arbeidskosten k1 afhankelijk zijn van de batchgrootte, zijn in onderstaande tabel 8 dezelfde berekeningen gemaakt als in tabel 7, maar dan voor een batchgrootte van 20 ton.





	(0, 1, 0)	(0, 0, 1)	(0, 1, 1)	(1, 1, 0)	(1, 0, 1)	(1, 1, 1)
<b>Olie</b>	11,9	11,9	12,7	13,7	13,7	14,5
<b>Halfsynthetisch</b>	22,9	22,9	23,7	24,6	24,6	25,4
<b>Water</b>	11,9	11,9	12,7	13,9	13,9	14,7
<b>Hydraulisch</b>	11,9	11,9	12,7	13,8	13,8	14,6

Tabel 8: Arbeidskosten per ton (in NLG.) voor (i1, i2, i3) bij batchgrootte van 20 ton

Uit de verschillen tussen tabel 7 en tabel 8 kan geconcludeerd worden, dat de arbeidskosten k1 duidelijk afhankelijk zijn van de batchgrootte x1.

Hoewel in het begin van deze paragraaf theoretisch werd vastgesteld, dat de blenderkeuze als planningsbeslissing van invloed is op de schoonmaaktijd en dus de arbeidskosten, zal deze planningsbeslissing niet van significante invloed zijn op de arbeidskosten per ton product. De reden hiervan is dat de schoonmaaktijd C in manuren een zeer kleine factor vormt in formule 1a en formule 1b en dus verwaarloosd zal worden.

### Tapinstallatie

Het aantal manuren benodigd om een batch af te tappen en te verpakken over de tapinstallatie is afhankelijk van de grootte van een batch en de productsoort. De stroomsnelheid en dus de aftaptijd van een product is namelijk afhankelijk van de viscositeit van een product. In bijlage 8 is de gemiddelde aftapsnelheid van de 4 verschillende productgroepen berekend. De aftapsnelheid van de verschillende productgroepen staat in onderstaande tabel 8 weergegeven. De tapinstallatie bestaat uit 2 tappen. Onderstaande gegevens in tabel 8 betreffen de aftapsnelheden per productgroep per tap. De aftapsnelheid is weergegeven in aantal vaten per uur, waarbij de inhoud van één vat 200 liter is.

	aftapsnelheid Ts (in aantal vaten per uur)
<b>Olie</b>	33,3
<b>Halfsynthetisch</b>	25,1
<b>Water</b>	27,5
<b>Hydraulisch</b>	30,1

Tabel 9: Aftapsnelheid Ts

Zoals eerder vermeld bestaat de totale taptijd uit een vast deel (=setup tijd) en een variabel deel. Het vaste deel bestaat uit het drukken van de benodigde stickers voor het verpakkingsmateriaal en wat administratieve handelingen. Het vaste deel duurt in totaal ongeveer 0,25 uur per batch. Het variabele deel bestaat uit de tijd benodigd voor het bestickeren en klaarzetten van lege vaten en het aftappen van deze vaten. De tijd benodigd voor het bestickeren en klaarzetten van een vat bedraagt gemiddeld 30 seconden per vat, wat omgerekend 120 vaten per uur is.

Voor het klaarzetten en bestickeren van vaten zijn gemiddeld 2 man bezig, voor het aftappen van de vaten is gemiddeld 1 man per tap bezig en voor het wegzetten van de verpakte vaten is gemiddeld 1 man bezig. Gemiddeld zijn er dus per tap 2 mensen bezig.

De **arbeidskosten k2** voor het aftappen van één ton product kunnen berekend worden met behulp van onderstaande formule 2.

Formule 2:

$$k2 = \frac{0,25 + \left( 2 \times \left( \left( \frac{T}{120} \right) + \left( \frac{T}{Ts} \right) \right) \right)}{x1} \times \text{arbeidskosten per uur}$$

- T = aantal af te tappen vaten
- Ts = aftapsnelheid per productsoort volgens tabel 9



Bij een af te tappen batchgrootte van 10 ton (+/- 50 vaten) met een gemiddelde aftapsnelheid van 30 vaten per uur zijn de totale arbeidskosten per ton product voor het aftappen en verpakken 28,7 gulden. Bij een af te tappen batchgrootte van 15 ton (+/- 75 vaten) met een gemiddelde aftapsnelheid van 30 vaten per uur zijn de totale arbeidskosten per ton product voor het aftappen en verpakken 28,2 gulden.

Aan het geringe verschil in arbeidskosten per ton product valt te concluderen, dat de batchgrootte nauwelijks invloed heeft op de arbeidskosten k2 per ton product. De oorzaak hiervan is, dat de vaste setup-tijd (0,25 manuren) zeer klein is ten opzichte van de variabele taptijd. De arbeidskosten k2 voor de tapinstallatie zijn dus nauwelijks afhankelijk van de batchgrootte en zullen dus verder niet in dit onderzoek meegenomen worden.

#### 4.1.1.2 Afschrijvingen

##### **Waarom afhankelijk?**

De afschrijvingen zijn afhankelijk van de investeringen in het productiekapitaal, dat benodigd is om de vraag te kunnen produceren. Bij Quaker Chemical worden investeringen lineair afgeschreven. Voor grote investeringen zoals blenders en opslagtanks wordt een afschrijvingstermijn van 12 jaar genomen, voor kleine investeringen is de afschrijvingstermijn 5 jaar. De afschrijvingen zijn afhankelijk van de geïnvesteerde waarde in het productiekapitaal. Aangezien er naar gestreefd wordt om precies 100% aan de vraag te voldaan, zijn de afschrijvingen per ton product bij minder investeringen in productiekapitaal lager dan bij meer investeringen in productiekapitaal. De afschrijvingen per ton product zijn dus afhankelijk van de bezettingsgraad van het productiekapitaal. Hoe hoger de bezettingsgraad, hoe lager de afschrijvingen per ton product zijn.

De bezettingsgraad van de blenders is afhankelijk van de hoeveelheid product die gemiddeld geproduceerd wordt (=vulgraad) en de tijd dat een batch in een blender ook daadwerkelijk bewerkt wordt (=bewerkingsgraad). Voor een hoge bezettingsgraad is het dus noodzakelijk, dat er zo weinig mogelijk *idle time* optreedt en de vulgraad zo hoog mogelijk is. Dit betekent dat de **batchgrootte** van invloed is op de bezettingsgraad van een blender, als gekeken wordt naar de hoeveelheid die geproduceerd wordt. Om te zorgen dat de *idle time* zo klein mogelijk wordt en dus de bezettingsgraad voor de bewerkingstijd zo hoog mogelijk, is het **tijdstip waarop een batch wordt ingepland** van invloed.

De bezettingsgraad van de tapinstallatie is afhankelijk van de hoeveelheid product die afgetapt wordt. Aangezien de aftapsnelheid van een batch lineair verdeeld is, zijn de afschrijvingen per ton product dus onafhankelijk van de beslissingen van de afdeling planning. Daarom zal voor dit onderzoek niet gekeken worden, welke invloed de afdeling planning op de afschrijvingen van de tapinstallatie heeft. Wel moet bij het nemen van strategische planningsbeslissingen bekeken worden of de capaciteit van de tapinstallatie voldoende is om aan de vraag naar verpakte producten te kunnen voldoen. De mate van afhankelijkheid tussen de beslissingen van de afdeling planning en de afschrijvingen van de tapinstallatie worden daarom ook niet verder onderzocht.

De mogelijkheden van de afdeling planning om de afschrijvingen te beïnvloeden zijn:

- Bepalen van de batchgrootte
- Bepalen van het tijdstip voor de start van de productie van een batch

##### **Mate van afhankelijkheid**

De afdeling planning kan door de bezettingsgraad te beïnvloeden de benodigde productiecapaciteit bepalen. Hierdoor is de afdeling planning in staat door middel van tactische beslissingen op de *lange termijn* de afschrijvingen te bepalen. De afschrijvingen worden immers bepaald door het aanwezige productiekapitaal en zijn daarom strategische planningsbeslissingen. Op de korte termijn zijn de afschrijvingen niet beïnvloedbaar en behoren dus ook niet tot de tactische beslissingen. Hoewel dit onderzoek alleen de kostensoorten behandelt, die afhankelijk zijn van tactische beslissingen, bekijken we toch de



invloed van de strategische planningsbeslissingen op de afschrijvingen per ton product. Op deze manier willen we bekijken of de tactische beslissingen wel óf geen rekening met afschrijvingen moeten houden. Dit doen we door 2 situaties te onderscheiden, namelijk als de afschrijvingen stijgen bij een gelijkblijvende vraag én als de vraag stijgt bij gelijkblijvende afschrijvingen. In het eerste geval wordt er wel geïnvesteerd en stijgen de afschrijvingen per ton product. In het tweede geval wordt er niet geïnvesteerd en dalen de afschrijvingen per ton product.

Uit de uitkomst van deze berekeningen kunnen we afleiden, wat de invloed is van de strategische planningsbeslissingen en indirect de tactische planningsbeslissingen op de afschrijvingskosten per ton product.

#### **Wel investeringen bij gelijke vraag**

Om te bekijken hoe de gemiddelde afschrijvingskosten per ton product reageren op een stijging in de totale afschrijvingen, zullen de gemiddelde afschrijvingskosten per ton product berekend worden bij aanschaf van een nieuwe blender met een capaciteit van 30 ton en een investeringswaarde van fl 600.000,-.

De totale afschrijvingen van de afdeling productie zijn nu fl. 602.524,- (zie bijlage 6). Bij een investering in de nieuwe blender van fl. 600.000,- met een lineaire afschrijving van 12 jaar, worden de totale afschrijvingen fl. 652.524,-. Er wordt aangenomen dat de vraag gelijk blijft, namelijk 57.000 ton per jaar.

De afschrijvingskosten per ton product in de oude situatie zijn:

$$\frac{fl.602.524,-}{57000} = fl.10,57 \text{ per ton product}$$

De afschrijvingskosten per ton product in de nieuwe situatie zijn ongeveer:

$$\frac{fl.652.524,-}{57000} = fl.11,45 \text{ per ton product}$$

Bij een investering in een nieuwe blender van 30 ton à fl 600.000,- stijgen de gemiddelde afschrijvingskosten per ton product met fl. 0,88 bij gelijke vraag.

#### **Geen investeringen bij hogere vraag**

Stel dat we 1 ton product extra produceren met de huidige capaciteit en dus niet investeren, dan blijven de totale afschrijvingen gelijk, namelijk fl. 602.524,-. De gemiddelde afschrijvingskosten per ton product in deze situatie worden dan:

$$\frac{fl.602.524,-}{57001} = fl.10,57 \text{ per ton product}$$

De afschrijvingskosten per ton product dalen dus nog géén cent per ton product, als er 1 ton product extra geproduceerd wordt bij de huidige productiecapaciteit.

In beide bovenstaande situaties is de verandering in de afschrijvingskosten per ton product ten gevolge van strategische planningsbeslissingen minimaal. De tactische beslissingen kunnen dus verantwoord genomen worden, zonder de afschrijvingskosten per ton product in ogenschouw te nemen.

#### **4.1.1.3 Gas- en energiekosten**

##### **Waarom afhankelijk?**

Aangezien de gas- en energiekosten beide op dezelfde manier afhankelijk zijn van de beslissingen van de afdeling planning, worden ze onder hetzelfde kopje behandeld. Bij de productie van een batch treden er warmteverliezen op. De warmteverliezen zijn grotendeels



afhankelijk van de oppervlakte van een blender. Als aangenomen wordt dat de gemiddelde vulgraad van de blenders gelijk is voor alle batches, dan treedt er per liter product minder warmteverlies op bij de productie in een grote blender in vergelijking met een kleinere blender. Aangenomen wordt dat de verhoudingen in afmetingen van de blenders ongeveer gelijk zijn. Door grotere batches te plannen kan het warmteverlies per liter product beperkt worden.

De mogelijkheid van de afdeling planning om de gas- en energiekosten te beïnvloeden is:

- Bepalen van de batchgrootte
- Bepalen in welke blender een batch geproduceerd wordt

#### ***Mate van afhankelijkheid***

In bijlage 9 staat beschreven, wat de afhankelijkheid is tussen de gas- en energiekosten en de tactische beslissingen van de afdeling planning. Uit bijlage 9 blijkt dat er totale besparingen mogelijk zijn tussen de 2000 en 3000 gulden op jaarbasis over de hele geproduceerde hoeveelheid. Hieruit kan geconcludeerd worden, dat de mate van de afhankelijkheid van de gas- en energiekosten verwaarloosbaar klein is ten opzichte van de overige kostensoorten. Er zal in het verdere onderzoek dan ook niet meer naar de gas- en energiekosten worden gekeken

#### **4.1.2 Voorraadkosten**

De voorraadkosten hebben alléén betrekking op verpakte goederen, omdat bulkgoederen direct in tankwagens gepompt worden. De voorraadkosten bestaan uit 3 delen, namelijk de beheersingskosten, de rente over voorraden en het risico incurant [van Goor e.d.]. De beheersingskosten zijn de kosten van alle activiteiten en benodigde materialen, die nodig zijn om de voorraden op te slaan en over te slaan. De rente kosten zijn *opportunity costs* die gelijk zijn aan het rendement, dat verkregen had kunnen worden als er niet in voorraden zou zijn geïnvesteerd. Tenslotte zijn de kosten van het risico incurant de kosten, die samenhangen met het onverkoopbaar of onbruikbaar worden van opgeslagen eenheden.

Er zou nog sprake kunnen zijn van de kosten van *neen* verkopen, dus de kosten verbonden aan het niet kunnen leveren. Bij Quaker Chemical is hier geen sprake van, omdat één van de doelstellingen inhoud, dat de klant altijd krijgt wat hij / zij wenst. *Neen* verkopen is er dus niet bij.

In deze paragraaf zal bepaald worden, welke voorraadkosten in welke mate afhankelijk zijn van de manier van inplannen. Als we kijken naar de verschillende soorten voorraadkosten, dan zijn de volgende soorten voorraadkosten afhankelijk van de manier van inplannen.

- Beheersingskosten
- Rentekosten opgeslagen product
- Incurant product

De beheersingskosten kunnen verder uitgesplitst worden naar de volgende soorten kosten:

- Arbeidskosten
- Opslagkosten
- Materiaalkosten
- Afschrijvingen
- Verzekering + Belasting
- Overhead

De beheersingskosten zijn niet afhankelijk van het soort product, maar van de hoeveelheid opgeslagen product. Aangezien de verpakkingssort niet beïnvloedbaar is door de beslissingen van de afdeling planning, zal de verpakkingssort niet van invloed zijn in dit onderzoek. De beheersingskosten zijn dus afhankelijk van het aantal ton product dat



opgeslagen wordt. Van de beheersingskosten zijn alléén de *arbeidskosten* en de *afschrijvingen* afhankelijk van de beslissingen van de afdeling planning. Slechts deze twee soorten kosten van de beheersingskosten zullen meegenomen worden in dit onderzoek in paragraaf 4.1.2.1 respectievelijk 4.1.2.2. Tevens moet rekening gehouden worden met eventuele opslagkosten bij derden. Dit zal behandeld worden in paragraaf 4.1.2.5.

Samengevat zijn de volgende soorten voorraadkosten afhankelijk van de tactische planningsbeslissingen.

- Arbeidskosten
- Afschrijvingen
- Rentekosten
- Kosten incurant product

Per bovenstaande afhankelijke kostensoort zal in de volgende paragrafen bepaald worden, waarom en in welke mate deze kostensoort afhankelijk is van de manier van inplannen.

#### **4.1.2.1 Arbeidskosten**

##### ***Waarom afhankelijk?***

De arbeidskosten per ton product zijn afhankelijk van de hoeveelheid handelingen die in het magazijn plaatsvinden. In het magazijn vinden er hoofdzakelijk twee activiteiten plaats, namelijk het *verplaatsen* van eenheden en het *labellen* van eenheden. Er wordt een onderscheid gemaakt in de eenheden binnen het magazijn verdeeld naar de volgende groepen:

- Grondstoffen
- Verpakte eindproducten rechtstreeks uit productie naar transporteur
- Verpakte eindproducten die eerst worden opgeslagen

Verpakte producten die niet opgeslagen worden, worden meteen na productie naar de uitgang voor verder extern transport verplaatst. Verpakte producten die wel opgeslagen worden, moeten eerst voor opslag in het magazijn geplaatst worden. Later worden deze verpakte producten weer verplaatst naar de uitgang voor verder extern transport naar de klant. Dit betekent dat voor de opslag van verpakte producten twee verplaatsingen nodig zijn. Als de producten niet opgeslagen worden, is er maar één verplaatsing nodig. Dit betekent dat de arbeidskosten voor het verplaatsen per kilogram product voor opgeslagen producten twee keer zoveel is als voor producten, die rechtstreeks uit productie naar de klant vervoerd worden. De batchgrootte is dus van invloed op de arbeidskosten per ton verpakt opgeslagen product. De grondstoffen moeten ook opgeslagen en verplaatst worden, wat betekent dat een deel van de arbeidskosten in het magazijn bestaat uit het verplaatsen van grondstoffen. Net als voor de verpakte eindproducten bestemd voor opslag, geldt dat er ook voor de grondstoffen twee verplaatsingen nodig zijn.

Behalve het verplaatsen van de eenheden, bestaat een ander deel van de arbeidskosten uit het labellen van de eenheden. De eindproducten die rechtstreeks uit productie naar de klant worden vervoerd, worden door de afdeling productie gelabeld. Dit betekent dat de kosten van het labellen van de eindproducten rechtstreeks bestemd voor de klant, niet aan de arbeidskosten van het magazijn toegekend zullen worden. De tijd benodigd voor het labellen van één ton grondstof of één ton eindproduct bestemd voor opslag is gelijk.

In het magazijn worden 5 personen ingezet voor het verplaatsen van de eenheden en 1 persoon voor het labellen van de eenheden. Dit betekent dat 16,7% van de arbeidskosten bestaat uit de activiteit labellen en 83,3% uit de activiteit verplaatsen.

De mogelijkheid van de afdeling planning om de arbeidskosten te beïnvloeden is:

- Bepalen van de batchgrootte



### Mate van afhankelijkheid

De arbeidskosten worden gevormd door de activiteiten verplaatsen en labelen. Aangezien 83,3% van de arbeidskosten bestaat uit het verplaatsen van eenheden en 16,7% uit labelen van eenheden kunnen de arbeidskosten (zie bijlage 6) per activiteit bepaald worden.

Arbeidskosten verplaatsen: fl. 737.438,- \* 83,3% = fl. 614.532,-  
Arbeidskosten labelen: fl. 737.438,- \* 16,7% = fl. 122.906,-

Per bovenstaande activiteit moet nu bepaald worden, wat de arbeidskosten zijn per ton eenheid. Er zal een onderscheid gemaakt worden in grondstoffen, eindproducten voor opslag en eindproducten die rechtstreeks vanuit productie aan de klant worden geleverd. Om dit te kunnen bepalen, moet eerst het totaal aantal kilogram van de verschillende eenheden van het jaar 2000 bekend zijn. In bijlage 10 zijn de totale hoeveelheden van deze verschillende eenheden in kaart gebracht, waaraan bovenstaande handelingen zijn verricht. Deze hoeveelheden zijn hieronder kort samengevat:

Grondstof = 26197 ton  
Opgeslagen eindproduct = 11865 ton  
Eindproduct rechtstreeks naar klant = 5230 ton

Per activiteit zal per soort eenheid bepaald worden hoeveel het kost om 1 ton op te slaan. Voor de activiteit verplaatsen dient rekening te worden gehouden, dat voor eindproduct rechtstreeks naar de klant maar 1 keer verplaatst moet worden in plaats van 2 keer.

### Verplaatsen

Het verplaatsen van 1 ton eenheid per verplaatsing kost:

$$\frac{fl. 614532,-}{2 \times (26197 + 11865) + 1 \times 5230} = fl. 7,55$$

Arbeidskosten verplaatsen grondstof = fl. 7,55 \* 2 = fl. 15,10 per ton  
Arbeidskosten verplaatsen opgeslagen eindproduct = fl. 7,55 \* 2 = fl. 15,10 per ton  
Arbeidskosten verplaatsen eindproduct rechtstreeks naar klant = fl. 7,55 per ton

### Labelen

Het labelen van 1 ton eenheid kost:

$$\frac{fl. 122906,-}{26197 + 11865} = fl. 3,24$$

Arbeidskosten labelen grondstof = fl. 3,24 per ton  
Arbeidskosten labelen eindproduct rechtstreeks naar klant = fl. 3,24 per ton

De arbeidskosten k3 per ton eindproduct van het magazijn om de producten op te slaan, is gelijk aan het verschil tussen de totale kosten van het *verplaatsen* en het *labelen* min de kosten van het *verplaatsen* van eindproduct rechtstreeks bestemd voor de klant. Je moet namelijk zowel bij opgeslagen producten als bij producten rechtstreeks bestemd voor de klant altijd minimaal één keer de eenheden verplaatsen. De **arbeidskosten k3** voor het opslaan van één ton eindproduct zijn dus fl. 7,55 + fl. 3,24 = fl. 10,79 per ton product. Deze kostensoort is afhankelijk van de tactische planningsbeslissing batchgrootte x1. De relatie tussen de batchgrootte x1 en de arbeidskosten k3 per ton product is in onderstaande formule 3 weergegeven.

Formule 3.

$$k3 = 10,79 \times \frac{(x1 - Do)}{x1}$$



De factoren die van invloed zijn op de arbeidskosten  $k_3$  per ton product zijn:

- Batchgrootte  $x_1$
- Gemiddelde ordergrootte per afname  $D_0$

De hoeveelheid product die op voorraad gelegd wordt, is namelijk gelijk aan de batchgrootte  $x_1$  en de hoeveelheid  $D_0$ , die meteen na productie naar de klant verscheept wordt. Aangezien  $D_0$  binnen het bedrijf nog niet bekend is, zal in hoofdstuk 6 een methode ontwikkeld worden om deze te bepalen.

#### 4.1.2.2 Afschrijvingen

##### **Waarom afhankelijk?**

De afschrijvingen bestaan voornamelijk uit de kosten die gemaakt worden voor opslagruimte van de voorraad. De afschrijvingskosten zijn afhankelijk van de batchgrootte en het tijdstip van de productie van een batch. Deze beslissingsfactoren bepalen namelijk óf en hoeveel er op voorraad gelegd wordt.

De mogelijkheden van de afdeling planning om de opslagkosten te beïnvloeden zijn:

- Bepalen van de batchgrootte
- Bepalen van het tijdstip voor de start van de productie van een batch

##### **Mate van afhankelijkheid**

Volgens bijlage 6 zijn de afschrijvingen van de voorraadkosten fl. 45.893,- per jaar. Volgens paragraaf 4.1.2.1 werden er in totaal 38062 ton eenheden opgeslagen (grondstof + verpakt eindproduct). De afschrijvingen per ton opgeslagen eenheid kan berekend worden met behulp van onderstaande formule 4.

Formule 4: 
$$k_4 = \frac{\text{fl. } 45.893,-}{38062} = \text{fl. } 1,21$$

Doordat de afschrijvingskosten per ton product zeer laag zijn en dus nauwelijks invloed hebben op de totale voorraadkosten, zal deze kostensoort in het verdere onderzoek niet worden meegenomen.

#### 4.1.2.3 Rentekosten

##### **Waarom afhankelijk?**

De rente is afhankelijk van de waarde en tijd gedurende een hoeveelheid product is opgeslagen. Aangezien de integrale kostprijs van de producten niet beïnvloedbaar is door de afdeling planning, kan de rente alleen omlaag gebracht worden door de hoeveelheid en tijd gedurende een product is opgeslagen te verlagen. Dit kan gedaan worden door in kleine batchgroottes te produceren en zo laat mogelijk te produceren.

De mogelijkheden van de afdeling planning om de rentekosten te beïnvloeden zijn:

- Bepalen van de batchgrootte
- Bepalen van het tijdstip voor de start van de productie van een batch



### Mate van afhankelijkheid

De factoren die van invloed zijn op de rentekosten per ton product zijn:

- Batchgrootte  $x_1$
- Gemiddelde ordergrootte per afname  $D_o$
- Gemiddelde vraag  $D$  per maand
- Kostprijs  $W_i$  per ton van product  $i$
- Rentepercentage  $r$

De rentekosten zijn afhankelijk van de waarde van een bepaalde hoeveelheid product gedurende de tijd, dat deze opgeslagen ligt. De batchgrootte  $x_1$ , de gemiddelde ordergrootte per afname  $D_o$  en de kostprijs  $W_i$  per ton product  $i$ , zeggen iets over de waarde welke wordt opgeslagen. De gemiddelde vraag  $D$  zegt iets over de tijd gedurende een product gemiddeld wordt opgeslagen. De rentekosten worden gedeeld door 12, omdat  $r$  de rentekosten per jaar bedragen.

Het gedeelte  $\left(\frac{x_1 - D_o}{D}\right)$  geeft de tijd weer gedurende een product is opgeslagen.

De **rentekosten  $k_5$**  voor één ton product bij een batchgrootte  $x_1$  kan met behulp van onderstaande formule 5 berekend worden.

Formule 5:

$$k_5 = \frac{\frac{1}{2} \times (x_1 - D_o) \times W_i \times \frac{r}{12} \times \left(\frac{x_1 - D_o}{D}\right)}{x_1}$$

Ter indicatie zal met behulp van onderstaande gemiddelde waardes de rentekosten per ton product berekend worden.

$x_1$	= 10 ton
$D_o$	= 2,5 ton / order
$D$	= 5 ton / maand
$W_i$	= 2000 NLG./ ton
$r$	= 0,1

Voor bovenstaande gemiddelde waardes bedragen de rentekosten fl. 9,38 per ton product.

Aangezien  $D$  binnen het bedrijf nog niet bekend is, zal in hoofdstuk 6 een methode ontwikkeld worden om deze te bepalen.

#### 4.1.2.4 Kosten incurant product

##### Waarom afhankelijk?

De kosten incurante product zijn de kosten, die samenhangen met het onverkoopbaar of onbruikbaar worden van opgeslagen eenheden. Deze producten moeten worden vernietigd en worden ook wel *scrap* genoemd. De kosten voor de producten die worden gescrapt, bestaan uit de integrale kostprijs van de grondstoffen voor het opgeslagen product en de kosten om de onverkoopbare producten te vernietigen. De kosten om de onverkoopbare kosten te vernietigen worden ook wel *scrap-kosten* ( $K_s$ ) genoemd. Hoe minder waarde aan eenheden er op voorraad ligt, hoe lager de kosten van incurant product zullen zijn. De waarde van de opgeslagen eenheden is afhankelijk van de integrale kostprijs per kilogram en de hoeveelheid opgeslagen product. Vaker produceren in kleinere batches zal leiden tot lagere voorraden. De batchgrootte heeft dus invloed op de kosten van incurant product.

De mogelijkheid van planning om de kosten van incurant product te beïnvloeden is:

- Bepalen van de batchgrootte





### Mate van afhankelijkheid

De **kosten van incurant product K6** zijn voor alle producten verschillend, omdat deze kosten afhankelijk zijn van de integrale kostprijs ( $W_i$ ) per ton product  $i$  en de hoeveelheid die incurant raakt. Verder is bekend dat de huidige scrapkosten ( $K_s$ ) fl. 360,- per ton zijn.

In de huidige situatie is het echter niet mogelijk om te bepalen, wanneer een product onverkoopbaar wordt. Op verschillende momenten gedurende de levenscyclus van een product (PLC) zal de kans, dat een product onverkoopbaar wordt, verschillend zijn. De kans dat een hoeveelheid product geproduceerd in maand  $i$  onverkoopbaar wordt ergens in de periode van maand  $i$  tot en met maand  $j$ , zal de kans  $P_{o,ij}$  worden genoemd. Als een product in de periode van maand  $i$  tot en met maand  $j$  incurant wordt, zal de gemiddelde hoeveelheid product die incurant wordt, gelijk zijn aan de gemiddelde voorraadhoogte.

De gemiddelde voorraadhoogte kan uitgedrukt worden als  $\frac{1}{2} \times (x_1 - D_o)$ .

De kosten incurant product per ton product wordt weergegeven door onderstaande formule 6.

Formule 6:

$$k_6 = P_{o,ij} \times \left( \frac{\frac{1}{2} \times (W_i + K_s) \times (x_1 - D_o)}{x_1} \right)$$

Ter indicatie zal met behulp van onderstaande waardes de kosten incurant product per ton product berekend worden.

$x_1$	= 10 ton
$D_o$	= 2,5 ton / order
$W_i$	= 2000 Nlg./ ton

Gemiddeld wordt 80% van alle producten binnen 36 maanden onverkoopbaar. Dit betekent dat de gemiddelde kans  $P_{o,ij}$  over de eerste 3 jaar van de PLC van alle producten 0,022 per maand bedraagt. Hierbij is de lengte van de periode van maand  $i$  tot maand  $j$  één maand. Voor bovenstaande waardes en  $P_{o,ij}$  van 0,022 bedragen de kosten van incurant product fl. 19,67 per ton product per maand. In hoofdstuk 6 zal een methode worden ontwikkeld om de kans  $P_{o,ij}$  te bepalen op verschillende momenten van de PLC van een product.

#### 4.1.2.5 Opslag bij derden

Ter afsluiting van de afhankelijke kostensoorten van de voorraadkosten zal nog een eventuele extra kostensoort behandeld worden. Het magazijn van Quaker Chemical heeft een maximale opslagcapaciteit van 4000 ton eenheden. Bij overschrijding van deze hoeveelheid zullen de eenheden bij derden opgeslagen moeten worden, waardoor de opslagkosten voor deze eenheden zullen veranderen. De opslagkosten bij derden bestaan uit fl. 5,- overslagkosten per pallet en fl. 2,- opslagkosten per pallet per week. Er zal aangenomen worden, dat er gemiddeld per pallet 1 ton eenheid wordt opgeslagen. De opslagkosten per ton eenheid bij derden kan volgens formule 7 berekend worden.

Formule 7:

$$k_7 = \frac{2 \times \left( \frac{x_1 - D_o}{D} \right) + 5}{x_1}$$

Voor de eenheden, die opgeslagen worden bij derden zullen de arbeidskosten en afschrijvingskosten dan niet meer gelden, omdat deze voor rekening van de derde partij komen. De opslagkosten bij derden zullen vooralsnog niet in het model meegenomen worden. Pas als blijkt dat de voorraad boven de 4000 ton eenheden uitkomt, zal met deze kosten rekening moeten worden gehouden.



### 4.1.3 Laboratorium kosten

Als we kijken naar de verschillende kostensoorten van de laboratoriumkosten in bijlage 6, dan zijn de *arbeidskosten* en *afschrijvingen* afhankelijk van de tactische planningsbeslissingen. Omdat de afschrijvingen zéér klein zijn ten opzichte van de arbeidskosten en we al in voorgaande paragrafen gezien hebben, dat de afschrijvingen nauwelijks van invloed zijn, nemen we de afschrijvingen niet verder mee in dit onderzoek. We bekijken daarom alleen nog maar de arbeidskosten.

#### 4.1.3.1 Arbeidskosten

##### *Waarom afhankelijk?*

Elke batch die geproduceerd wordt, moet gecontroleerd worden door het laboratorium of het product aan de gestelde eisen voldoet. De arbeidskosten voor het controleren van een grote batch zijn gelijk aan de arbeidskosten voor het controleren van een kleine batch. Bij een grotere batchgrootte zullen de arbeidskosten per ton product dus relatief lager zijn dan de arbeidskosten per ton product voor het controleren van een kleine batch. De batchgrootte is dus van invloed op de arbeidskosten per ton product.

De mogelijkheid van de afdeling planning om de arbeidskosten te beïnvloeden is:

- Bepalen van de batchgrootte

##### *Mate van afhankelijkheid*

De arbeidskosten van het laboratorium per ton product zijn afhankelijk van de batchgrootte. Om de arbeidskosten per ton product te kunnen berekenen, moeten we eerst weten wat de arbeidskosten per batch zijn. De arbeidskosten per batch kunnen we berekenen door de totale arbeidskosten van het laboratorium te delen door het aantal batches wat geproduceerd is in 2000. De arbeidskosten van het laboratorium in bijlage 6 bestaan voor 45% uit de arbeidskosten voor het controleren van de geproduceerde batches en voor 55% uit de arbeidskosten voor het controleren van grondstoffen. Dit betekent dat de totale arbeidskosten voor het controleren van geproduceerde batches fl. 379.232,- bedraagt. Aangezien er in het jaar 2000 in totaal 3735 batches geproduceerd zijn, bedragen de arbeidskosten fl. 102,- per batch.

De **arbeidskosten  $k_8$**  van het laboratorium per ton product van een bepaalde batch kunnen worden berekend met behulp van formule 8.

Formule 8:

$$k_8 = \frac{fl.102,-}{x_1}$$

Om de mate van afhankelijkheid te bepalen van de laboratoriumkosten aan de batchgrootte  $x_1$ , worden de laboratoriumkosten per ton product van batchgroottes van 10 ton en 15 ton vergeleken.

Bij een batchgrootte  $x_1 = 10$  ton, zijn de laboratoriumkosten fl. 10,20 per ton product.  
Bij een batchgrootte  $x_1 = 15$  ton, zijn de laboratoriumkosten fl. 6,80 per ton product.



## 4.2 Vraag

Hoewel de vraag niet beïnvloedbaar is door de afdeling planning, is het wel belangrijk om de vraag duidelijk in kaart te brengen. De vraag is immers de variabele waarop de afdeling planning zijn beslissingen baseert. Als de vraag precies bekend zou zijn, zouden immers planningsbeslissingen genomen kunnen worden, die tot een minimale som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten zouden leiden. Het in kaart brengen van de vraag is nodig om de onderstaande planningsbeslissingen te kunnen nemen.

- Gemiddelde ordergrootte per afname Do
- Gemiddelde totale vraag D per maand
- Capaciteitsbeslissingen op strategisch planningsniveau

Hoewel in dit onderzoek geen planningsmethodiek wordt ontwikkeld om capaciteitsbeslissingen op strategisch planningsniveau te kunnen nemen, worden wel de benodigde vraaggegevens om deze beslissingen te kunnen maken in kaart gebracht. De reden hiervoor is om in fase 5 aanbevelingen op strategisch niveau gegrond te kunnen maken. De benodigde vraaggegevens worden in paragraaf 4.2.1 in kaart gebracht. Hoewel de servicegraad niet direct iets te maken heeft met de vraag, wordt deze toch in paragraaf 4.2.2 behandeld. De servicegraad kan namelijk worden omschreven als dat deel van de vraag, dat volgens afspraak wordt geleverd aan de klant. De servicegraad wordt hier besproken, omdat dit een essentieel onderdeel van de doelstelling is.

### 4.2.1 Vraaggegevens

In deze paragraaf zijn alléén de vraaggegevens van het jaar 2000 gedetailleerd in kaart gebracht, omdat er over de voorgaande jaren geen gedetailleerde gegevens meer aanwezig zijn. Aangezien de gemiddelde lengte van een PLC van een product gemiddeld 12 maanden is, moet voor een volledig inzicht de vraag over de afgelopen 12 maanden in kaart gebracht worden.

De gemiddelde ordergrootte Do zal in hoofdstuk 6 bepaald worden aan de hand van de gemiddelde ordergrootte per product per maand. De gemiddelde ordergrootte Do per maand zal in deze paragraaf bekeken worden per product én per soort verpakt product.

De gemiddelde vraag D zal in hoofdstuk 6 bepaald worden aan de hand van de gemiddelde totale gevraagde hoeveelheid per product per maand. De gemiddelde totale gevraagde hoeveelheid D per maand zal in deze paragraaf bekeken worden per product én per soort verpakt product.

Om strategische capaciteitsbeslissingen te kunnen maken zal in deze paragraaf de totale vraag per productgroep van het jaar 2000 in kaart gebracht worden én de stijging van de totale vraag in de afgelopen 10 jaar.

Samenvattend zullen de onderstaande vraaggegevens in kaart worden gebracht.

1. Gemiddelde ordergrootte per maand (product én verpakt product)
2. Gemiddelde totale hoeveelheid per maand (product én verpakt product)
3. Totale vraag per productgroep
4. Stijging van totale vraag in afgelopen 10 jaar

Omdat de gemiddelde ordergrootte per maand Do en de totale vraag per maand D *concurrentiegevoelige* informatie is en niet in verkeerde handen mag vallen, wordt deze in een apart bestand verwerkt (zie bestand *vraag- en planningsgegevens*). Dit bestand zal los van dit verslag afgedrukt worden.

De totale vraag op productgroepniveau is de aggregaatvraag van alle producten per productsoort (olie, halfsynthetisch, water, hydraulisch). Producten van bepaalde

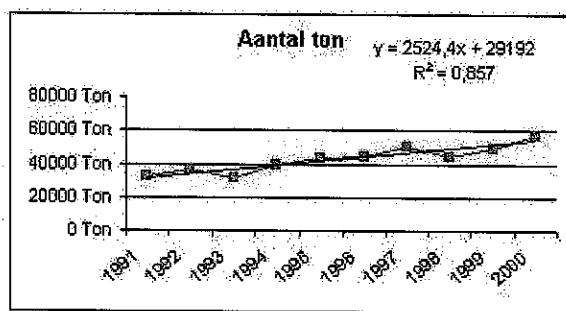


productgroepen kunnen niet in alle blenders geproduceerd worden. De aggregaatvraag van elke productgroep is daarom van belang om het optimale blenderpark en bijbehorende productiecapaciteit te kunnen bepalen. Tevens is het benodigde aantal manuren om een batch te produceren niet voor alle productgroepen gelijk. De benodigde mancapaciteit is dus ook afhankelijk van de totale vraag per productgroep. De aggregaatvraag per productgroep van het jaar 2000 staat in onderstaande tabel 10 weergegeven.

Productgroep	Hoeveelheid in # ton	Massa-%
Olie	38296	66,4%
Halfsynthetisch	14060	24,4%
Water	3973	6,8%
Hydraulisch	1376	2,4%
<b>Totaal</b>	<b>57705</b>	<b>100%</b>

Tabel 10: Vraag per productgroep in aantal ton

De totale vraag per jaar in aantal ton is in tegenstelling tot een meer gedetailleerde vraag wel bekend over de afgelopen 10 jaar. Deze vraag is dus niet gedifferentieerd naar productgroep of product, maar zegt wel iets over de benodigde capaciteit om de vraag te kunnen produceren. Uit onderstaande figuur 4 valt af te lezen, dat er een duidelijke stijging in de totale vraag per jaar is in aantal ton product.



Figuur 4: Totale vraag in aantal ton per jaar

De functie  $Y=2524,4 \cdot x + 29192$  geeft een voorspelling van de vraag weer door middel van statistische lineaire regressie. In bijlage 11 staat beschreven hoe deze functie tot stand is gekomen.  $R^2$  is berekend volgens de som van de kleine kwadraten methode. De regressie coëfficiënt  $R^2$  van de trendfunctie  $Y$  voor de vraag is hoog genoeg om accuraat te zijn om een vraagvoorspelling te kunnen maken voor de toekomst. De totale vraag van het jaar 2000 was 57705 ton, bij een stijging van de vraag van ongeveer 2500 ton per jaar.

#### 4.2.2 Servicegraad

De servicegraad binnen dit onderzoek naar de klant toe wordt als volgt gedefinieerd:

*"De servicegraad is het gedeelte van de vraag, dat volgens de overeengekomen hoeveelheid product en gewenste verscheepsdatum wordt geleverd. De servicegraad zal alléén betrekking hebben op de orders, waarvan de bestelling minimaal 8 dagen voor de gewenste verscheepsdatum is geplaatst."*

Er is bewust voor de gewenste verscheepsdatum (requested shipment date) gekozen, omdat de tijd tussen de verscheepsdatum en de uiteindelijke afleverdatum bij de klant tot de distributie behoort. De distributie is geen onderdeel van dit onderzoek.

Gewenste verscheepsdatum = Gewenste afleverdatum – tijd benodigd voor transport

De servicegraad zal alléén betrekking hebben op die orders, waarvan de bestelling minimaal 8 dagen voor de gewenste verscheepsdatum is geplaatst, omdat een totale levertijd



van 10 dagen als uitgangspunt geldt. Hierbij wordt aangenomen dat de gemiddelde transporttijd 2 dagen bedraagt.

De servicegraad van het jaar 2000 voor het aantal orders, dat volgens de overeengekomen hoeveelheid werd geleverd was 99%.

De servicegraad van het jaar 2000 voor het aantal orders dat volgens de gewenste verschepingsdatum werd geleverd was 90%.

(Bron: B. Bekkers, Dep. Order Processing)

Om de logistieke prestaties binnen en buiten de organisatie goed te kunnen meten, zal echter niet van slechts één servicegraaddefinitie gebruik gemaakt kunnen worden. Om de logistieke prestatie van de organisatie te meten, zullen verschillende zaken gemeten moeten worden, die elk een eigen specifieke servicegraaddefinitie eisen. Het bepalen van de verschillende benodigde servicegraaddefinities valt echter niet binnen het raamwerk van dit onderzoek en zal daarom verder niet worden behandeld.

### **4.3 Productieplanning**

In deze paragraaf zal voor alle beslissingen die genomen moeten worden op de verschillende beslissingsniveaus bekeken worden, hoe de afdeling planning deze beslissingen op dit moment maakt. Dit wordt gedaan om te kunnen bekijken, welke verschillen er ontstaan bij het ontwerpen van een nieuwe planningsmethodiek ten opzichte van de huidige manier van plannen. Hoewel dit onderzoek zich hoofdzakelijk richt op het ontwerpen van een planningsmethodiek om tactische beslissingen beter onderbouwd te kunnen nemen, zullen in deze paragraaf zowel de strategische-, tactische- als operationele planningsbeslissingen besproken worden. Dit wordt gedaan om eventuele aanbevelingen op strategisch en operationeel niveau in het slot van dit onderzoek te kunnen doen.

#### **4.3.1 Strategische beslissingen**

De strategische beslissingen die jaarlijks genomen worden, bepalen binnen welke restricties de productie ingepland moet worden om aan de vraag te kunnen voldoen. De eerste beslissing die genomen moet worden om de vraag in te plannen is om te kijken welke servicegraad nagestreefd wordt. Vervolgens moet worden bekeken bij welke capaciteiten de vraag geproduceerd en eventueel op voorraad gelegd wordt bij de gekozen servicegraad.

*Bij welke servicegraad wordt de vraag ingepland voor productie?*

Op dit moment is er geen na te streven servicegraad afgesproken en is er ook geen uitgewerkte methode voorhanden om de huidige servicegraad te meten. Sterker nog, er is geen eenduidige definitie van de servicegraad afgesproken. De servicegraad uit 4.2.2 is slechts gedefinieerd voor dit onderzoek als meetinstrument om de prestatie van de te ontwikkelen planningsmethodiek te kunnen meten. Het is dus raadzaam om eerst vast te leggen binnen de bedrijfsvoering, wat de servicegraaddefinities zijn voor de verschillende afdelingen en hoe deze gemeten worden. Toch wordt geprobeerd de service hoog te houden door leveringen aan grote klanten een hogere prioriteit te geven dan leveringen aan minder grote klanten.

*Bij welke capaciteiten wordt de vraag geproduceerd en eventueel op voorraad gelegd?*

Aangezien 100% van de gevraagde hoeveelheid geproduceerd moet kunnen worden, betekent dit dat er voldoende productiecapaciteit moet zijn om de vraag te kunnen produceren. Eventueel moet de productiecapaciteit bij een stijgende vraag verhoogd worden. Er zijn verschillende manieren om de productiecapaciteit te verhogen, zoals extra machinecapaciteit, extra aantal manuren of uitbesteding. Welke soort uitbreiding van de productiecapaciteit het beste is, zal verder niet besproken. Dit zijn namelijk strategische planningsbeslissingen en vallen buiten de scope van dit onderzoek. Op dezelfde wijze zal bekeken moeten worden of de huidige opslagcapaciteit en testcapaciteit voldoende zijn om aan de vraag te kunnen voldoen. De huidige opslagcapaciteit bestaat uit de opslagtanks, de



magazijnruimte van Quaker Chemical en eventuele opslagruimte bij derden. De huidige testcapaciteit bestaat uit de maximale hoeveelheid geproduceerde batches, die door het laboratorium getest kan worden.

Op dit moment worden investeringen gedaan op basis van het feit, dat de productie afdeling de vraag niet meer kan verwerken binnen de tijdsplanning van een 8-urige werkdag bij het huidige blenderpark. Investerings in de productie afdeling worden dus indirect aan de vraag gekoppeld. Bij het maken van de beslissingen om te investeren, wordt er echter niet gekeken of de vraag eventueel beter ingepland kan worden, waardoor een groter deel van de productiecapaciteit gebruikt kan worden. Hetzelfde geldt voor het bepalen van investeringen in de opslagcapaciteit en testcapaciteit. Ook hier wordt er niet naar de manier gekeken, waarop de vraag wordt ingepland, voordat strategische beslissingen gemaakt worden.

### 4.3.2 Tactische beslissingen

Als de strategische beslissingen genomen zijn, is bekend bij welke servicegraad en capaciteiten aan de vraag voldaan moet worden. Binnen deze kaders worden vervolgens de tactische, maar ook de operationele beslissingen genomen. Tactische beslissingen worden maandelijks genomen en hebben als doel extra informatie te verschaffen aan de afdeling planning om de operationele beslissingen sneller en beter onderbouwd te doen nemen. Door middel van een nog te ontwerpen methodiek wordt maandelijks een theoretisch optimale bestelhoeveelheid en theoretische optimaal bestelmoment van ieder product bepaald. Deze theoretische waarden zijn afhankelijk van de vraag en de strategische beslissingen. Met de theoretische bestelhoeveelheid wordt de batchgrootte  $x_1$  bedoeld, met het theoretisch bestelmoment wordt het tijdstip van produceren bedoeld  $x_2$ .

*Wat is de theoretisch optimale batchgrootte  $x_1$ ?*

Op dit moment maakt de afdeling planning gebruik van de SMABA methode (zie 2.2). Samengevat houdt de SMABA methode in, dat meerdere kleine batches samen worden geproduceerd in 1 batch met als doel economisch voordeel te behalen. Om de 6 maanden wordt er gekeken welke producten meerdere keren gevraagd worden, met als doel inzicht te krijgen, welke producten in grotere batches geproduceerd en op voorraad gelegd kunnen worden. Deze periode van 6 maanden is ogenschijnlijk erg lang als gekeken wordt, hoe de vraag is ingepland over het jaar 2000. Als we de vraaggegevens per product bekijken over het jaar 2000, dan zien we dat de afdeling planning geneigd is elke order in een aparte batch te produceren. Om dit aan te tonen, worden in tabel 11 producten met zeer regelmatige vraagpatronen vergeleken met het aantal batches waarin deze zijn geproduceerd. Hieruit blijkt, dat de afdeling planning geneigd is om elke order MTO in te plannen en te produceren.

Product	# Orders	# Batches geproduceerd
03814-02	5	5
05290-06	5	5
11087-01	6	7
11107-02	6	7
11285-03	10	12
40140-01	8	9

Tabel 11: Vraag geproduceerd in aantal batches

*Wat is het theoretisch optimale tijdstip van produceren  $x_2$ ?*

Aangezien uit bovenstaande tabel 11 blijkt dat de afdeling planning geneigd is om bij elke order een nieuwe batch te plannen, is het tijdstip van productie meestal 1 dag voor de verschepingsdatum. De order wordt dan MTO geproduceerd en niet op voorraad gelegd.



### 4.3.3 Operationele beslissingen

De uiteindelijke werkelijke beslissingen, hoe de vraag definitief per batch wordt ingepland worden genomen door de planners met behulp van een Excel spreadsheet. De planners moeten per batch de volgende 3 operationele beslissingen nemen.

- Batchgrootte
- Moment van produceren van een batch
- Blender

Bovenstaande operationele beslissingen zullen in de praktijk afwijken van de tactische beslissingen, omdat er continu veranderingen in de omgeving optreden, al dan niet door productiestagnatie, waar de planning flexibel op in moet kunnen spelen. Om de flexibiliteit te bewaren, is het niet de bedoeling om voor de operationele beslissingen een methodiek te ontwerpen. De planningsmethodiek die ontworpen zal worden, moet als beslissingsondersteunende informatie dienen voor het maken van de operationele beslissingen.

*Wat wordt de werkelijke batchgrootte?*

Het bepalen van de batchgrootte is voornamelijk order gestuurd zoals uitgelegd is in bovenstaande paragraaf 4.3.2. Planning is geneigd om voor elke order een nieuwe batch te produceren. Toch wordt geprobeerd om economisch voordeel te behalen door middel van de SMABA methode.

*Wat wordt het werkelijke tijdstip van produceren?*

Aangezien het grootste gedeelte MTO geproduceerd wordt, is het werkelijke tijdstip van produceren ongeveer 1 dag voor de verschepingsdatum. Verder hangt het tijdstip van produceren af van de beschikbare blendercapaciteit voor de betreffende order. Sommige producten worden op voorraad geproduceerd, omdat hiervoor een veiligheidsvoorraad wordt aangehouden. Het tijdstip van produceren op voorraad van deze producten hangt meestal af van de resterende blendercapaciteit, nadat de productie volgens MTO reeds is ingepland. Dit gebeurt meestal, nadat de hoeveelheid op voorraad onder de veiligheidsvoorraad komt.

*In welke blender wordt de batch geproduceerd?*

Afhankelijk van de batchgrootte en productsoort wordt beslist in welke blender een batch wordt geproduceerd. De reden hiervoor is, dat niet alle productsoorten in alle blenders geproduceerd kunnen worden en elke blender een maximale en minimale inhoud heeft. Een batchgrootte kan namelijk niet een maximale blenderinhoud overschrijden. Tevens moet er in elke blender een minimale hoeveelheid product gemengd worden, om te kunnen mengen. De mixers reiken namelijk niet tot de bodem van een blender.



## 5 Analyse

Nu de doelstelling van dit onderzoek en de huidige situatie van Quaker Chemical in de vorige hoofdstukken duidelijk in kaart zijn gebracht, gaan we in de rest van dit onderzoek een methodiek ontwerpen, waarmee de doelstelling van dit onderzoek bereikt zal worden. Deze methodiek zal ontworpen worden in de gewenste situatie in hoofdstuk 6. In dit hoofdstuk zal in paragraaf 5.1 besproken worden, welke kostensoorten in het uiteindelijke kostenmodel in dit verdere onderzoek meegenomen zullen worden. Vervolgens zal in paragraaf 5.2 de richting van het verdere onderzoek bepaald worden, om de doelstelling van dit onderzoek te bereiken.

### 5.1 Kostenmodel

In het uiteindelijke kostenmodel zullen alleen die tactische planningsbeslissingen en factoren meegenomen worden, die van significante invloed zijn op de uiteindelijke som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten. Factoren die een geringe invloed hebben op de uiteindelijke uitkomst, zullen verder niet meegenomen worden. Om tot het uiteindelijke kostenmodel te komen, zullen de volgende vragen beantwoord moeten worden.

- Wat zijn de belangrijkste kostensoorten van het kostenmodel?
- Welke tactische planningsbeslissingen zijn van invloed op deze kostensoorten?
- Welke factoren zijn het meest bepalend voor de hoogte van deze kostensoorten?

De eerste vraag, wat de belangrijkste kostensoorten van het kostenmodel zijn, is eigenlijk al beantwoord in hoofdstuk 4. Daarom zullen hieronder alleen de formules van de belangrijkste kostensoorten vermeld worden. Onderstaande formules berekenen de hoogte van de desbetreffende kostensoort in Nederlandse guldens (Nlg.). per ton product.

#### Productie

Arbeidskosten blenders k1: *formule 1a* 
$$k1 = \left( \frac{(i1 \times C) + (i2 * Dk) + (i3 * Sk) + 3,4}{x1} \right) \times \text{arbeidskosten per uur}$$

*formule 1b* 
$$k1 = \left( \frac{(i1 \times C) + (i2 * Dk) + (i3 * Sk) + 6,8}{x1} \right) \times \text{arbeidskosten per uur}$$

#### Voorraad

Arbeidskosten k3: *formule 3* 
$$k3 = 10,79 \times \frac{(x1 - Do)}{x1}$$

Rentekosten k5: *formule 5* 
$$k5 = \frac{\frac{1}{2} \times (x1 - Do) \times Wi \times \frac{r}{12} \times \left( \frac{x1 - Do}{D} \right)}{x1}$$

Kosten incurant product k6: *formule 6* 
$$k6 = P_{o,ij} \times \left( \frac{\frac{1}{2} \times (Wi + Ks) \times (x1 - Do)}{x1} \right)$$

#### Laboratorium

Arbeidskosten k8: *formule 8* 
$$k8 = \frac{fl.102,-}{x1}$$

Uit bovenstaande formules blijkt, dat de batchgrootte x1 de enige tactische planningsbeslissing is, die van significante invloed is op de totale kosten. Om de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten te minimaliseren, zal dus alleen de batchgrootte x1 worden geoptimaliseerd.





Om deze kostenfunctie zo eenvoudig mogelijk te maken, worden alleen die factoren in de kostenfunctie meegenomen, die de grootste invloed hebben op de hoogte van de verschillende kostensoorten. Per bovenstaande belangrijke kostensoort worden daarom de factoren in kaart gebracht, die de grootste invloed hebben op de hoogte van de kostensoort.

### Arbeidskosten productie

De factoren die van invloed zijn op de **arbeidskosten k1** per ton product van de afdeling productie, zijn volgens formule 1a en formule 1b:

- Schoonmaaktijd C
- Tijd voor maken koppeling tussen blender en tapinstallatie Dk
- Tijd voor maken koppeling tussen blender en tankwagen Sk
- Productsoort (halfsynthetisch óf olie, water, hydraulisch)
- Batchgrootte  $x1$

Omdat de invloed van de productsoort op de arbeidskosten per batch zoveel groter is dan de andere factoren, zijn voornamelijk de arbeidskosten afhankelijk van het aantal benodigde manuren voor de productie. Voor halfsynthetische batches zijn hier gemiddeld 6,8 manuren voor nodig en voor de andere soorten batches gemiddeld 3,4 manuren. We ronden dit aantal benodigde manuren per batch naar boven (zie formule 1a en 1b) af, omdat er immers altijd een koppeling gemaakt wordt naar ofwel de tapinstallatie ofwel een tankwagen. Ook is het aannemelijk dat er regelmatig schoongemaakt zal worden. Het totaal aantal manuren dat gemiddeld gebruikt zal worden voor een halfsynthetische batch zal daarom 7,5 uren bedragen en voor de overige batches 4 uren. De arbeidskosten van een halfsynthetische batch zullen daarom fl. 480,- bedragen en van de overige batches fl. 260,-. Hierbij is uitgegaan dat een manuur fl. 65,- kost. De formules 1a en 1b kunnen daarom als volgt worden herschreven.

$$\text{formule 1a} \quad k1 = \frac{260}{x1}$$

$$\text{formule 1b} \quad k1 = \frac{480}{x1}$$

### Arbeidskosten voorraad

De factoren die van invloed zijn op de arbeidskosten per ton product van de afdeling voorraad zijn:

- Batchgrootte  $x1$
- Gemiddelde ordergrootte per afname  $Do$

De hoeveelheid product die op voorraad gelegd wordt per batch, is afhankelijk van de batchgrootte  $x1$  én de hoeveelheid  $Do$ , die rechtstreeks naar de klant verscheept wordt. De hoeveelheid  $Do$  wordt immers niet op voorraad gelegd.

De functie voor de **arbeidskosten k3** van de afdeling voorraad per ton product kan niet verder vereenvoudigd worden en blijft dus onveranderd.

$$\text{formule 3} \quad k3 = 10,79 \times \frac{(x1 - Do)}{x1}$$



### Rentekosten

De factoren die van invloed zijn op de rentekosten per ton product zijn:

- Batchgrootte  $x_1$
- Gemiddelde ordergrootte per afname  $D_0$
- Gemiddelde vraag  $D$  per maand
- Kostprijs  $W_i$  per ton van product  $i$
- Rentepercentage  $r$

Alle factoren zijn van significante invloed op de rentekosten per ton product. De formule voor de **rentekosten  $k_5$**  blijft dus ongewijzigd.

formule 5

$$k_5 = \frac{\frac{1}{2} \times (x_1 - D_0) \times W_i \times \frac{r}{12} \times \left( \frac{x_1 - D_0}{D} \right)}{x_1}$$

### Kosten incurant product

De factoren die van invloed zijn op de kosten incurant product per ton product zijn.

- Kostprijs  $W_i$  per ton product  $i$
- Scrapkosten per ton product  $K_s$
- Gemiddelde ordergrootte per afname  $D_0$
- Start productie van een batch in maand  $i$  van PLC
- Batchgrootte  $x_1$

Alle factoren zijn van significante invloed op de kosten incurant product per ton product. De formule voor de **kosten incurant product  $k_6$**  blijft dus ongewijzigd.

formule 6

$$k_6 = P_{0,ij} \times \left( \frac{\frac{1}{2} \times (W_i + K_s) \times (x_1 - D_0)}{x_1} \right)$$

### Arbeidskosten laboratorium

Voor het testen van een batch zijn er gemiddeld voor alle batches evenveel manuren nodig. Dit betekent dat de enige factor, die van invloed is op de arbeidskosten  $k_8$  per ton product de batchgrootte  $x_1$  is. De formule voor de **arbeidskosten  $k_8$**  blijft dus onveranderd.

formule 8

$$k_8 = \frac{fl.102,-}{x_1}$$

Samenvattend geven we in onderstaand rijtje nog eens weer, wat de verschillende factoren zijn, die van invloed zijn op de totale kostenfunctie.

- Batchgrootte  $x_1$
- Productsoort
- Gemiddelde ordergrootte per afname  $D_0$
- Gemiddelde vraag  $D$  per maand
- Kostprijs  $W_i$  per ton van product  $i$
- Rentepercentage  $r$
- Scrapkosten  $K_s$  per ton product
- Start productie van een batch in maand  $i$  van PLC

Uit bovenstaand rijtje blijkt, dat als we een batch gaan produceren alléén de batchgrootte  $x_1$  de enige onbekende variabele is. De overige factoren zijn vastgelegd of productafhankelijk en



kunnen dus gelijk in de kostenfunctie ingevuld worden. Nu alle factoren bekend zijn, die de hoogte van de totale kostenfunctie beïnvloeden, kunnen we bepalen in welke richting de methodiek verder ontwikkeld zal worden.

## 5.2 Vervolgtraject

Met behulp van de antwoorden die gegeven zijn op de onderzoeksvragen uit paragraaf 3.3, moeten de volgende 2 stappen vervuld worden.

1. Ontwerp een kostenfunctie van de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten.
2. Bepaal een methodiek voor de productieplanning om de totale kostenfunctie te minimaliseren, waarbij de vraag ingepland moet worden onder gelijk blijvende servicegraad.

Alvorens dit te kunnen doen zal er zoals reeds vermeld eerst een methode ontworpen worden om de gemiddelde ordergrootte per afname  $D_o$  en de gemiddelde vraag per maand  $D$  te kunnen bepalen (zie paragraaf 4.1.2.1 en paragraaf 4.1.2.3). Deze methode zal ontworpen worden in paragraaf 6.1

Verder zal er een methode worden ontwikkeld, die de kans  $P_{o,i,j}$  bepaald afhankelijk van de start van de productie van een batch in de PLC van het betreffende product. Dit zal gedaan worden in paragraaf 6.2.

Nadat alle factoren, die van invloed zijn op de hoogte van de kostenfunctie, bepaald kunnen worden, zal een totale kostenfunctie van de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten ontworpen worden. Dit zal beschreven worden in paragraaf 6.3.

In paragraaf 6.4 zal de tweede stap worden vervuld, door het bepalen van een methodiek voor de productieplanning om de reeds ontworpen kostenfunctie in paragraaf 6.3 te minimaliseren. Nogmaals, de methodiek zal alléén ontworpen worden voor het nemen van tactische planningsbeslissingen.

In paragraaf 6.5 zal tenslotte de theoretisch ontworpen planningsmethodiek omgezet worden naar een in de praktijk bruikbare methodiek om de vraag in te plannen. Er zal een softwarematige *tool* ontworpen worden, die door de planning gebruikt kan worden om snellere en onderbouwde operationele planningsbeslissingen te kunnen maken. Deze *tool* zal voor alle producten de optimale tactische planningsbeslissingen automatisch doorrekenen, volgens de ontworpen planningsmethodiek beschreven in paragraaf 6.4.

In hoofdstuk 7 zal beschreven worden, wat de verschillen zijn tussen de huidige manier van plannen en de nieuwe voorgestelde manier van plannen.

In hoofdstuk 8 zullen de conclusies en eventuele aanbevelingen, die uit dit onderzoek zijn voortgekomen, worden beschreven.

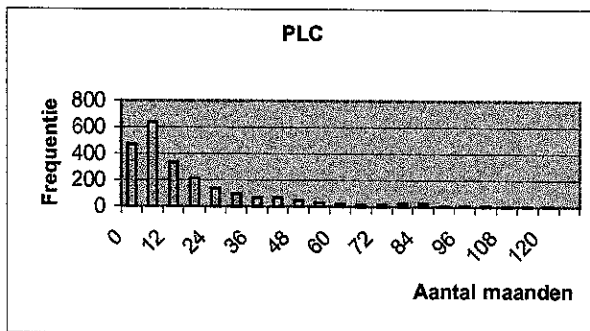


## 6 Planningsmethodiek

In dit hoofdstuk zal een methodiek ontwikkeld worden, om op het tactisch planningsniveau beslissingen te maken. Deze beslissingen op tactisch niveau hebben als doel beslissingsondersteunende informatie te geven aan de afdeling planning, waardoor op operationeel planningsniveau *sneller* en *beter onderbouwd* beslissingen genomen kunnen worden. Zoals reeds uitgelegd in hoofdstuk 5, zal in paragraaf 6.1 eerst een methode ontworpen worden om de gemiddelde ordergrootte per afname  $D_o$  en de gemiddelde vraag per maand  $D$  te kunnen berekenen. In paragraaf 6.2 zal vervolgens een methode bepaald worden om de kans  $P_{o,i,j}$  te bepalen. In paragraaf 6.3 wordt een totale kostenfunctie ontwikkeld van de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten afhankelijk van de tactische planningsbeslissingen. In paragraaf 6.4 zal uiteindelijk een methodiek ontworpen worden om deze kostenfunctie te minimaliseren.

### 6.1 Gemiddelde afname $D$ en $D_o$

In deze paragraaf wordt een methode bepaald om de gemiddelde ordergrootte per afname per product  $D_o$  en de gemiddelde afname per maand per product  $D$  te bepalen. Omdat er geen toekomstige vraag bekend is, zullen historische gegevens gebruikt worden om  $D_o$  en  $D$  te bepalen. Om te bepalen over welke historische tijdsperiode de gegevens meegenomen worden, is er in onderstaande figuur 5 een grafiek gemaakt van de gemiddelde lengte van de PLC van de verschillende producten. In deze grafiek is over de afgelopen 10 jaar bekeken, wat de lengte van de PLC was van 2251 verschillende producten. Zoals af te leiden valt uit bijlage 12 is er geen significant verschil in de lengte van de gemiddelde PLC's van producten uit de verschillende productgroepen.



Figuur 5: Aantal maanden actief

Uit bovenstaande figuur 5 valt af te leiden dat de gemiddelde lengte van de PLC 12 maanden is. Dit betekent, dat het voldoende is, om de historische gegevens over de laatste 12 maanden te gebruiken om  $D_o$  en  $D$  te bepalen. In de berekening zullen er weegfactoren gebruikt worden, aangezien de vraag van vorige maand zwaarder weegt voor het gemiddelde dan de vraag van 12 maanden geleden. De vraag van 12 maanden geleden zal daarom een weegfactor van 1 krijgen en de vraag van vorige maand een weegfactor van 12. De waarden  $D_o$  en  $D$  worden door onderstaande formule 9a respectievelijk formule 9b bepaald.

formule 9a en formule 9b:

$$D_o = \frac{\sum_1^M \left( \frac{m \times \sum_1^{Nm} O_{i,m}}{Nm} \right)}{\sum_1^M m}$$

$$D = \frac{\sum_1^M \left( m \times \sum_1^{Nm} O_{i,m} \right)}{\sum_1^M m}$$



Waarbij:

- $M$  = Totaal aantal maanden waarover historische gegevens genomen worden.  
 $m$  = Maandnummer, waarbij de oudste maand waarover historische gegevens genomen worden de laagste weegfactor 1 krijgt en meest recente maand weegfactor  $M$ .  
 $N_m$  = Aantal orders in maand  $m$   
 $O_{i,m}$  = Ordergrootte van order  $i$  in maand  $m$

$M$  én  $m$  kunnen in bovenstaande vergelijkingen een maximale waarde van 12 hebben.

Omdat er geen trend in de vraag waarneembaar is, wordt er geen trendfactor in het model meegenomen. Hoewel in de toekomst mogelijk een trend waarneembaar zal zijn, wordt in het uiteindelijke model geen trend meegenomen. De reden hiervoor is, dat een niet al te grote trend een verwaarloosbare invloed zal hebben op de uiteindelijke optimale batchgrootte. De trend zal volgens de belangrijke kostensoorten uit paragraaf 5.1 slechts betrekking hebben op vergelijkingen afhankelijk van  $D_0$  en  $D$ . Deze vergelijkingen zijn betrekkelijk ongevoelig als er een trend waarneembaar zou zijn van een paar procenten.

## 6.2 Kans $P_{o,i,j}$

In deze paragraaf wordt een methode bepaald om de kans  $P_{o,i,j}$  te bepalen. De kans  $P_{o,i,j}$  is de kans, dat een hoeveelheid product geproduceerd in maand  $i$  onverkoopbaar wordt in de periode van maand  $i$  tot en met maand  $j$ . Hierbij staat  $i$  voor de maand in de PLC wanneer een product geproduceerd wordt en  $j$  voor de maand wanneer de voorraad van de hoeveelheid geproduceerd product in zijn geheel aan de klant geleverd is. Het verschil tussen maand  $i$  en maand  $j$  bedraagt dus  $\left(\frac{x_i - D_0}{D}\right)$ .

Om de kans  $P_{o,i,j}$  te kunnen berekenen, moeten we de kans weten, dat een product in een bepaalde maand van de PLC onverkoopbaar wordt. De kans dat een product in een bepaalde maand  $i$  onverkoopbaar wordt noemen we  $P_{o,i}$ . Als een product dus geproduceerd wordt in maand  $i$  en een hoeveelheid van 3 maanden gemiddelde vraag  $D$  op voorraad gelegd wordt, dan is de kans  $P_{o,i,j}$  gelijk aan de som van  $P_{o,i}$  én  $P_{o,i+1}$  én  $P_{o,i+2}$ . Uit de tabel in bijlage 12 kunnen we aflezen, wat de percentages zijn van de producten, die in een bepaalde periode onverkoopbaar worden. Uit deze cijfers kunnen we de kans per periode bepalen dat een product geproduceerd in periode  $i$  ook in dezelfde periode onverkoopbaar wordt. Aangezien niet bekend is wat de maandelijks percentages zijn, dat een product onverkoopbaar wordt, zullen de kansen per periode door 6 gedeeld worden om de kans  $P_{o,i}$  per maand te berekenen. Deze laatste stap is een benadering van de werkelijkheid en zal in de toekomst nauwkeuriger bepaald moeten worden. Per periode zal een voorwaardelijke kans berekend worden, dat een product geproduceerd in periode  $i$  in dezelfde periode onverkoopbaar wordt. Ter illustratie zal de voorwaardelijke kans berekend worden, dat een halfsynthetisch product geproduceerd in de periode 6-12 maanden in dezelfde periode onverkoopbaar wordt (zie tabel bijlage 12).

$$\left(\frac{0,26}{1 - 0,32 - 0,11}\right) = 0,46$$

De kansen  $P_{o,6}$  tot en met  $P_{o,12}$  kunnen nu berekend worden door 0,46 te delen door 6. De kans  $P_{o,8}$  is bijvoorbeeld gelijk aan 0,08. Op de volgende pagina staan in tabel 12 de voorwaardelijke kansen  $P_{o,i}$  weergegeven, dat een product in maand  $i$  onverkoopbaar wordt. Deze kansen zijn berekend aan de hand van de tabel uit bijlage 12 waarbij is aangenomen, dat een product geproduceerd in een bepaalde periode  $i$  ook in dezelfde periode incurant wordt. De kans  $P_{o,i,j}$  kan nu simpel bepaald worden, als een product geproduceerd in een bepaalde periode niet langer op voorraad gelegd wordt tot het einde van dezelfde periode. De kans  $P_{o,i,j}$  van die periode kan dan bepaald worden door een kans  $P_{o,i}$  uit die periode te vermenigvuldigen met  $\left(\frac{x_i - D_0}{D}\right)$ .

Het wordt echter ingewikkeld om de kans  $P_{o,i,j}$  te bepalen als een product geproduceerd in periode  $i$  tot ergens in periode  $i+1$  op voorraad gelegd wordt. In dit laatste geval hebben we



dan te maken met verschillende kansen  $Po,i$  uit 2 verschillende periodes. Er zijn echter 2 redenen, waarom aangenomen mag worden dat slechts de kans  $Po,i$  van 1 periode gebruikt mag worden.

- Producten worden gemiddeld genomen nooit langer dan 2 maanden op voorraad gelegd, wat wil zeggen dat je voor het grootste gedeelte van de productie binnen dezelfde periode blijft. Dit kan aangetoond worden, doordat de optimale batchgrootte voornamelijk bepaald wordt door de totale arbeidskosten per batch voor productie en laboratorium af te wegen tegen de totale kosten incurant product per batch. Als je bij een kans  $Po,i$  van 0,04 berekend, wanneer de totale arbeidskosten per batch voor productie en laboratorium gelijk zijn aan de totale kosten incurant product per batch, dan wordt er met de actuele *pool* van eindproducten nooit meer dan 2 maanden voorraad geproduceerd. In paragraaf 6.4 in tabel 13 wordt dit nog eens verduidelijkt.
- Aangezien de verdeling van de PLC's van de verschillende productgroepen in de figuur uit bijlage 12 een duidelijke vloeiende *klokvorm* vertonen, zullen verschillen in de kansen  $Po,i$  tussen 2 opeenvolgende periodes niet heel erg groot zijn. Hoewel dit verschijnsel niet uit onderstaande tabel 12 blijkt, kan dit verklaard worden door het feit dat er te weinig historische gegevens bekend zijn over alle periodes en alle productgroepen.

Om bovenstaande 2 redenen zal dus alléén de kans  $Po,i$  gebruikt worden, die geldt voor de periode waarin een product geproduceerd wordt.

Kans $Po,i$ (per periode)	Olie	Halfsynthetisch	Water	Hydraulisch
Po,0	0,14	0,11	0,10	0,07
Po,1 t/m Po,6	0,02	0,03	0,03	0,01
Po,7 t/m Po,12	0,05	0,06	0,03	0,06
Po,13 t/m Po,18	0,03	0,08	0,05	0,04
Po,19 t/m Po,24	0,04	0,06	0,02	0,09
Po,25 t/m Po,30	0,03	0,03	0,03	0,01
Po,31 t/m Po,36	0,02	0,04	0,02	0,02
Po,37 t/m Po,42	0,02	0,04	0,03	0,04
Po,43 t/m Po,48	0,03	0,04	0,01	0,05
Po,49 t/m Po,54	0,02	0,05	0,03	0,00
Po,55 t/m Po,60	0,03	0,03	0,01	0,00
Po,61 t/m Po,66	0,02	0,04	0,01	0,03
Po,67 t/m Po,72	0,01	0,00	0,02	0,08
Po,73 t/m Po,78	0,03	0,06	0,01	0,00
Po,79 t/m Po,84	0,03	0,00	0,01	0,00
Po,85 t/m Po,90	0,02	0,08	0,06	0,08
Po,91 t/m Po,96	0,02	0,00	0,02	0,00
Po,97 t/m Po,102	0,06	0,00	0,02	0,00
Po,103 t/m Po,108	0,04	0,00	0,07	0,00
Po,109 t/m Po,114	0,06	0,00	0,04	0,00
Po,115 t/m Po,120	0,00	0,00	0,00	0,00
>120	0,08	0,00	0,11	0,00

Tabel 12: Kans  $Po,i$

De kans  $Po,ij$  kan nu op onderstaande manier bepaald worden, waarin de kans  $Po,i$  opgezocht kan worden in tabel 12.  $Po,i$  is afhankelijk van het moment van de PLC, wanneer een product geproduceerd wordt.

$$Po,ij = Po,i \times \left( \frac{x1 - Do}{D} \right)$$

De onderstaande formule 6 voor de kosten incurant product per ton product zal als volgt worden herschreven.

Formule 6:

$$k6 = \frac{Po,i \times \left( \frac{x1 - Do}{D} \right) \times \frac{1}{2} \times (Wi + Ks) \times (x1 - Do)}{x1}$$



### 6.3 Kostenfunctie

In deze paragraaf zal een kostenfunctie van de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten ontworpen worden. De kostenfunctie wordt opgebouwd uit de volgende vijf kostensoorten, die reeds zijn behandeld in paragraaf 5.1.

- Arbeidskosten blenders (formule 1a en formule 1b)
- Arbeidskosten voorraad (formule 3)
- Rentekosten (formule 5)
- Incourant product (formule 6)
- Arbeidskosten laboratorium (formule 8)

De totale kostenfunctie bestaat uit de som van alle bovengenoemde kostenfuncties. De totale kostenfunctie, die geminimaliseerd moet worden is hieronder weergegeven in formule 10a voor alle niet-halfsynthetische producten.

formule 10a

$$(A \times x1) + \left( \frac{(A \times Do^2) + 362 - (10,79 \times Do)}{x1} \right) + 10,79 - (2 \times A \times Do)$$
$$A = \left( \left( \frac{Wi \times r}{24 \times D} \right) + \left( \frac{\frac{1}{2} \times Po, i \times (Wi + Ks)}{D} \right) \right)$$

De totale kostenfunctie, die geminimaliseerd moet worden voor halfsynthetische producten is in onderstaande formule 10b weergegeven.

formule 10b

$$(A \times x1) + \left( \frac{(A \times Do^2) + 582 - (10,79 \times Do)}{x1} \right) + 10,79 - (2 \times A \times Do)$$

De eerste stap van dit onderzoek uit paragraaf 3.3 is hiermee vervuld. De 2<sup>e</sup> stap, het bepalen van een methodiek om de kostenfunctie te minimaliseren, zal nu in de volgende paragraaf 6.4 in kaart gebracht worden.

### 6.4 Minimaliseren kostenfunctie

De enige tactische planningsbeslissing, die van invloed is op de kostenfunctie, is de batchgrootte  $x1$ . Om te berekenen bij welke batchgrootte de kosten per ton product geminimaliseerd worden, zal de afgeleide functie van bovenstaande totale kostenfuncties geminimaliseerd worden. De onderstaande formules 11a en 11b berekenen de optimale batchgrootte  $x1$ , waarbij de kostenfunctie geminimaliseerd wordt voor niet-halfsynthetische producten respectievelijk halfsynthetische producten. Dit wordt gedaan door de afgeleide functies van de formule 10a en formule 10b gelijk aan 0 te stellen.

formule 11a

$$x1 = \sqrt{\frac{362 - (10,79 \times Do) + A \times Do^2}{A}}$$

formule 11b

$$x1 = \sqrt{\frac{582 - (10,79 \times Do) + A \times Do^2}{A}}$$



Alle tactische planningsbeslissingen volgens de vraagstelling uit paragraaf 3.3 en volgens de afbakening uit paragraaf 3.6 kunnen nu bepaald worden, waarbij de kostenfunctie wordt geminimaliseerd.

### 1. Bepalen van de optimale batchgrootte x1

De optimale batchgrootte kan bepaald worden met behulp van bovenstaande formule 11a en formule 11b.

### 2. Bepalen van het optimale moment van produceren x2

Hoewel deze tactische planningsbeslissing wel invloed heeft op de kosten is deze toch niet meegenomen in de kostenfunctie, omdat de optimale grootte van deze planningsbeslissing makkelijk te beredeneren is. Het moment van produceren beïnvloedt namelijk de verschillende voorraadkosten (arbeidskosten, rentekosten en kosten incourant product). Om deze verschillende voorraadkosten te minimaliseren zal daarom zo laat mogelijk moeten worden geproduceerd. Er zal daarom geproduceerd worden, als een order niet in zijn geheel uit voorraad geleverd kan worden. Er zullen géén veiligheidsvoorraden eindproduct worden aangehouden, omdat de totale doorlooptijd plus transporttijd naar de klant van een product gemiddeld 3 á 5 dagen bedraagt, wat veel korter is dan de gemiddelde gevraagde levertijd. Hierbij wordt er vanuit gegaan, dat er altijd voldoende grondstoffen aanwezig zullen zijn om een gevraagde order te kunnen produceren.

### 3. Bepalen van de optimale blenderinhoud x3

Zoals we reeds gezien hebben is de keuze in welke blender wordt geproduceerd, niet van invloed op de kostenfunctie volgens paragraaf 5.1. Deze tactische planningsbeslissing zal dan ook uiteindelijk alléén gemaakt worden als operationele planningsbeslissing. Op tactisch niveau kijken we dus niet naar de optimale blenderinhoud.

Om te testen of de bovenstaande methode reële waarden weergeeft voor de optimale batchgrootte x1, wordt voor een aantal producten de optimale batchgrootte doorgerekend. De optimale batchgrootte x1 wordt berekend in onderstaande tabel 13 voor enkele producten, waarvoor verschillende waarden gelden voor de afhankelijke factoren van de totale kostenfunctie. De producten A tot en met product L uit onderstaande tabel 13 zijn fictieve producten met als doel inzicht te krijgen, hoe formule 11a en formule 11b reageren op de verschillende productafhankelijke factoren. 90% Van alle actuele producten heeft een kleinere Do dan 10 ton én een kleinere D dan 30 ton, waardoor de fictieve producten uit onderstaande tabel 13 representatief zijn voor de actuele eindproducten.

Product	productsoort	Do (ton)	D (ton)	Wi (Nlg./ton)	x1 (ton)
A	Halfsynthetisch	10	30	2000	16,0
B	Halfsynthetisch	10	30	4000	13,6
C	Halfsynthetisch	1	3	2000	4,5
D	Halfsynthetisch	1	3	4000	3,3
E	Halfsynthetisch	1	1	2000	2,7
F	Halfsynthetisch	1	1	4000	2,1
G	Overige	10	30	2000	15,4
H	Overige	10	30	4000	13,2
I	Overige	1	3	2000	4,5
J	Overige	1	3	4000	3,3
K	Overige	1	1	2000	2,7
L	Overige	1	1	4000	2,1

Tabel 13: Optimale batchgrootte x1 voor enkele producten





Verder is de bovenstaande batchgrootte  $x_1$  berekend met behulp van de volgende waarden.

- $K_s$  = 360 Nlg.  
 $r$  = 10%  
 $P_{o,i}$  = 0,06 voor halfsynthetische producten  
 $P_{o,i}$  = 0,04 voor overige producten

De bovenstaande waarde van de kans  $P_{o,i}$  is gelijk genomen aan de gemiddelde kans  $P_{o,i}$  over de eerste 2 jaar van de gemiddelde PLC van een productgroep (zie tabel 12). De lengte van 2 jaar is gekozen, omdat het grootste gedeelte van alle producten binnen 2 jaar incurant wordt. Zoals eerder opgemerkt is in paragraaf 6.2, zal de optimale batchgrootte  $x_1$  zelden groter zijn dan 2 keer de gemiddelde maandvraag  $D$ . Behalve bij een zeer kleine gemiddelde maandvraag  $D$  kan de optimale batchgrootte  $x_1$  groter zijn dan 2 keer de gemiddelde maandvraag  $D$ .

## 6.5 Planningsmethodiek in de praktijk

In deze paragraaf zal tenslotte de vertaalslag gemaakt worden, hoe de ontworpen theoretische planningsmethodiek gebruikt kan worden in de praktijk. Er zal beschreven worden, hoe de optimale tactische planningsbeslissingen zullen bijdragen aan het maken van de uiteindelijke operationele planningsbeslissingen. Tevens is er een softwarematige *tool* ontwikkeld, waarvan het gebruik in deze paragraaf beschreven zal worden. Volgens paragraaf 6.4 zal alleen de optimale batchgrootte  $x_1$  nog berekend moeten worden. De onderstaande 2 stappen zullen door de afdeling planning doorlopen moeten worden om tot de optimale batchgrootte  $x_1$  te komen en vervolgens .

### 1. Bepaal de waarden voor de afhankelijk factoren van de totale kostenfunctie.

De totale kostenfunctie is afhankelijk van de onderstaande factoren

- Batchgrootte  $x_1$
- Productsoort
- Gemiddelde ordergrootte per afname  $D_o$
- Gemiddelde vraag  $D$  per maand
- Kostprijs  $W_i$  per ton van product  $i$
- Rentepercentage  $r$
- Scrapkosten  $K_s$  per ton product
- Kans  $P_{o,i}$

Iedere keer als de optimale batchgrootte  $x_1$  per product berekend zal worden, moeten de waarden van de bovenstaande factoren vastgesteld worden. Natuurlijk hoeft dit niet voor de factor *batchgrootte  $x_1$* , omdat deze factor geoptimaliseerd zal worden. Het *rentepercentage  $r$*  en de *scrapkosten  $K_s$*  zijn gelijk voor alle soorten producten en zullen slechts eenmalig voor alle producten aan het begin van de berekening bepaald worden. De *productsoort*, de *kostprijs  $W_i$*  en de *kans  $P_{o,i}$*  zijn productafhankelijk en dienen bij de invoering van een product slechts éénmalig bepaald te worden. Omdat de kans  $P_{o,i}$  afhankelijk is van het moment waarop een product in de PLC geproduceerd wordt, zal de datum van de start van de PLC van elk product éénmalig vastgelegd moeten worden. De *gemiddelde ordergrootte per afname  $D_o$*  en de *gemiddelde vraag  $D$  per maand* zullen elke keer opnieuw berekend moeten worden. Dit zal gedaan worden door iedere maand alle orders met bijbehorende ordergroottes van de afgelopen 12 maanden uit het informatiesysteem PRISM te halen. Om het bestand van actuele producten *up to date* te houden zal er voor gezorgd moeten worden, dat incurante productversies verwijderd worden en nieuwe productversies toegevoegd worden. Als alle waarden voor de afhankelijke factoren bepaald zijn, dan kan de optimale batchgrootte  $x_1$  voor alle producten berekend worden.



## 2. Bereken de optimale batchgrootte x1

Om de optimale batchgrootte  $x_1$  voor alle producten te berekenen, is een *tool* ontworpen in Excel. Binnen deze *tool* worden de waardes van de bovenstaande afhankelijke factoren ingevuld en automatisch doorgerekend. De optimale batchgrootte  $x_1$  wordt ook voor alle producten berekend. De gegevens die nodig zijn om de *gemiddelde ordergrootte per afname Do* en de *gemiddelde vraag D per maand* te berekenen, worden via een Access database uit PRISM gehaald. Tussen de *tool* in Excel en de Access database is een link gelegd, waardoor de gegevens met 1 druk op een knop door de planners automatisch bijgewerkt kunnen worden. In onderstaande figuur 6 staat weergegeven hoe deze *tool* binnen Excel eruit ziet. Hierbij wordt opgemerkt, dat de gegevens uit onderstaande figuur 6 niet meer representatief zijn voor de weergegeven producten geproduceerd in het jaar 2000.

Product	Optimale batchgrootte x1 (n ton)	Productsoort	Arbeidskosten productie per batch	Kostprijs Wf per kg(ogram)	Gemiddelde ordergrootte Do (n ton)	Gemiddelde maandraag B (n ton)	Kans Po.f
N 02341-00	0,46	Olle	260,00	7,36	0	0	0,027
N 02379-03	0,59	Olle	260,00	4,28	0	0	0,027
N 02374-05	5,05	Olle	260,00	1,66	1	2	0,027
N 03060-08	2,69	Hydraulisch	260,00	3,41	0	1	0,014
N 03060-11	6,66	Hydraulisch	260,00	3,27	0	5	0,014
N 03064-11	2,24	Hydraulisch	260,00	3,11	1	1	0,014
N 03449-01	0,34	Hydraulisch	260,00	23,00	0	0	0,014
N 03314-02	0,49	Water	260,00	6,46	0	0	0,033
N 03667-06	0,32	Water	260,00	2,05	0	0	0,033
N 03666-07	0,09	Water	260,00	1,70	0	0	0,033
N 03666-08	1,26	Water	260,00	1,36	0	0	0,033
N 04033-04	3,64	Olle	260,00	2,64	2	2	0,027
N 04374-05	7,12	Olle	260,00	1,04	3	4	0,035
N 04406-01	0,62	Water	260,00	2,92	0	0	0,020
N 04534-10	0,69	Water	260,00	1,60	0	0	0,020
N 04534-11	4,45	Hydraulisch	260,00	1,62	1	5	0,035
N 04660-00	1,05	Water	260,00	2,95	0	0	0,020
N 04590-10	10,17	Hydraulisch	260,00	1,14	4	18	0,035
N 05036-01	0,48	Hydraulisch	260,00	2,10	0	0	0,036
N 05102-01	0,09	Hydraulisch	260,00	5,60	0	0	0,036
N 05126-00	0,60	Olle	260,00	4,36	0	0	0,035
N 05194-04	3,64	Halfsynthetisch	480,00	1,14	1	1	0,036
N 05208-14	13,07	Olle	260,00	1,36	4	18	0,035
N 05250-11	5,80	Olle	260,00	1,66	2	6	0,035
N 05269-18	25,59	Halfsynthetisch	480,00	1,12	5	58	0,036

Figuur 6: Tool in Excel

Tenslotte zal nog bepaald worden, hoe de optimale batchgrootte  $x_1$  berekend met behulp van bovenstaande *tool*, gebruikt zal worden in de praktijk. Het optimale moment van produceren  $x_2$  is reeds in paragraaf 6.4 bepaald. Een batch zal namelijk geproduceerd worden als een order niet in zijn geheel uit voorraad geleverd kan worden. Als een order niet in zijn geheel uit voorraad geleverd kan worden, kunnen zich 2 situaties voordoen.

- De ordergrootte is kleiner dan de voorraadhoogte plus de optimale batchgrootte  $x_1$ .
- De ordergrootte is groter dan de voorraadhoogte plus de optimale batchgrootte  $x_1$ .

In het eerste geval zal de optimale batchgrootte  $x_1$  geproduceerd worden. Om te voorkomen dat bepaalde producten die op voorraad liggen incurant worden door de beperkte houdbaarheid, zal altijd eerst de opgeslagen hoeveelheid product uitgeleverd worden.

In het tweede geval zal de ordergrootte min de voorraadhoogte geproduceerd worden. In dit geval daalt de actuele voorraadhoogte naar 0.



## 7 Vergelijking huidige en nieuwe situatie

In dit hoofdstuk zullen de verschillen in kaart gebracht worden tussen de huidige en de nieuwe voorgestelde situatie. Ten eerste zullen de operationele verschillen tussen beide situaties voor de afdeling planning in kaart gebracht worden. Vervolgens zullen de financiële verschillen voor de huidige en de nieuwe voorgestelde situatie besproken worden.

### 7.1 Operationele verschillen

Het ontwerpmodel in hoofdstuk 6, zal gebruikt worden als beslissingsondersteunende informatie voor de afdeling planning om operationele planningsbeslissingen beter en sneller te kunnen maken. Ten opzichte van de huidige manier van plannen, blijft het takenpakket van de planners in de nieuwe situatie hetzelfde. De taken die uitgevoerd moeten worden om de operationele beslissingen te nemen zullen niet veranderen. Wat wel verandert is de informatie, die gebruikt wordt om deze operationele planningsbeslissingen te maken. Om altijd met actuele informatie te kunnen plannen, zullen de planners een extra taak op zich moeten nemen. Deze taak houdt in, dat één keer per maand de bijgewerkte actuele gegevens verzameld en opnieuw doorgerekend moeten worden. Het doorrekenen van het ontworpen model met behulp van de bijgewerkte gegevens zal automatisch door de ontworpen *tool* gedaan worden. De bijgewerkte gegevens zullen echter eerst door de planner in de *tool* moeten worden ingevoerd. De niet-actieve producten moeten bijvoorbeeld uit de *tool* worden verwijderd en nieuwe versies van producten zullen moeten worden toegevoegd. Hoewel er één taak voor de planners bijkomt, zal er ook één taak verdwijnen. Op dit moment wordt de SMABA methode handmatig uitgevoerd. De planners moeten telkens per product handmatig gaan bekijken of dit product de afgelopen maanden vaker is gevraagd. Deze taak zal met behulp van de ontworpen *tool* in de nieuwe situatie vervallen. De *tool* houdt namelijk automatisch rekening met de gemiddelde maandvraag D per product over de afgelopen 12 maanden.

### 7.2 Financiële verschillen

Een belangrijk onderdeel van de doelstelling is om een planningsmethodiek te ontwerpen, waarbij de kosten geminimaliseerd worden. Er zal daarom in deze paragraaf aangetoond worden, dat de totale kosten in de voorgestelde situatie inderdaad lager zullen uitvallen dan in de huidige situatie. Tevens wordt bekeken hoe hoog de totale kosten zullen zijn bij pure MTO productie. Pure MTO productie wil zeggen, dat voor iedere order een aparte batch gemaakt wordt.

1. Totale vraag van het jaar 2000 geproduceerd volgens MTO.
2. Totale vraag van het jaar 2000 geproduceerd volgens huidige situatie.
3. Totale vraag van het jaar 2000 geproduceerd volgens het ontwerpmodel.

Voor bovenstaande 3 situaties worden in onderstaande tabel 14 de totale kosten per afhankelijke kostensoort over het jaar 2000 vergeleken. Het aantal batches dat geproduceerd wordt in de verschillende situaties is in tabel 15 weergegeven. De reden waarom er in het ontwerpmodel veel minder batches geproduceerd worden dan in de huidige situatie is, dat in de nieuwe situatie meerdere kleine orders per batch samengenomen worden dan in de huidige situatie. In de huidige situatie bestaat een batch, die op voorraad gelegd wordt uit gemiddeld 2,7 orders. Bij het ontwerpmodel bestaat een batch, die op voorraad gelegd wordt uit gemiddeld 5,5 orders. De rentekosten uit tabel 14 zijn berekend bij een rentepercentage van 10%.



Kostensoort	MTO	Huidige situatie	Ontwerpmodel
Arbeidskosten productie	Fl. 2.310.000,-	Fl. 1.307.250,-	Fl. 1.050.000,-
Arbeidskosten voorraad	Fl. 0,-	Fl. 350.000,-	Fl. 245.000,-
Arbeidskosten laboratorium	Fl. 673.200,-	Fl. 380.970,-	Fl. 306.000,-
Rentekosten	Fl. 0,-	Fl. 210.000,-	Fl. 120.000,-
Kosten incurant product	Fl. 0,-	Fl. 510.000,-	Fl. 150.000,-
<b>Totaal</b>	<b>Fl. 2.983.200,-</b>	<b>Fl. 2.758.220,-</b>	<b>Fl. 1.871.000,-</b>

Tabel 14: Totale kosten bij verschillende productieplanning

De totale afhankelijke kosten uit tabel 14 kunnen op jaarbasis per product als volgt berekend worden.  $D_j$  staat voor de jaarvraag van een bepaald product.

Arbeidskosten productie:  $\frac{D_j}{x_1} \times 260$  óf  $\frac{D_j}{x_1} \times 480$

Bovenstaande keuze is afhankelijk van de productsoort.

Arbeidskosten voorraad:  $\frac{D_j}{x_1} \times 10,79 \times (x_1 - D_0)$

Arbeidskosten laboratorium:  $\frac{D_j}{x_1} \times 102$

Rentekosten:  $\frac{1}{2} \times (x_1 - D_0) \times W_i \times r$

Kosten incurant product:  $P_{0,i,j} \times \frac{1}{2} \times (x_1 - D_0) \times (W_i + K_s)$

Hierbij is  $P_{0,i,j}$  gelijk aan de som van  $P_{0,i}$ ,  $P_{0,i+1}$ ,  $P_{0,i+2}$  ...,  $P_{0,i+11}$ , omdat de kans  $P_{0,i,j}$  geldt vanaf maand  $i$  tot en met maand  $i+12$  (zie tabel 12).

De totale kosten van alle producten samen is per situatie met behulp van de ontworpen *tool* doorgerekend. Uit tabel 14 blijkt, dat de totale kosten volgens het ontwerpmodel ongeveer 0,9 miljoen guldens op jaarbasis lager zijn dan in de huidige situatie. Ten opzichte van pure MTO blijken de totale kosten in de nieuwe situatie zelfs ruim 1 miljoen guldens op jaarbasis lager uit te vallen. De besparingen worden grotendeels veroorzaakt, doordat er minder batches in de nieuwe situatie geproduceerd zullen worden. De arbeidskosten voor productie en laboratorium worden hierdoor verlaagd. Verder zijn de arbeidskosten voor de voorraad, de rentekosten en de kosten van incurante producten lager, omdat de voorraadhoogte en voorraadwaarde verlaagd zijn. De voorraadhoogte in de nieuwe situatie wordt gereduceerd tot 70% van de huidige voorraadhoogte. De nieuwe voorraadwaarde wordt zelfs tot 57% van de huidige voorraadwaarde gereduceerd. Om bovenstaande cijfers verder te onderbouwen staat in onderstaande tabel 15 weergegeven, welk percentage van de orderregels in de verschillende situaties rechtstreeks uit productie en rechtstreeks uit voorraad wordt geleverd.

	MTO	Huidige situatie	Ontwerpmodel
Aantal batches totaal	6600	3735	3000
Percentage orders uit productie	100%	30%	33%
Percentage orders uit voorraad	0%	70%	67%

Tabel 15: Percentage orders levering uit productie en uit voorraad



## 8 Conclusies en aanbevelingen

De onderzoeksopdracht van dit onderzoek luidt:

*“Stel een methodiek op voor de afdeling planning, die kan bijdragen aan de verlaging van de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten door het inplannen van de vraag bij gelijke service graad.”*

In dit hoofdstuk zal uiteindelijk worden geëvalueerd in hoeverre deze doelstelling bereikt is en welke aanbevelingen op basis van dit onderzoek gemaakt worden.

### 8.1 Conclusies

De doelstelling van dit onderzoek is in zoverre bereikt, dat een inplanningsmethodiek is ontworpen, die de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten minimaliseert en tevens verlaagd ten opzichte van de huidige werkwijze van de productieplanning. In onderstaande tabel 16 zijn de gevolgen in kaart gebracht voor de totale kosten van de 3 verschillende manieren van productieplanning, berekend volgens formule 10a en formule 10b. Verder is voor elke productieplanning weergegeven, de gemiddelde voorraadhoogte voor eindproducten, de gemiddelde voorraadwaarde voor eindproducten en het aantal batches wat geproduceerd wordt. Hierbij zijn de vraaggegevens van het jaar 2000 als uitgangspunt genomen.

Productie	Totale kosten	Voorraadhoogte	Voorraadwaarde	Aantal batches
MTO	Fl. 2.983.200,-	0 ton	Fl. 0,-	6600
Huidige situatie	Fl. 2.648.220,-	1000 ton	Fl. 2.100.000,-	3735
Ontwerpmodel	Fl. 1.871.000,-	650 ton	Fl. 1.200.000,-	3000

Tabel 16: Conclusies

Uit bovenstaande tabel kunnen we afleiden, dat de totale kosten het laagste zijn volgens het nieuw ontworpen planningsmodel. De lagere kosten worden voornamelijk veroorzaakt, doordat er minder batches geproduceerd worden en er gemiddeld minder op voorraad ligt. Een tegenstrijdigheid lijkt, dat in de nieuwe situatie, waarin gemiddeld grotere batches geproduceerd worden dan in de huidige situatie, de voorraadhoogte toch omlaag gaat. De reden hiervan kan grotendeels verklaard worden, doordat in het jaar 2000, 160 ton incurant eindproduct op voorraad lag met een waarde van ongeveer fl. 420.000,-. De voorraadhoogte en voorraadwaarde incurant eindproduct wordt in de nieuwe situatie veel lager. Verder wordt de voorraadhoogte en voorraadwaarde verlaagd, doordat er in de nieuwe situatie meer orders rechtstreeks uit productie aan de klant geleverd zullen worden (zie tabel 15). Als we aannemen dat de onderneming Quaker Chemical B.V. nog 10 jaar zal blijven bestaan, is er een totale besparing van ongeveer 9 miljoen gulden mogelijk. Er is dan nog géén rekening gehouden met een stijging in de vraag. Een stijging in de vraag zou zelfs tot nog grotere besparingen leiden. Aangezien er meerdere internationale Quaker Chemical vestigingen op een gelijke manier, als de huidige productieplanning van Quaker Chemical B.V., de productie inplannen, kan dit systeem ook voor deze vestigingen kostenverlagend werken. Internationaal gezien zijn er dus waarschijnlijk nog veel grotere besparingen mogelijk.

Uit het onderzoek komt niet duidelijk naar voren of de huidige servicegraad met de nieuwe planningsmethodiek bereikt zal worden. De reden hiervoor is, dat juiste servicegraaddefinities en methoden om logistieke parameters te kunnen meten, nog niet bestaan. Het ontwikkelen van juiste servicegraaddefinities en methoden om deze te meten, zou een volledig onderzoek op zich kunnen zijn, waardoor dit wegens de beperkte onderzoekstijd achterwege is gelaten. Aangezien er volgens de nieuwe planningsmethodiek minder batches geproduceerd worden, wordt aangenomen dat de servicegraad waarschijnlijk niet daalt, maar juist zal stijgen.



## 8.2 Aanbevelingen

In deze paragraaf worden enkele aanbevelingen gemaakt, die nodig zijn om de nieuwe planningsmethodiek in de praktijk te kunnen uitvoeren en eventueel de kosten nog verder te minimaliseren.

### **Productie- en opslagcapaciteiten**

De nieuwe planningsmethodiek minimaliseert de som van de productie-, voorraad- en laboratoriumkosten, waarbij alleen gekeken wordt naar de tactische planningsbeslissingen. De strategische planningsbeslissingen worden echter in dit onderzoek niet bekeken. Dit betekent, dat het niet bekend is of de optimale batchgroottes volgens de nieuwe planningsmethodiek wel met behulp van de huidige productie- en opslagcapaciteit geproduceerd kunnen worden. Er zal daarom een nadere analyse gemaakt moeten worden van de te nemen strategische planningsbeslissingen, waarbij bepaald zal worden of er geïnvesteerd moet worden in extra productie- en opslagcapaciteit. Aangezien uit dit onderzoek is gebleken, dat investeringskosten verwaarloosbaar klein zijn ten opzichte van de afhankelijke kostensoorten binnen dit onderzoek, zullen de capaciteiten aangepast moeten worden aan de uitkomsten van de nieuwe planningsmethodiek. Dit betekent, dat er altijd voldoende geïnvesteerd moet worden in blenders met voldoende inhoud om de productie volgens de nieuwe planningsmethodiek in te kunnen plannen. Hetzelfde geldt voor de opslagcapaciteit, die voldoende groot moet zijn om de eindproducten op voorraad te kunnen leggen.

### **Eindproducten onverpakt op voorraad leggen**

In de huidige situatie wordt een grote hoeveelheid eindproducten verpakt op voorraad gelegd. Hierdoor is de huidige voorraadhoogte en huidige voorraadwaarde hoger ten opzichte van de nieuwe situatie, waarin producten onverpakt op voorraad gelegd worden. De totale voorraadhoogte en voorraadwaarde zal dalen, als je een aggregaatvoorraad van onverpakte producten aanlegt. Hierdoor dalen de rentekosten en de kosten incurante producten. Tevens zullen in de nieuwe situatie geen verpakte producten omgepakt hoeven worden, waardoor de arbeidskosten voor de voorraad zullen dalen. Investeringskosten in opslagcapaciteit, waardoor producten onverpakt op voorraad gelegd kunnen worden zijn waarschijnlijk noodzakelijk.

### **Verdere minimalisatie van de kostenfunctie**

De kosten risico incurant beïnvloeden in hoge mate de grootte van de totale kostenfunctie weergegeven door formule 10a en formule 10b. De totale kostenfunctie zou verder geminimaliseerd kunnen worden door de kosten risico incurant te verkleinen. Dit kan bereikt worden door zo weinig mogelijk van een bepaald product op voorraad te hebben, als dat product onverkoopbaar dreigt te raken. In sommige gevallen zijn er namelijk op voorhand aanwijzingen, dat een bepaald product onverkoopbaar dreigt te worden. Deze voorinformatie is bekend bij de productmanager van een bepaald product. Door een snellere en betere informatieoverdracht tussen de productmanager en de afdeling planning, kan de voorraad van een product dat onverkoopbaar dreigt te worden, nog tijdig gereduceerd worden. De afdeling planning zal op de informatie van de productmanager reageren, door alle orders voor dat bepaalde product eerst uit voorraad te leveren en niets meer op voorraad te produceren.



## 9 Literatuurlijst

Verschuren, P.J.M., De probleemstelling van een onderzoek, Spectrum, Utrecht, 1984.  
ISBN 90-274-6287-9

van Goor, A.R., Kruijtzter, A.H.L.M., Esmeijer, G.W., Goederenstroombesturing,  
voorraadbeheer en materials handling, Stenfert Kroese, Leiden, 1990.  
ISBN 90-207-1787-1

Hoonstra, R., (Afstudeeronderzoek) Voorraadbeheer bij Quaker Chemical: Een alternatief  
beheersingssysteem, Uithoorn, 1993

Kemeling, R., intern onderzoek Quaker Chemical naar afhankelijkheid tussen batchgrootte en  
productietijd, 1997

Royston, P., Approximating the Shapiro-Wilk W test for Non-Normality, Statistics and  
Computing, 1992

Bertrand, J. Will M., Wortmann Johan C., Wijngaard J., Productiebeheersing en material  
management, Educatieve Partners Nederland, Houten, 1998.  
ISBN 90-11-04399-5



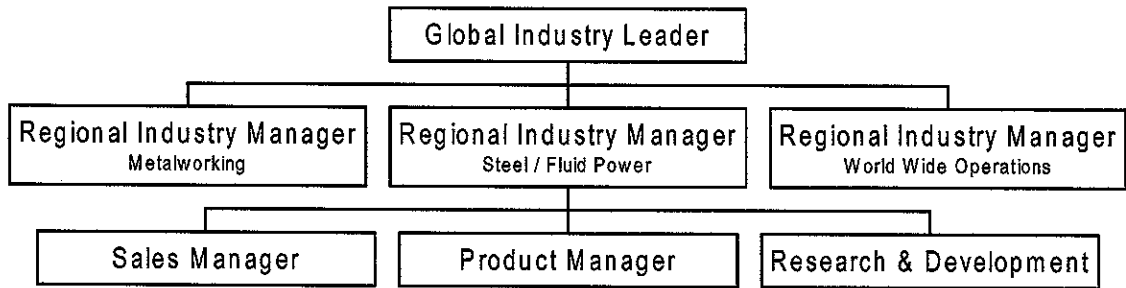
## Bijlagen





**Bijlage 1: Organogram per Business Unit**

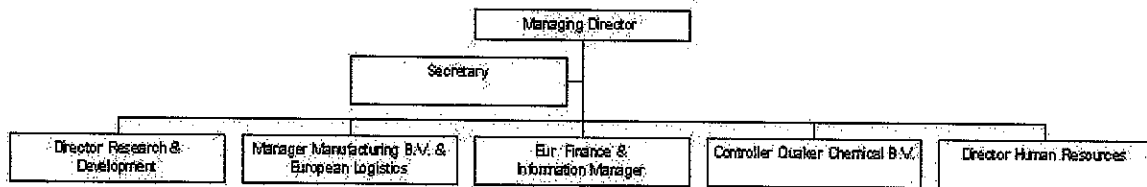
**Organogram per business unit**



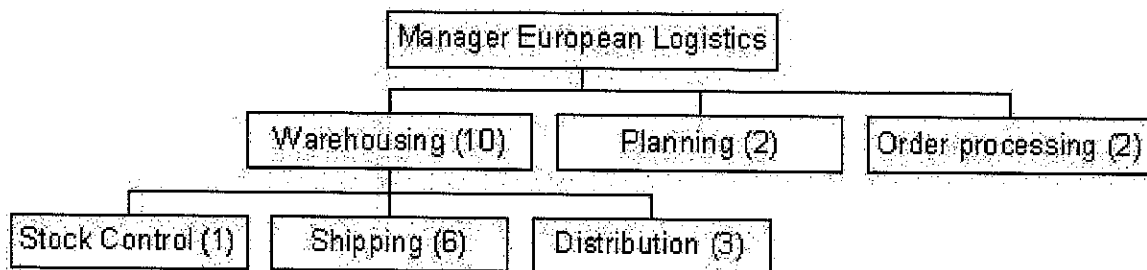


## Bijlage 2: Organogrammen van Management en Logistiek

Organogram Quaker Chemical B.V.

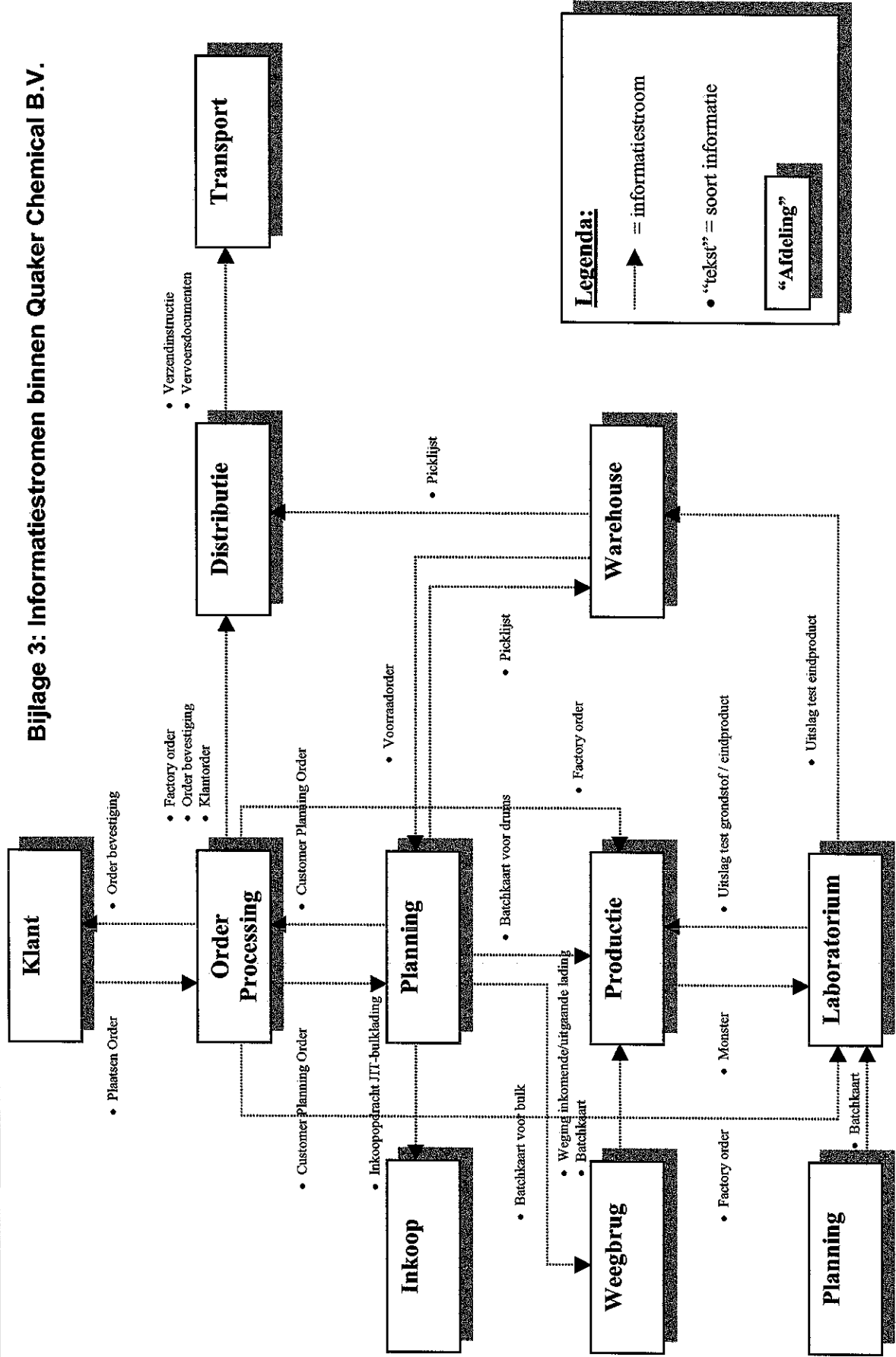


Organogram Logistiek





### Bijlage 3: Informatiestromen binnen Quaker Chemical B.V.



**Legenda:**

- = informatiestroom
- "tekst" = soort informatie

**"Afdeling"**



### Bijlage 4: Tijdsplanning

	Oktober		November		December		Januari		Februari		Maart		April		Mei		Juni	
	week	41 42 43	44 45 46 47 48	49 50 51 52	1 2 3 4	5 6 7 8	9 10 11 12	13 14 15 16 17	18 19 20 21 22	23 24 25 26								
<b>Fase 1: Voorbereiding</b>																		
Introdactie																		
Bedrijfsbeschrijving																		
Onderzoeksopzet																		
<b>Fase 2: Huidige situatie</b>																		
Gevoelighedsanalyse per kostensoort																		
Beschrijving huidige situatie vraag + planning																		
<b>Fase 3: Analyse</b>																		
Analyse gegevens uit fase 2																		
<b>Tussenrapportage</b>																		
<b>Fase 4: Ontwerpmodel</b>																		
Stap 1: Kostenfunctie ontwerpen																		
Formule ontwerpen per kostensoort																		
Cumulatieve kostenfunctie ontwerpen																		
<b>Stap 2: Kostenfunctie minimaliseren</b>																		
Cumulatieve kostenfunctie minimaliseren																		
Methodiek ontwerpen																		
Conclusies en aanbevelingen																		
<b>Fase 5: Afronding</b>																		
Inleveren Rapport																		
Presentatie																		

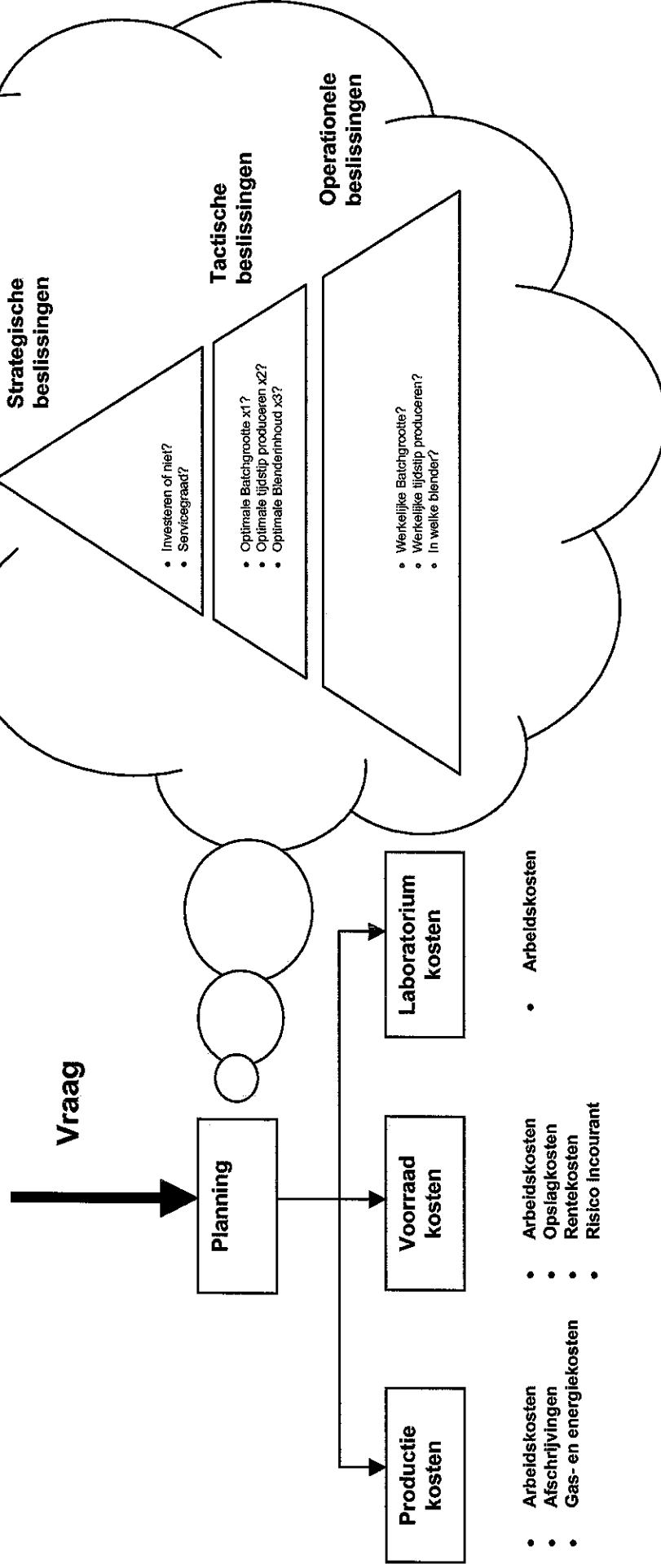
Projectduur: 9 maanden

Start project: oktober 2000 Week 41

Einde project: juni 2001 Week 26



**Bijlage 5: Conceptueel Model**

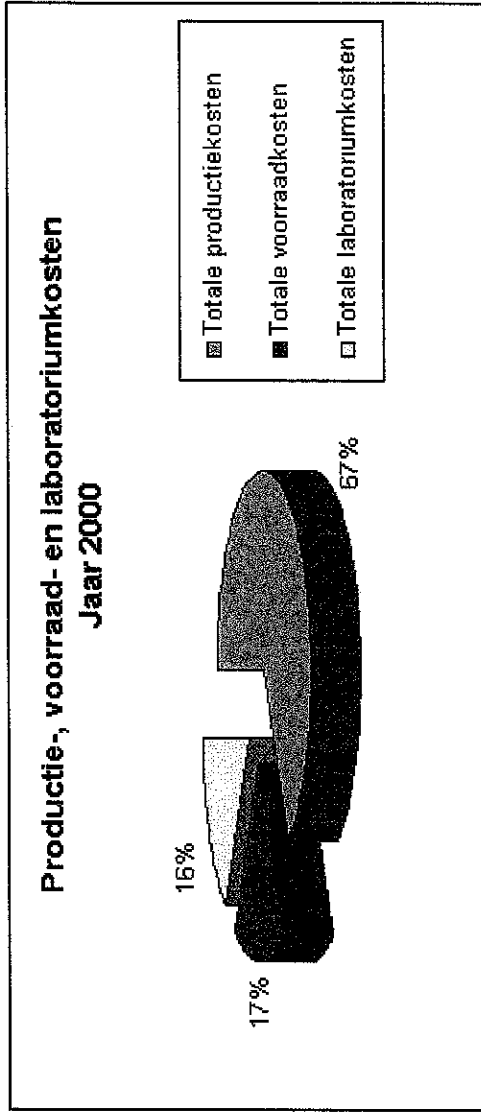




**Bijlage 6: Kostenverdeling**

	Jaar 2000		Jaar 2000		Jaar 2000			
<b>Productiekosten</b>								
Arbeidskosten	fi	1819583	Arbeidskosten	fi	737438	Arbeidskosten	fi	842737
Afschrijving	fi	602524	Afschrijving	fi	45893	Afschrijving	fi	33929
Huur / Lease	fi	5000	Huur / Lease	fi	17282	Verzekering / Belasting	fi	24350
Verzekering / Belasting	fi	73670	Verzekering / Belasting	fi	7920			
Facilitaire kosten	fi	986265	Facilitaire kosten	fi	61098			
Communicatie	fi	8828	Reiskosten	fi	401			
Service kosten	fi	55077	Verwijderingskosten (scrap)	fi	93000			
Reiskosten	fi	5988	Overige kosten	fi	1338			
Overige kosten	fi	193000						
<b>Totale productiekosten</b>	fi	3749935	<b>Totale voorraadkosten</b>	fi	964370	<b>Totale laboratoriumkosten</b>	fi	901016

	Jaar 2000	
<b>Facilitaire kosten (van productiekosten)</b>		
Onderhoud	fi	275000
Schoonmaak materiaal	fi	15000
Gas	fi	345890
Energie	fi	242760
Water	fi	46615
Overige kosten	fi	61000
<b>Totaal</b>	fi	986265



bron: J.Mulder, dep. Finance & Administration



## Bijlage 7: Manuren

In deze bijlage wordt per activiteit het aantal manuren berekend, wat in de productie van het jaar 2000 nodig is geweest. Het doel hiervan is om uiteindelijk de arbeidskosten te kunnen berekenen, wat het kost om 1 ton product te produceren. De volgende activiteiten worden onderscheiden binnen de afdeling productie.

- Productie van producten in blenders
- Aftappen van producten op tapinstallatie
- Schoonmaken van blenders
- Afwegen op weegbrug
- Onderzoek in PDU

Per activiteit zal berekend worden hoeveel manuren er in het jaar 2000 aan besteed zijn. Een manuur is gelijk aan de tijd dat een werknemer daadwerkelijk één uur bezig is met een bepaalde activiteit. Het aantal manuren voor *productie*, *aftappen* en *schoonmaken* wordt niet precies bijgehouden en is dus niet bekend. Wel is bekend, dat voor het aftappen gemiddeld 3 man bezig zijn en er in totaal 703 uren zijn schoongemaakt. Aangezien het aantal schoonmaakuren van een blender gelijk is aan het aantal manuren benodigd voor het schoonmaken van een blender, zijn er in totaal dus ook 703 manuren benodigd geweest voor het schoonmaken. Het aantal manuren benodigd voor de activiteit productie kan dan als laatste worden afgeleid als restwaarde.

Voor de berekening zal er van worden uitgegaan, dat er in het jaar 2000 gemiddeld 15 werknemers per dag werkzaam zijn in de afdeling productie en dat één persoon gemiddeld 1613 manuren per jaar werkt.

Totaal aantal manuren van afdeling productie	=	24195 -
Totaal aantal manuren weegbrug in 1 jaar	=	1613 -
Totaal aantal manuren PDU in 1 jaar	=	1613 -
Totaal aantal manuren Tap	=	4839 -
Totaal aantal manuren Cleaning	=	703 -
Totaal aantal manuren Productie	=	<b>15427</b>

Het produceren in blenders bestaat uit de operating tijd (O), de adjustment tijd (A), en de tijd benodigd om een koppeling te leggen tussen de tankwagen (Sk), dan wel de tijd benodigd om een koppeling te leggen tussen de tapinstallatie (Dk). De tijden Sk en Dk zijn constanten van beide 0,25 uren. Een batch kan bestaan uit een deel bulklading en een deel verpakt product, wat betekent dat zowel Sk en Dk per batch voor kunnen komen. In het jaar 2000 zijn er in totaal 1965 batches met bulklading en 2188 batches verpakt product geproduceerd. De totale tijd voor Sk en Dk bedroeg dus  $0,25 \cdot (1965 + 2188) = 1038$  uren. De totale tijd voor O en A samen bedroeg dus  $15427 - 1038 = 14389$  uren.

Het aantal manuren benodigd voor O en A per batch is, zoals uitgelegd in 4.1.1.1, onafhankelijk van de batchgrootte. Het aantal manuren is wel afhankelijk van het aantal handelingen, dat per batch moet worden uitgevoerd. Dit aantal handelingen is weer afhankelijk van het aantal grondstoffen, dat per product moet worden toegevoegd. Omdat er zoveel verschillende producten zijn die vaak weer veranderen, is het niet zinvol om een onderscheid per product te gaan maken. Aangezien er voor halfsynthetische producten gemiddeld tussen de 16 en 20 grondstoffen toegevoegd moeten worden en voor de overige drie productgroepen 8 à 9 grondstoffen, zal het aantal benodigde manuren voor het produceren van 1 ton halfsynthetisch product een factor 2 hoger liggen dan van de overige productgroepen. Om het aantal manuren te berekenen, die nodig zijn voor de productie van 1 batch per batchsoort staat in onderstaande tabel het aantal batches per productgroep weergegeven, dat in het jaar 2000 geproduceerd is.



Productgroep	Aantal batches
Olie	2261
Halfsynthetisch	822
Water	572
Hydraulisch	80

Het aantal manuren benodigd voor de productie van een olie-, water- of hydraulische batch kan dan met de onderstaande formule berekend worden.

$$\frac{15427}{((2 * 822) + (2261 + 572 + 80))} = 3,4 \text{ manuren}$$

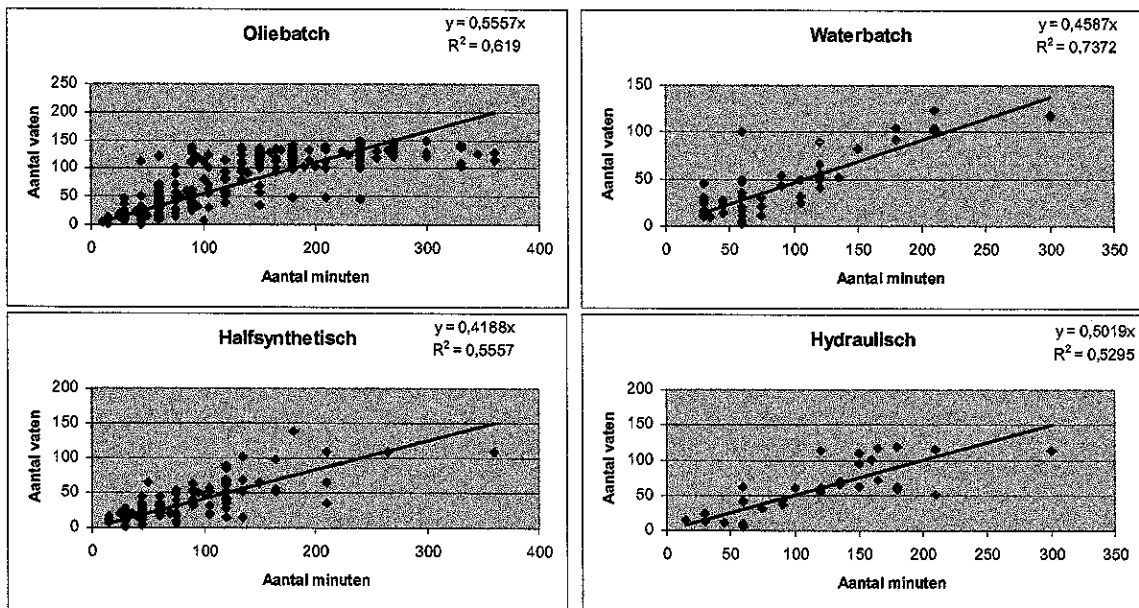
Het aantal manuren benodigd voor de productie van een halfsynthetische batch is twee maal zoveel, dus 6,8 manuren.

Bovenstaand berekend aantal manuren per productgroep is voor de activiteiten O en A voor de productie van een batch in een blender.





## Bijlage 8: Aftapsnelheid tapinstallatie



De aftapsnelheid van de tapinstallatie wordt bepaald door het gemiddelde aantal vaten dat per uur per soort batch afgetapt kan worden. Doordat de verschillende soorten batches (olie, water, halfsynthetisch, hydraulisch) verschillende kenmerken hebben, zoals dichtheid en viscositeit, is de verwachting dat het gemiddelde aantal vaten per soort batch wat per uur getapt wordt ook verschillend is. Daarom is per soort batch het aantal vaten die getapt zijn, uitgezet tegen de tijd (zie figuur x). Elke meting staat voor één batch, die afgetapt is. Per soort batch zou er een rechte lijn gevonden moeten worden door de verschillende metingen, omdat het aantal vaten dat getapt kan worden recht evenredig is met de tijd. Daarom is door middel van lineaire regressie volgens de kleine kwadraten methode een rechte lijn bepaald door de verschillende meetpunten. De vergelijking van de lijn  $y$  kan als volgt bepaald worden:

$$Y = m \cdot X + b$$

$Y$  = afhankelijke  $y$ -waarde (= aantal vaten) van de functie van de onafhankelijke  $x$ -waarde

$X$  = aantal minuten dat getapt wordt per batch

$m$  = coëfficiënt van de lijn

$b$  = constante

Bij slechts 1 onafhankelijke  $x$  variabele kunnen  $m$  en  $b$  als volgt berekend worden:

$$m = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$
$$b = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

De coëfficiënt van de lijn  $m$  zal bij iedere soort batch anders zijn, omdat de kenmerken van elke productsoort verschillen.



De waarde van de constante  $b$  hangt af van de  $y$ -waarde waar de lijn de  $y$ -as kruist. In alle gevallen is dit 0, omdat bij 0 minuten tappen er ook 0 vaten afgetapt kunnen worden. De lijn in de grafieken zal altijd door  $(0,0)$  gaan. Dit betekent dat de waarde  $b = 0$ .

In lineaire regressie analyse wordt van elk meetpunt het kwadratisch verschil bepaald tussen de werkelijke meetwaarde  $y$  en de door de functie geschatte  $y$ -waarde. De som van deze kwadratische verschillen wordt de rest som van kwadraten ( $ss_{rest}$ ) genoemd. Vervolgens wordt de totale som bepaald van de kwadratische verschillen tussen de werkelijke meetwaarde  $y$  en de gemiddelde  $y$ -waarde ( $ss_{totaal}$ ). De regressie van de som van de kwadraten ( $ss_{reg}$ ) wordt bepaald door het verschil tussen  $ss_{totaal}$  en  $ss_{rest}$ .

$$ss_{totaal} = ss_{reg} + ss_{rest}$$

Om te bepalen hoe nauwkeurig de lijn de relatie tussen de meetwaarden beschrijft wordt de determinatie coefficient  $R^2$  bepaald.

$$R^2 = ss_{rest} / ss_{totaal} \quad 0 > R^2 < 1$$

Als  $R^2 = 1$  is er een perfecte correlatie in de pool van meetpunten, bij  $R^2 = 0$  is er geen correlatie in de pool van meetpunten.

De vergelijkingen van de lijnen per soort batch zijn de volgende:

Olie batch:  $Y = 0.5557 * X$

Water batch:  $Y = 0.4587 * X$

Halfsynthetische batch:  $Y = 0.4188 * X$

Hydraulische batch:  $Y = 0.5019 * X$

De correlaties  $R^2$  per soort batch zijn de volgende:

Olie batch:  $R^2 = 0.6190$

Water batch:  $R^2 = 0.7372$

Halfsynthetische batch:  $R^2 = 0.5557$

Hydraulische batch:  $R^2 = 0.5295$

Door voor  $X = 60$  minuten in te vullen, kan het aantal vaten dat getapt is per uur per soort batch bepaald worden.

Olie batch:  $Y = 0.5557 * 60 = 33.3$  vaten per uur

Water batch:  $Y = 0.4587 * 60 = 27.5$  vaten per uur

Halfsynthetische batch:  $Y = 0.4188 * 60 = 25.1$  vaten per uur

Hydraulische batch:  $Y = 0.5019 * 60 = 30.1$  vaten per uur

De outliners binnen alle meetpunten zijn er bij bovenstaande berekeningen niet uitgehaald. Zelfs al zouden deze eruit gehaald worden, dan nog zal het gemiddeld aantal vaten dat per uur getapt is per soort batch niet significant verschillen. Dit komt door de grote hoeveelheid metingen.



### Bijlage 9: Gas en energiekosten

Bij de productie van een batch wordt er gas en energie gebruikt. Theoretisch gezien is de benodigde hoeveelheid gas en energie voor de productie van bijvoorbeeld 2 batches van 500 liters hetzelfde als de productie van dezelfde hoeveelheid van 1000 liters in 1 batch. De verwachting is echter dat de benodigde hoeveelheid gas en energie voor beide situaties niet hetzelfde is, doordat er warmteverliezen optreden. De warmteverliezen zijn afhankelijk van de oppervlakte van de blender, waarin geproduceerd wordt. De wanden van een blender staan namelijk warmte af aan de omgeving. Er ontstaan ook warmteverliezen in de leidingen naar de blenders. Het doel is om te bepalen wat het verschil is in warmteverlies tussen de productie van een bepaalde hoeveelheid in 1 grootte batch óf dezelfde hoeveelheid in 2 kleine batches. Er zal gerekend worden met verhoudingen om de relatie weer te geven tussen batchgrootte en warmteverliezen. De warmteverliezen in de leidingen naar de blenders worden in dezelfde verhouding als de oppervlakte van de blenders bekeken, om de zaak niet al te complex te maken. Hierdoor zijn er géén gegevens betreffende de leidingen nodig.

Om te bekijken wat de relatie is tussen het oppervlak van een blender en het warmteverlies, moet de verhouding tussen de hoogte en de diameter van een blender bekend zijn. Deze verhouding zal berekend worden door de gemiddelde verhoudingen te berekenen tussen de straal en de hoogte van de blenders B10 en B14. Deze twee blenders zijn gekozen, omdat de inhoud van B14 ongeveer 2 keer zo groot is als de inhoud van B10. Verder is de gemiddelde inhoud van deze twee blenders ongeveer gelijk aan de gemiddelde inhoud berekend over alle blenders. De inhoud van een blender kan berekend worden met behulp van de volgende formule:

$$I = H * \pi * (R^2)$$

- I = Inhoud blender in m<sup>3</sup>
- H = Hoogte blender in meters
- π = 3 14159 (constante)
- R = Straal

	Hoogte	Straal	Inhoud	Verhouding straal : hoogte
<b>B10</b>	2,24	1,25	11	1 : 1,79
<b>B14</b>	2,88	1,63	24	1 : 1,76

We nemen nu een gemiddelde naar boven afgeronde verhouding tussen straal en hoogte van 1 : 1,8 voor alle blenders. Er wordt naar boven afgerond, omdat de boven- en onderkant van een blender niet helemaal recht zijn, maar een beetje naar buiten gebold. De formule om de inhoud van een blender te bepalen kan nu als volgt herschreven worden:

$$I = 1,8 * \pi * (R^3)$$

Met deze verhouding kunnen we bepalen, wat de relatie is tussen het warmteverlies en de blenderinhoud. Om deze relatie te kunnen bepalen, moeten we weten wat de invloed is van de blenderinhoud op de wandoppervlakte van een blender. De wandoppervlakte kan berekend worden met behulp van de volgende formule:

$$O = 2 * \pi * R * (H + R)$$

De wandoppervlakte bestaat uit de oppervlakte van de wand, maar ook uit de ronde oppervlakte van de bovenkant en onderkant.

- O = Oppervlakte blender in m<sup>2</sup>
- H = Hoogte blender in meters
- π = 3 14159 (constante)
- R = Straal



Met de bovenstaande verhouding tussen straal en hoogte van 1 : 1,8 kan de formule voor de wandoppervlakte ook als volgt herschreven worden:

$$O = \pi * 5,6 * ( R ^ 2 )$$

We gaan nu kijken wat de wandoppervlakte van een blender X met een inhoud van 10000 liters is, en de wandoppervlakte van een blender Y met een inhoud van 20000 liters.

$$I_x = 10000 \text{ liters} = 10 \text{ m}^3$$

$$I_x = 1,8 * \pi * ( R ^ 3 )$$

$$R = 1,21 \text{ m}$$

R = 1,21 m invullen in formule voor wandoppervlakte:

$$O_x = \pi * 5,6 * ( R ^ 2 )$$

$$O_x = 25,7 \text{ m}^2$$

$$I_y = 20000 \text{ liters} = 20 \text{ m}^3$$

$$I_y = 1,8 * \pi * ( R ^ 3 )$$

$$R = 1,52 \text{ m}$$

R = 1,52 m invullen in formule voor wandoppervlakte:

$$O_y = \pi * 5,6 * ( R ^ 2 )$$

$$O_y = 40,8 \text{ m}^2$$

De wandoppervlakte voor blender X is 25,7 m<sup>2</sup> en de wandoppervlakte voor blender Y is 40,8 m<sup>2</sup>. Als de blenderinhoud dus 2 keer zo groot wordt, dan wordt de wandoppervlakte 1,6 keer zo groot. Aangezien het warmteverlies evenredig is met de wandoppervlakte bestaat er een functie die de relatie tussen het warmteverlies en de blenderinhoud beschrijft. Daarvoor moeten we wel weten wat het warmteverlies is. Precieze cijfers hoeveel gas en energie omgezet wordt in warmte en hoeveel warmteverlies hierbij optreedt zijn niet bekend. Aangezien de blenders geïsoleerd zijn, wordt de aanname gemaakt dat 20% van alle gas en energie omgezet wordt in warmteverlies.

Stel dat een batch van 10000 liters geproduceerd in blender X 10000 kilojoules aan gas en energie kost, dan is het warmteverlies 0,15 \* 10000 kilojoules = 1500 kilojoules. Vervolgens wordt er een batch van 20000 liters in blender Y geproduceerd. Volgens de theorie is hier 2 keer zoveel gas en energie als in blender X voor nodig. In de praktijk echter volgens bovenstaande verhouding is bij een verdubbeling van de blenderinhoud maar 1,6 maal zoveel warmteverlies en niet het dubbele. Dit betekent dat het warmteverlies in blender Y bij een batch van 20000 liters 1,6 \* 1500 kilojoules = 2400 kilojoules warmteverlies optreedt. Er is dus relatief minder gas en energie per liter product nodig, omdat er minder warmteverlies per liter optreedt. De batch in blender Y heeft relatief 20% minder warmteverlies dan blender X. ( 1 - ( 2400 / 2 \* 1500 ) ) per ton product bij een volle blender.

Als er in grotere batches geproduceerd zou worden, kunnen er dus gas en energiekosten bespaard worden. Om te berekenen hoe groot deze kostenbesparingen zijn, moeten we weten welk gedeelte van de productie in grotere batches geproduceerd zou kunnen worden. Aangezien het veel te complex wordt om dit gedeelte precies te berekenen zomet onmogelijk, wordt er een aanname gemaakt. Er wordt vanuit gegaan dat 10% van het aantal batches samengenomen zou kunnen worden tot dubbele groottes.

We kunnen nu de totale besparing op de gas en energiekosten berekenen door de totale gas en energiekosten (fl. 588.650,- zie bijlage 5) te vermenigvuldigen met het gedeelte van de gas en energie die omgezet wordt in warmteverliezen (20%). Vervolgens moeten we vermenigvuldigen met de relatieve besparing bij verdubbeling van de grootte van een batch (20%). Als laatste moet er vermenigvuldigd worden met het percentage van het totaal aantal batches dat verdubbeld kan worden (10%).

$$\text{Totale besparing} = 588650 * 0,20 * 0,20 * 0,10 = \text{fl. } 2355,-$$



## Bijlage 10: Voorraadhoogte behandelde eenheden

In deze bijlage wordt bepaald, welke hoeveelheid eenheden is behandeld door het magazijn in het jaar 2000. De volgende 3 soorten eenheden worden onderscheiden.

- Opgeslagen eindproducten
- Niet-opgeslagen eindproducten rechtstreeks uit productie bestemd voor een klant
- Grondstof

### Opgeslagen eindproducten

De eindvoorraad opgeslagen eindproducten per maand staat weergegeven in onderstaande tabel. Er is geen data bekend van augustus, dus moeten we extrapoleren om de totale behandelde hoeveelheid eindproduct voor opslag te vinden. De omloopsnelheid van de voorraad eindproducten is gelijk aan 1 keer per maand. Dit betekent dat de gemiddelde eindvoorraad eindproduct per maand gelijk is aan de behandelde hoeveelheid eindproduct.

Soort product	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Halfsynthetisch	278	274	233	248	241	206	250	0	243	288	250	244
Hydraulisch	106	136	110	98	90	114	78	0	80	80	108	97
Olie	424	553	736	558	373	483	669	0	532	460	508	537
Water	114	108	94	106	112	135	147	0	76	65	88	150
<b>Totaal</b>	<b>920</b>	<b>1071</b>	<b>1173</b>	<b>1009</b>	<b>816</b>	<b>938</b>	<b>1144</b>	<b>0</b>	<b>931</b>	<b>893</b>	<b>954</b>	<b>1027</b>

Tabel 1: Voorraad hoeveelheid behandelde eindproducten in aantal ton

Met extrapolatie van de maand augustus wordt de totale behandelde hoeveelheid opgeslagen eindproduct van het jaar 2000:

$$10876 \text{ ton} * 12 / 11 = 11865 \text{ ton}$$

### Niet-opgeslagen eindproducten rechtstreeks uit productie bestemd voor een klant

Hieruit kunnen we ook de totale hoeveelheid eindproduct afleiden, die uit productie rechtstreeks naar de klant vervoerd is in het jaar 2000, aangezien de totale geproduceerde hoeveelheid verpakt eindproduct 17095 ton is geweest.

$$17095 \text{ ton} - 11865 \text{ ton} = 5230 \text{ ton}$$

### Grondstof

De hoeveelheid behandelde grondstoffen in het jaar 2000 in het magazijn is in onderstaande tabel 2 weergegeven.

jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
2549	2006	2057	2127	2144	2049	2352	1831	2506	2064	2430	2081

Tabel 2: Voorraad hoeveelheid behandelde grondstoffen in aantal ton

De totale hoeveelheid behandelde grondstoffen in 2000 in het magazijn is 26197 ton.



## Bijlage 11: Vraag in aantal ton en aantal batches

De vraag wordt bekeken over de laatste 10 jaar in aantal ton en aantal batches. Hierbij is het eerste jaar lineair geëxtrapoleerd, omdat van dit jaar de vraag niet van alle maanden bekend is (zie tabel 1 en tabel 2).

Jaar	Hoeveelheid in aantal ton	Aantal batches
1991	24705	<b>2398</b>
1992	36151	3297
1993	31603	2885
1994	39581	3247
1995	43656	3282
1996	44068	3236
1997	50717	3559
1998	44755	3050
1999	49585	3497
2000	57705	3735

Tabel 1: Zonder extrapolatie

Jaar	Hoeveelheid in aantal ton	Aantal batches
1991	32939	<b>3197</b>
1992	36151	3297
1993	31603	2885
1994	39581	3247
1995	43656	3282
1996	44068	3236
1997	50717	3559
1998	44755	3050
1999	49585	3497
2000	57705	3735

Tabel 2: Met extrapolatie

Door middel van statistische regressie analyse zijn de onderstaande waarden gevonden voor de gegevens uit tabel 2. Voor de manier van berekening van deze gegevens met behulp van statistische regressie zie bijlage 8.

### Hoeveelheid in aantal ton per jaar:

$$\begin{aligned} Y &= 2524 * X + 29192 \\ S_{\text{rest}} &= 87745246 \\ S_{\text{totaal}} &= 613464616 \\ R^2 &= 0.8570 \end{aligned}$$

### Aantal batches per jaar:

$$\begin{aligned} Y &= 48 * X + 3033 \\ S_{\text{rest}} &= 355881 \\ S_{\text{totaal}} &= 547597 \\ R^2 &= 0.3501 \end{aligned}$$



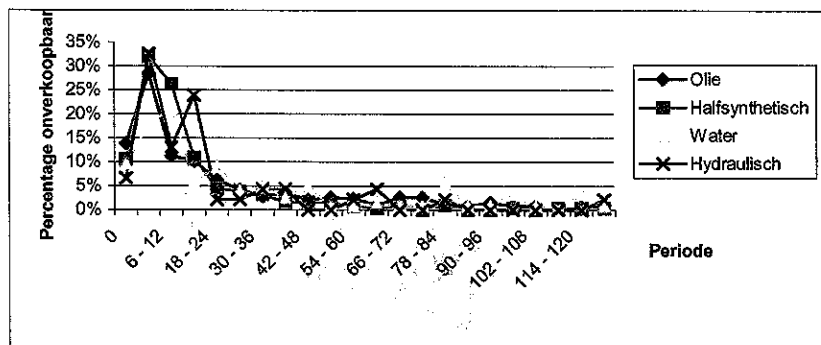
## Bijlage 12: PLC

In deze bijlage zal de lengte van de Product Life Cycle (PLC) van de 4 verschillende productgroepen berekend worden. Dit zal gedaan worden op basis van historische gegevens van 2251 producten over de afgelopen 10 jaar. De lengte van de PLC van een product houdt de tijd in, dat een product verkoopbaar is. Deze tijd wordt bepaald vanaf het moment, dat een product voor het eerst aan een klant verkocht wordt tot het tijdstip waarop een product onverkoopbaar wordt. Deze gegevens zijn binnen Quaker Chemical echter nooit bewaard gebleven en daarom is een benadering van deze tijdstippen gebruikt om de lengte van de PLC te berekenen. De lengte van de PLC van een product in deze bijlage is berekend, door het verschil te nemen tussen het tijdstip waarop een product voor de eerste keer geproduceerd werd en het tijdstip waarop het product voor het laatst geproduceerd werd.

In onderstaande tabel staat per productgroep weergegeven, welk percentage van de producten binnen een bepaalde periode vanaf tijdstip 0 van de PLC onverkoopbaar wordt. Een percentage in de periode 0 wil zeggen, dat een product slechts 1 keer geproduceerd is en daarna meteen onverkoopbaar is geworden. Omdat de productgroepen *water* en *hydraulisch* slechts weinig producten bevatten, zal één periode uit 6 maanden bestaan. Dit is gedaan om voor alle periodes voldoende metingen te hebben, waardoor de uitkomsten significant zijn. Ter illustratie wordt 26% van alle halfsynthetische producten tussen 6 maanden en 12 maanden onverkoopbaar.

Periode	Olie	Halfsynthetisch	Water	Hydraulisch
0	14%	11%	10%	7%
0 - 6	28%	32%	18%	33%
6 - 12	11%	26%	21%	13%
12 - 18	10%	11%	6%	24%
18 - 24	6%	4%	9%	2%
24 - 30	4%	4%	4%	2%
30 - 36	3%	3%	5%	4%
36 - 42	4%	2%	2%	4%
42 - 48	2%	2%	5%	0%
48 - 54	3%	2%	1%	0%
54 - 60	2%	1%	1%	2%
60 - 66	1%	0%	2%	4%
66 - 72	3%	1%	1%	0%
72 - 78	3%	0%	1%	0%
78 - 84	1%	1%	6%	2%
84 - 90	1%	0%	1%	0%
90 - 96	2%	0%	1%	0%
96 - 102	1%	0%	3%	0%
102 - 108	1%	0%	1%	0%
108 - 114	0%	0%	0%	0%
114 - 120	1%	0%	3%	0%
>120	1%	0%	1%	2%

Bovenstaande verdeling is weergegeven in onderstaande grafiek per productgroep.



Aangezien uit bovenstaande grafiek blijkt, dat de verdeling van de lengte van de PLC per productgroep niet significant verschilt, wordt gesteld dat de gemiddelde lengte van de PLC 12 maanden bedraagt.