

## MASTER

### Een methodiek voor het opstellen van onderhoudsconcepten

van de Voort, R.

*Award date:*  
1992

[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

**EEN METHODIEK VOOR HET OPSTELLEN VAN  
ONDERHOUDSCONCEPTEN**

**Afstudeerrapport van R. Van de Voort**

**April 1992**

**Technische Universiteit Eindhoven  
Faculteit Bedrijfskunde**

**Vakgroep Kwantitatieve Aspecten van Beheersingssystemen**



## Abstract

This report describes a method by which in a structural way maintenance concepts can be drawn up within a maintenance department of DSM. Moreover attention has been paid to the way in which the technical systems can be determined which have the first preference in drawing up these maintenance concepts.

## Summary

DSM is one of the greater chemical concerns in Europe with about 25000 employees all over the world. In a number of plants DSM manufactures a wide variety of products based on naphtha, gasoline and natural gas.

The maintenance activities for these plants are carried out by the so-called maintenance service units. One of the things they need in order to do this in a correct manner is a maintenance concept (MC) for each technical system. A MC is a collection of rules prescribing what maintenance operations to a technical system have to be carried out and the way in which execution of those operations is activated.

In this report it is described how these MC can be drawn up within the maintenance department of the ABS/PVC plant. However as it isn't possible to draw up a MC for all technical systems at the same time, priorities have to be determined first. Within the maintenance department of the ABS/PVC plant it has been decided to start with those technical systems that caused most problems in the past. These important systems of maintenance are technical systems which in a certain period cause:

- 1) high maintenance costs
- 2) and/or frequent failures
- 3) and/or high production losses

It has been described how taking the maintenance information system (TEROMAN) into account one can determine the maintenance costs, the number of failures and the production losses. Three important aspects were revealed:

- 1) TEROMAN has no possibility to store information about production losses as a result of a failure. The way this information is gathered now is unsuitable for analytical purposes.
- 2) As objects have not been defined unambiguously in TEROMAN finding back the complete financial history of a certain technical system is not entirely possible in most cases.
- 3) The existing reporting possibilities in TEROMAN are not sufficient.

In order to draw up MC for the above mentioned import systems of maintenance in a structural way a method has been developed. The method developed at the University of Technology in Eindhoven was used as a framework. It has been tried to convert the theory into simple procedures as much as possible. This led to the following six stages:

- 1) Establishing the elementary failures and the quantities of failures.

First the technical system is divided into its components. After that it is determined what (elementary) failures can occur to this components. Than the failure behaviour, the failure consequences (and if possible) a failure predicting quantity has to be determined.

- 2) Coupling elementary maintenance rules to elementary failures.  
On a basis of possibilities and preferences an elementary maintenance rule is chosen for each failure.
- 3) Operationalization of the maintenance operations and limitation of the maintenance intervals.  
An accurate description of the maintenance activities and the intervals in which these have to be executed are determined.
- 4) Joining the maintenance rules.  
It is considered to what extent it is wise to combine rules with a common set-up activity.
- 5) Combining rules, clusters and overhauls into packets.  
It is considered if a further combination of maintenance operations is necessary.
- 6) Evaluation of rules, clusters, overhauls and packets.  
If the various rules, clusters, overhauls and packets are acceptable in their entirety, they form the MC.

Beside the method also the data that are needed to apply this method have been paid attention to. Here a important aspect is the maintenance history. As in the past feedback didn't take place in a right way, the existing maintenance history is often valueless at the moment. As a result of this a statistical analysis of failures is not possible, so that a important basis for the MC fails.

Only having a method for drawing up MC is not sufficient. It will also have to be applied by the people for which it was meant. Therefore a first introduction of this method has taken place within the maintenance department of the ABS/PVC plant. In the execution and planning of the maintenance activities in this department the following three functions are central:

- 1) the maintenance engineer
- 2) the work preparer
- 3) the head of the autonomous management unit

In order to make the method that was developed clear to the above mentioned persons, it was demonstrated with the help of an elaborated example.

Here it appeared that the interest in the MC was not as high as had been expected. It was even decided to drop the MC and pay more attention to determining important maintenance systems. Although more reasons can be given for this the most important was that it was thought that improving the existing MC was hardly possible at that moment. The following two arguments were adopted:

- 1) The MC have been optimized by experience gathered over the years. Therefore improvements will be hardly possible.
- 2) If improvements are possible they can not be determined at this moment. For this a failure analysis is needed. However this is not possible because the maintenance history is often absent.

The fact that the MC which was drawn up as an example hardly differed from the existing MC emphasized the above mentioned way of thinking.

When we look at the future a method for drawing up MC within the maintenance department of the ABS/PVC plant only has a chance of success if there is sufficient motivation for it. A first start how this motivation can be achieved is described in this report.

## Voorwoord

In dit voorwoord wil ik iedereen bedanken die mij tijdens mijn afstudeerperiode bij DSM op de een of andere manier behulpzaam is geweest.

Met name wil ik hier noemen J. Jacobs, J. Jansen, W. Goertz, R. Verdiesen, R. Wienholts die steeds tijd hadden om mij te helpen. Een speciaal dankwoord gaat verder uit naar H. Maas en J. Vermeulen die mijn afstudeerproject bij DSM begeleid hebben.

Daarnaast gaat men dank uit naar mijn TUE-begeleiders H. Martin en P. Janssen, die mij met raad en daad tijdens mijn afstudeerperiode ter zijde gestaan hebben.

Rob Van de Voort  
Vlodrop, april 1992

## Inhoudsopgave

<b>Abstract</b>	I
<b>Summary</b>	II
<b>Voorwoord</b>	V
<b>Inhoudsopgave</b>	VI
<b>Inleiding</b>	1
<b>1. Beschrijving DSM</b>	2
<b>2. Opdrachtformulering</b>	5
2.1 Het ontwikkelen van een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten	5
<b>3. Verbeteren van het onderhoud</b>	7
<b>4. Een procedure voor het bepalen van onderhoudszwaartepunten</b>	9
4.1 Bepalen van de onderhoudskosten	9
4.2 Bepalen van het aantal storingen	17
4.3 Bepalen van de produktiederving	17
<b>5. Het onderhoudsconcept</b>	19
5.1 Een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten	19
5.1.1 Bepalen van de elementaire storingen en de storingsgrootheden	20
5.1.2 Koppelen van een EOR aan een elementaire storing	21
5.1.3 Het operationaliseren van het onderhoud en het limiteren van de onderhoudsintervallen	21
5.1.4 Het samenvoegen van de verschillende onderhoudsregels	22
5.1.5 Combineren van regels, clusters en beurten tot pakketten	24
5.1.6 Evaluatie van de regels, clusters, beurten en pakketten	24
5.2 Het onderhoudsconcept binnen DSM	25
<b>6. De benodigde basisgegevens bij het onderhoud</b>	27
6.1 Samenstellingstekeningen en technische documentatie	27
6.2 De verschillende schema's	28
6.3 De onderdelenlijsten	28
6.4 De reservedelen	29
6.5 De onderhoudshistorie	30
<b>7. De ODG ABS/PVC en het onderhoudsconcept</b>	33
7.1 De organisatie van de ODG ABS/PVC	33
7.2 Overdracht van het onderhoudsconcept op de organisatie	36

7.3 Het onderhoudsconcept in de toekomst	39
<b>8. Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>40</b>
<b>Gebruikte afkortingen</b>	<b>42</b>
<b>Lijst met definities</b>	<b>43</b>
<b>Literatuurlijst</b>	<b>45</b>
<b>INHOUDSOPGAVE BIJLAGENBUNDEL</b>	
Bijlage 1: De terugkoppeling in TEROMAN	1
Bijlage 2: Gewenst rapport in TEROMAN	5
Bijlage 3: Een alternatieve manier voor de verslaglegging van gegevens die zich in TEROMAN bevinden	8
Bijlage 4: Verslaglegging van produktiedervingsgegevens	24
Bijlage 5: Bepaling van de storingsgrootheden	25
Bijlage 6: Het initiëren van het onderhoud	28
Bijlage 7: Het limiteren van de onderhoudsintervallen	37
Bijlage 8: Het clusteren van de onderhoudsregels	39
Bijlage 9: Een uitgewerkt onderhoudsconcept	50

## Inleiding

In het kader van mijn bedrijfskundige studie aan de Technische Universiteit Eindhoven heb ik mijn afstudeeropdracht uitgevoerd bij DSM. Hier was ik werkzaam binnen de onderhouds diensten groep ABS/PVC. Mijn opdracht bestond uit het ontwikkelen van een methodiek voor het opstellen van onderhoudsconcepten, rekening houdend met de daar aanwezige situatie.

Dit verslag begint in hoofdstuk 1 met een algemene beschrijving van DSM.

Vervolgens volgt in hoofdstuk 2 de opdrachtformulering en de nadere uitwerking daarvan.

Naast het opstellen van het onderhoudsconcepten heeft men nog andere mogelijkheden om het onderhoud te verbeteren. Welke dat zijn wordt besproken in hoofdstuk 3.

Bij het opstellen van onderhoudsconcepten zal men ergens moeten beginnen. Een verstandige keuze is om eerst van die technische systemen een onderhoudsconcept op te stellen die voor de meeste problemen zorgen. Hoe we deze zogenaamde onderhoudszwaartepunten kunnen bepalen wordt in hoofdstuk 4 besproken.

In hoofdstuk 5 wordt een methode beschreven waarmee men op een verstandige manier een onderhoudsconcept kan opstellen. Bovendien wordt hier een uitgewerkt voorbeeld van een onderhoudsconcept besproken.

In hoofdstuk 6 worden de belangrijkste basisgegevens opgesomd welke noodzakelijk zijn om een onderhoudsconcept op te stellen.

Vervolgens wordt in hoofdstuk 7 de introductie besproken van de ontwikkelde methode in de onderhoudsafdeling van de ABS/PVC fabriek.

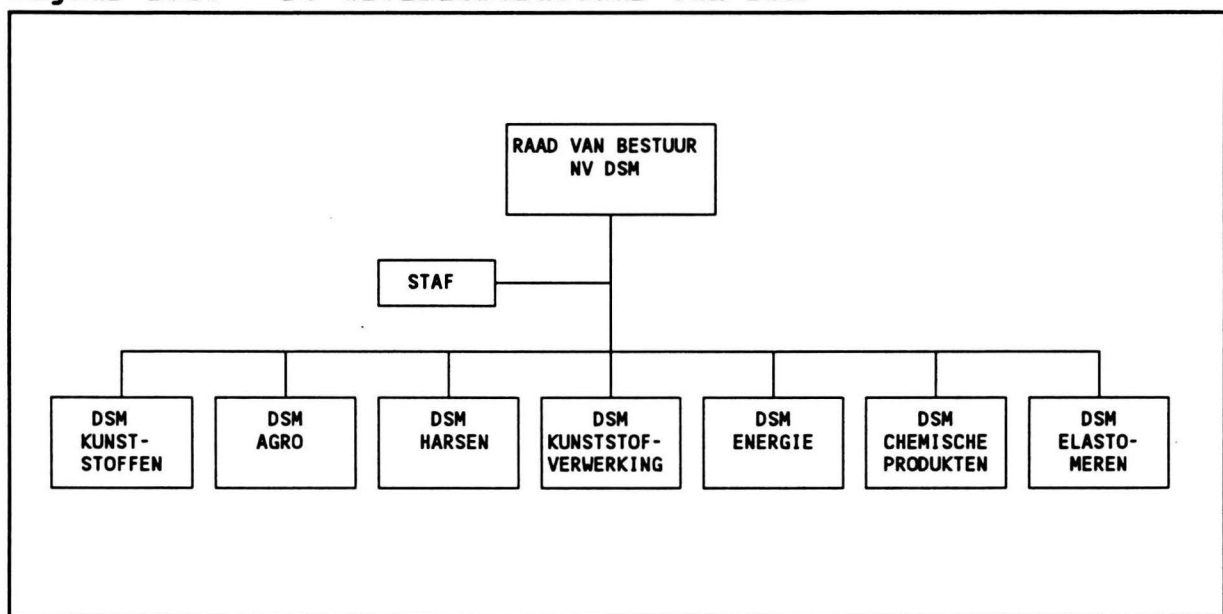
Tenslotte worden er in hoofdstuk 8 een aantal conclusies en aanbevelingen gegeven.



## 1. Beschrijving DSM

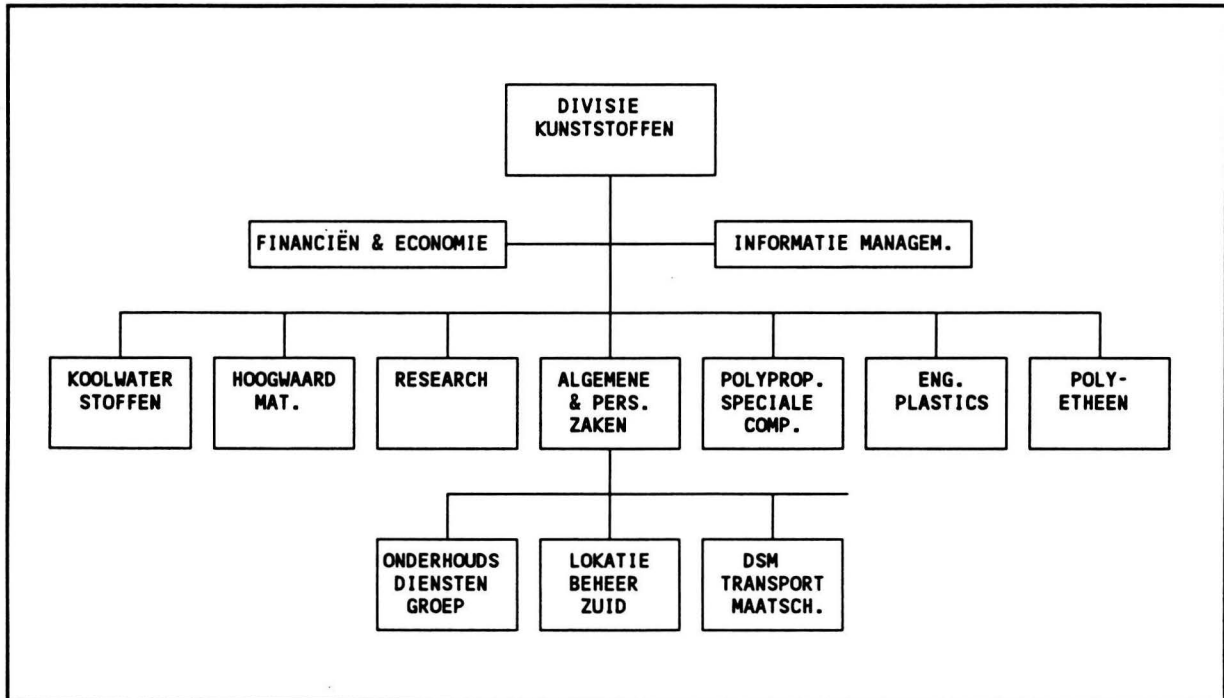
DSM is een van de grotere chemische concerns in Europa met wereldwijd ongeveer 25000 werknemers. DSM produceert een groot aantal produkten op basis van nafta, gasolie en aardgas. Ongeveer 80% van de omzet wordt gerealiseerd op Europese markten. Afzet van de produkten vindt o.a. plaats in de automobieliindustrie, de verpakkingsindustrie, de bouwnijverheid en de farmaceutische industrie. De onderneming heeft een decentrale structuur waarin vrijwel alle concern ondernemingen gebundeld zijn in een aantal divisies (zie fig. 1.1). (Uitgegaan is van de situatie zoals die bestond tijdens de start van mijn afstudeerproject in juni 1991.)

**Figuur 1.1: De divisiestructuur van DSM**



Mijn werkterrein bevindt zich binnen de onderhouds diensten groep (ODG) van de divisie kunststoffen (zie fig. 1.2 op de volgende pagina). We kunnen hier de volgende 5 business units onderscheiden: koolwaterstoffen, hoogwaardige materialen, polypropeen speciality compounds, engineering plastics en polyetheen. Daarnaast zijn er nog twee stafafdelingen (financiën & economie en information management) een afdeling voor research en een afdeling voor algemene & personeelszaken. Van de laatste is de ODG een onderdeel. De ODG voert hierbij onderhoud uit aan de machines in de verschillende fabrieken.

**Figuur 1.2: De divisie kunststoffen**



Bekijken we de ODG nader (zie fig. 1.3 op de volgende pagina) dan zien we dat aan het hoofd de area engineer staat. Hij krijgt hierbij ondersteuning van de volgende twee instanties:

- Bureau onderhoudsbeheer (heeft adviserende en coördinerende taak op het gebied van het onderhoud).
- De vakhoofden (hoogst aanspreekbare deskundigen binnen de ODG). Hierbij kan men de volgende vakgebieden onderscheiden: instrumentatie (I), werktuigbouwkunde (W) en elektrotechniek (E).

Direct onder de area engineer zitten de verschillende sectorhoofden. Een sector bestaat hierbij uit één of meerdere fabrieken. In fig 1.3 is de sector van de ABS- PVC-fabriek nader uitgewerkt.

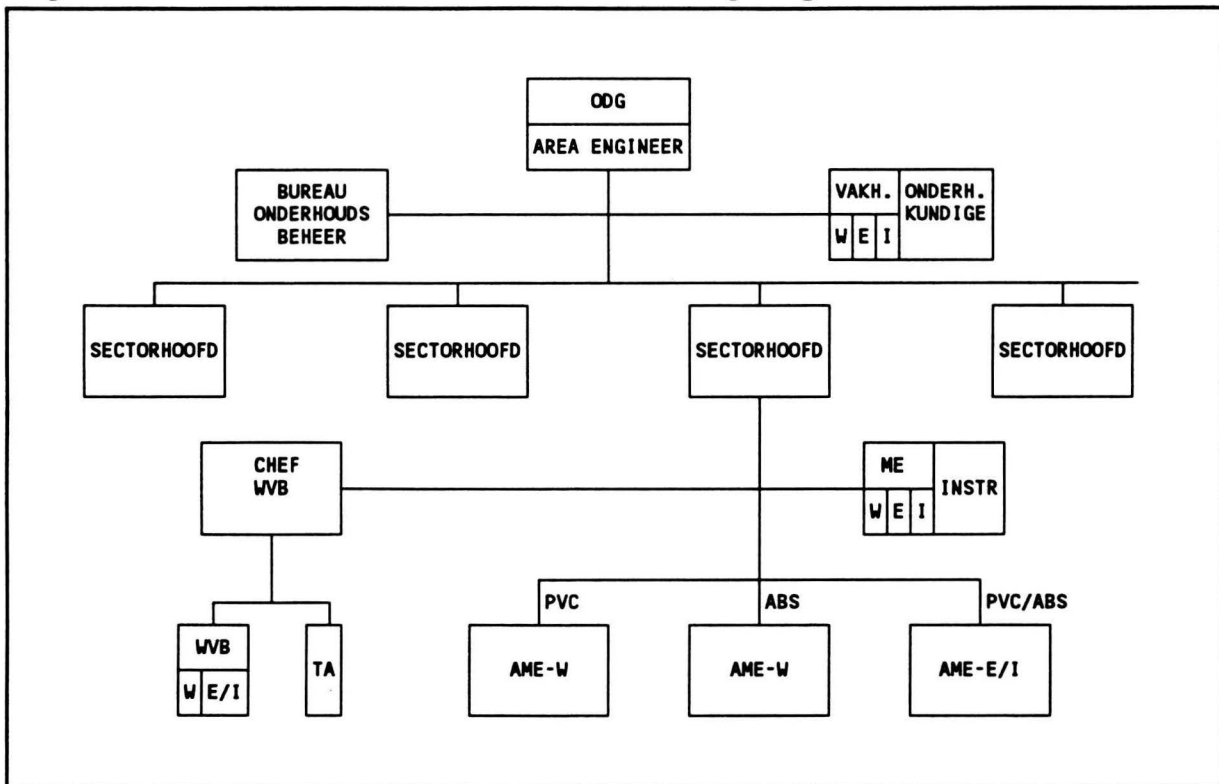
De daadwerkelijke onderhoudswerkzaamheden worden hier uitgevoerd door een aantal autonome management eenheden (AME) die bestaan uit een chef en een aantal monteurs. Binnen de sector ABS/PVC kunnen we de volgende autonome management eenheden onderscheiden:

- één voor W-werkzaamheden in de PVC-fabriek
- één voor W-werkzaamheden in de ABS-fabriek
- één voor E/I-werkzaamheden in de ABS/PVC-fabriek

Ondersteuning van de onderhoudswerkzaamheden vindt plaats door de volgende personen:

- De verschillende maintenance engineers (ME). Deze zorgen o.a. voor het opstellen van het preventieve onderhoudsplan en het oplossen van technisch moeilijke problemen.
- De werkvoorbereiders (WVB) en hun chef.
- De instructeur die o.a. instructies geeft over technische relevante zaken op I, W en E gebied.

**Figuur 1.3: De onderhouds diensten groep**



Verder is er nog een technische administrateur aanwezig die o.a. zorgt voor de urenregistratie.

## 2. Opdrachtformulering

De globale opdrachtstelling welke is opgesteld in overeenstemming tussen de TUE en DSM luidt als volgt:

Bereid de invoering van de methode t.b.v. het ontwerpen van het onderhoudsconcept voor bij de DSM PVC fabriek.

Uitgaande van de theorie van ontwerpmethodiek zal een verbijzondering worden gemaakt, opdat de onderhoudsdienst van de PVC fabriek in staat is zelfstandig onderhoudsconcepten op te stellen.

Deze globale opdrachtstelling heeft geleid tot de volgende taakstelling:

Een procedure ontwikkelen voor het opstellen van onderhoudsconcepten binnen de ODG ABS/PVC, rekening houdend met de huidige situatie.

### 2.1 Het ontwikkelen van een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten

Bij het ontwikkelen van een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten zal het TUE-ontwerpkader van een onderhoudsconcept als leidraad aangehouden worden (zie hfdst. 5). Verder moet in gedachte gehouden worden dat binnen DSM het onderhouds informatie systeem (OIS) TEROMAN aanwezig is. Dit betekent concreet dat de te ontwikkelen methode zover mogelijk inpasbaar moet zijn in TEROMAN.

Zoals al eerder onderzocht is [3], is er binnen TEROMAN geen functionaliteit m.b.t. het onderhoudsconcept. Eenmaal gemaakte onderhoudsregels kunnen echter wel op een bepaalde manier in TEROMAN opgeslagen worden, waarna het systeem automatisch de ingegeven preventieve onderhoudsacties via extrapolatie genereert. Ook de verschillende historische onderhoudsgegevens kunnen in TEROMAN opgeslagen worden.

Naast het ontwikkelen van een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten, moet deze methode ook op de organisatie worden overgebracht. Tijdens dit proces kan de methode dan nader worden ingevuld of eventueel worden bijgesteld. Het uiteindelijke resultaat hiervan is dan een methode die op betreffende organisatie is afgestemd.

Om de opgestelde methode te demonstreren werd voor een bepaald technisch systeem het onderhoudsconcept opgesteld. Tijdens dit proces bleek dat het management binnen de ODG ABS/PVC twijfels had over het nut van het opstellen van onderhoudsconcepten.

Men was namelijk van mening dat de bestaande onderhoudsconcepten voldeden. Met het verbeteren van deze concepten waren volgens de ODG ABS/PVC op korte termijn geen grote besparingen te realiseren (zie hfdst. 7).

Het gevolg was dat de interesse voor een methode waarmee men onderhoudsconcepten kan opstellen binnen de ODG ABS/PVC laag was. Wel bestond er grote belangstelling voor een

voorbereidende c.q. evaluerende stap op het onderhoudsconcept, namelijk de bepaling van de zogenaamde onderhoudszwaartepunten. Hierbij zijn onderhoudszwaartepunten technische systemen die voor veel problemen zorgen (zie hfdst. 4).

De achtergrond bij het bepalen van deze onderhoudszwaartepunten is het feit dat indien men het onderhoud wil verbeteren men ergens zal moeten starten. Een verstandige keuze is dan om bij die technische systemen te beginnen die voor de meeste problemen zorgen.

In overeenstemming met de verschillende betrokkenen is het onderwerp van het afstudeerproject toen verschoven in de richting van het bepalen van deze onderhoudszwaartepunten. Behalve het feit dat hierdoor aandacht werd besteed aan een onderwerp waarvoor binnen de ODG ABS/PVC grote belangstelling bestaat, kan er ook nog een andere positief effect van uitgaan. De volgende redenering kan hierbij gevolgd worden: Heeft men eenmaal concrete onderhoudszwaartepunten bepaald dan zullen er ook daadwerkelijk acties ondernomen moeten worden die leiden tot een verbetering van het onderhoud (zie hfdst. 3). Wil men dit op een juiste manier aanpakken dan zal al snel blijken dat een correct opgesteld onderhoudsconcept hierbij onmisbaar is. De verwachting is dat hierdoor het nut van een goede methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten binnen de organisatie van de ODG ABS/PVC duidelijk zal worden.

### 3. Verbeteren van het onderhoud

Uitgangspunt bij het verbeteren van het onderhoud zijn de onderhoudszwaartepunten. Hoe deze bepaald kunnen worden en met welke aspecten men allemaal rekening moet houden wordt besproken hoofdstuk 4.

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke mogelijkheden er zijn om het onderhoud m.b.t. deze onderhoudszwaartepunten te verbeteren. Hierbij mag een verbetering pas worden gestart indien deze uit economisch oogpunt gezien rendabel is. Als zodanig kan elke actie die aangezet wordt om het onderhoud te verbeteren gezien worden als een project. Afhankelijk van de "pay-out time" wordt het project al dan niet opgestart.

Bij het verbeteren van het onderhoud kunnen we de volgende deelgebieden onderscheiden:

#### **Uitvoeren van technische modificaties**

Of modificaties aan een technisch systeem (TS) mogelijk en zinnig zijn moet van TS tot TS bekeken worden. De aanleiding voor het uitvoeren van een technische modificatie kan b.v. een structurele storing zijn.

Soms zal het overduidelijk zijn dat een bepaalde wijziging noodzakelijk is, meestal zal men echter de beschikking moeten hebben over aanvullende gegevens zoals:

- het onderhoudsconcept
- de objecthistorie
- tekeningen en onderdelenlijsten

Heeft een wijziging plaatsgevonden dan zullen de verschillende gegevens van een TS, zover noodzakelijk, herzien moeten worden (denk hierbij b.v. aan tekeningen, onderdelenlijsten, etc.).

#### **Aanpassen van het gebruik van een technisch systeem**

Is er sprake van overmatige slijtage door overbelasting van een TS, dan zal de eerste gedachte zijn deze belasting te reduceren (aanpassen van het gebruik). Binnen de ODG ABS/PVC is men echter van mening dat de winst die men kan behalen door het overbelasten van een TS groter is dan het verlies dat men leid doordat er meer storingen optreden. Een mogelijke oplossing voor de problemen kan in deze gevallen een modificatie van het betreffende TS zijn.

#### **Het maken van een onderhoudsconcept**

Het onderhoudsconcept voor een bepaald technisch systeem is een verzameling van regels die de uit te voeren onderhoudswerkzaamheden aan dat systeem voorschrijven, alsmede de tijdstippen waarop deze moeten plaatsvinden.

Het hebben van een onderhoudsconcept is een basis vereiste om het onderhoud te kunnen uitvoeren. Hierbij is niet alleen het uiteindelijke onderhoudsconcept van belang maar ook de weg die men gevolgd heeft om tot het betreffende onderhoudsconcept te komen. Daarnaast is het onderhoudsconcept een krachtig



gereedschap waarmee men beslissingen die men op het gebied van het onderhoud wil nemen kan verantwoorden. Men kan b.v. met een goed onderhoudsconcept funderen waarom men voor een bepaald TS meer preventief onderhoud wil plegen of waarom men bepaalde reservedelen op voorraad wil leggen. Anderzijds kan men aantonen wat de gevolgen zijn indien men verplicht (als gevolg van krimpande budgetten) het preventieve gedeelte van het onderhoud moet beperken.

Een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten is in hoofdstuk 5 nader uitgewerkt.

### **De onderhoudsbeheersing**

Een geheel ander punt waarna gekeken kan worden is de onderhoudsbeheersing. Het gaat hier om het afstemmingsproces van de onderhoudsvraag op de onderhoudsmiddelen:

Hierbij wordt de onderhoudsvraag bepaald door:

- het onderhoudsconcept
- het produktieplan

De onderhoudsmiddelen bestaan uit:

- materialen (grondstoffen + onderdelen)
- capaciteiten (mensen, gereedschappen en faciliteiten)

Aandachtspunten zijn hier o.a.:

- Wordt aan de verschillende onderhoudswerkzaamheden de juiste prioriteiten gegeven.
- Wordt het onderhoud ook daadwerkelijk volgens plan (onderhoudsconcepten) uitgevoerd.

Veelal zullen de verschillende mogelijkheden ter verbetering van het onderhoud van invloed op elkaar zijn. Zo zal een technische modificatie gevolgen hebben voor het onderhoudsconcept. Anderzijds kan een verandering van het onderhoudsconcept een bepaalde technische wijziging overbodig maken. Bij de keuze van een bepaalde mogelijkheid ter verbetering van het onderhoud zal men hier rekening mee moeten houden. Het opstellen van een onderhoudsconcept is een goed uitgangspunt om met het verbeteren van het onderhoud te beginnen. De reden hiervoor is dat bij de andere mogelijkheden ter verbetering van het onderhoud het hebben van een onderhoudsconcept een vereiste is. Geen of een slecht onderhoudsconcept kan in die gevallen tot slechte resultaten leiden. Alleen indien duidelijk is dat aanpassing van het gebruik of b.v. een technische modificatie noodzakelijk is kan men deze voor, of zelfs gelijktijdig (zie ook hfdst. 5) met het opstellen van het onderhoudsconcept uitvoeren.

Voor elk van de hierboven besproken mogelijkheden om het onderhoud te verbeteren, en om het onderhoud goed te kunnen uitvoeren is het noodzakelijk dat men over een aantal basisgegevens beschikt. Men moet hierbij vooral denken aan: tekeningen, de onderhoudshistorie, verkrijgbaarheid van de reservedelen, etc. (zie hfdst. 6).

#### 4. Een procedure voor het bepalen van de onderhoudszwaartepunten

Onderhoudszwaartepunten zijn in de ogen van de onderhoudsdienst van de ABS/PVC fabriek die technische systemen die in een bepaalde periode de oorzaak zijn van:

- 1) hoge onderhoudskosten
- 2) en/of frequente storingen
- 3) en/of veel produktiederving

De eerste stap bij het bepalen van de onderhoudszwaartepunten is het verzamelen van historische gegevens over onderhoudskosten, aantallen storingen en produktiederving. Van belang hierbij is op welk niveau (onderdeelniveau, apparaatniveau, niveau van de produktie-unit, etc.) men dit wil doen. Ideaal zou zijn om de gewenste gegevens op onderdeelniveau te verzamelen. Door middel van aggregatie kan men dan de gegevens op elk ander niveau bepalen.

Omdat dit echter niet met het bestaande onderhoudsinformatiesysteem (TEROMAN) mogelijk is, is hier gekozen voor het verzamelen van gegevens op het apparaat-niveau (technisch systeem). Echter ook op het niveau van een TS is het in TEROMAN terugvinden van de complete financiële historie niet altijd op een eenvoudige manier mogelijk (zie par. 4.2 en bijlage 1). Verder worden gegevens over produktiederving niet in TEROMAN geregistreerd, maar bijgehouden door de afdeling produktie. De manier waarop dit gebeurt is helaas niet ideaal (zie par. 4.3). In de praktijk blijkt het bijna onmogelijk te zijn om 100% complete gegevens over produktiederving, aantal storingen en onderhoudskosten te krijgen. Men kan zich afvragen of men voor het bepalen van de onderhoudszwaartepunten deze gegevens per TS exact moet weten. Het antwoord is ontkennend, de onderhoudszwaartepunten komen ook wel boven water indien maar 80% van de historie van de technische systemen bekend is.

Hoe de onderhoudskosten, aantal storingen en produktiederving per TS zo goed mogelijk bepaald kunnen worden, wordt besproken in de paragrafen 4.1, 4.2 en 4.3. Op basis van deze gegevens zal men vervolgens de verschillende TS'en moeten rangschikken. De TS'en die in het verleden de oorzaak waren van de hoogste onderhoudskosten, de meeste storingen en de grootste produktiederving staan hierbij bovenaan en vormen de onderhoudszwaartepunten. Het rangschikken van de TS'en is om de volgende redenen echter niet altijd even eenvoudig:

- De factoren (produktiederving, onderhoudskosten, en aantal storingen) die hierbij een rol spelen zijn niet altijd onder één noemer te brengen.
- Een TS is in feite een aggregatie van onderdelen. De mate waarin deze onderdelen geaggregeerd zijn is echter van TS tot TS verschillend. (Zo heeft b.v. bij grote en complexe TS'en een grotere mate van aggregatie plaatsgevonden dan bij kleine en eenvoudige TS'en.) Het gevolg hiervan is dat de verscheidene TS'en moeilijk met elkaar te vergelijken zijn.

Het aanduiden van een TS als onderhoudszwaartepunt (OHZ) zal hierdoor een gedeeltelijk arbitrair proces blijven.



#### 4.1 Bepalen van onderhoudskosten

De gemaakte onderhoudskosten van een TS worden in TEROMAN opgeslagen. De manier waarop een object in TEROMAN gedefinieerd is, is bij het terugvinden van deze onderhoudskosten fundamenteel. De belangrijkste 2 definities die voor een object in TEROMAN worden gehanteerd zijn (zie bijlage 1):

- 1) een object stelt een bepaald TS voor (onderhoudsobject)
- 2) een object stelt een verzameling van TS'en voor (verzamelobject)

Daarnaast zijn er nog andere definities mogelijk zoals b.v.:

- Een object stelt een verzameling van handelingen (b.v. smeren, inspecties, etc.) voor (verzamelhandelsobject).
- Een object stelt een verzameling van technische systemen voor waaraan gemeenschappelijke keuringen moeten plaats vinden (keuringsobject).

##### Opmerking

Indien in het vervolg gesproken wordt van "overige" objecten dan worden hiermee, m.u.v. onderhouds- en verzamelobjecten, alle objecten bedoeld waarop op de een of andere manier kosten van een bepaald TS worden geboekt.

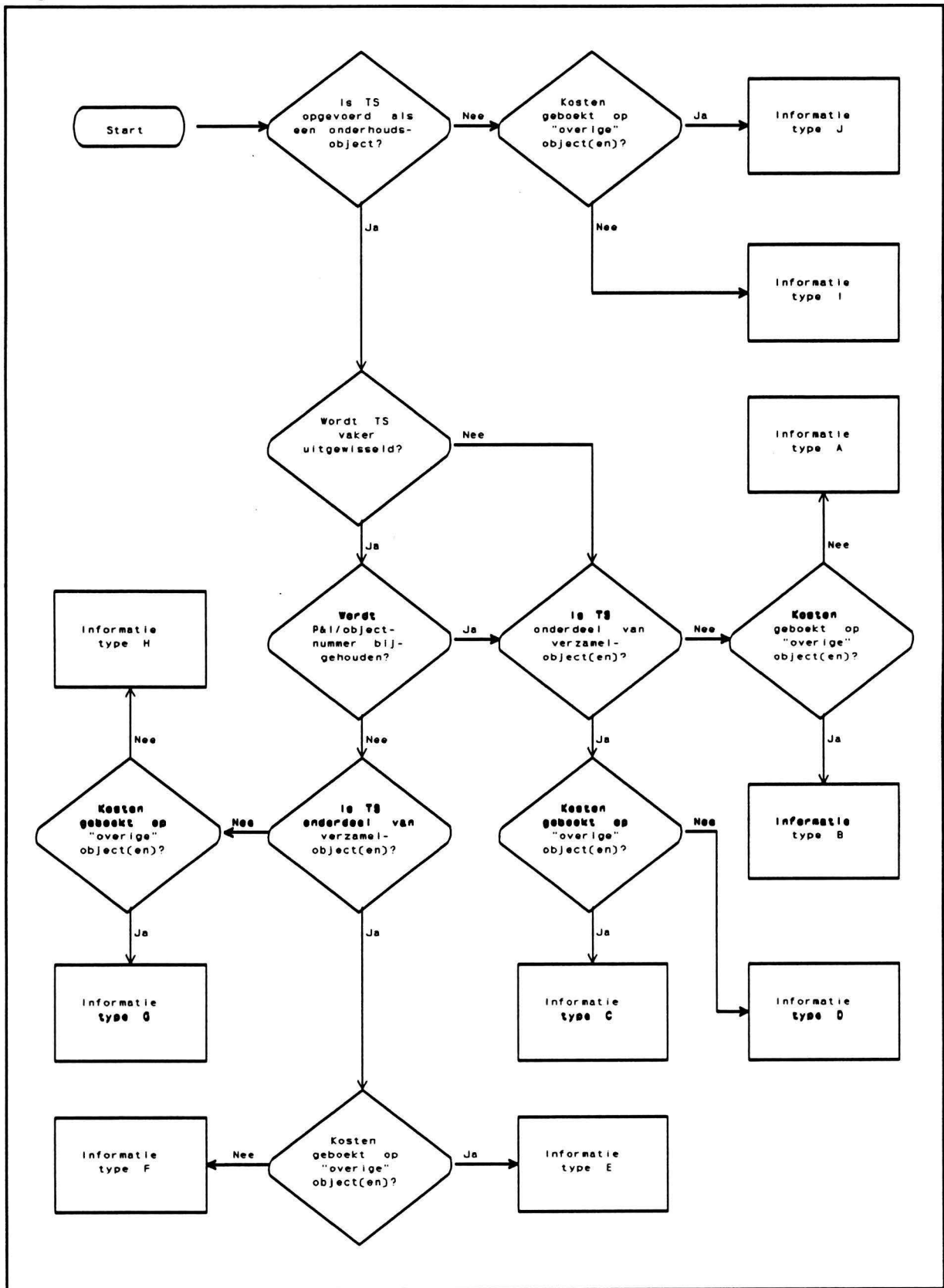
Het op verschillende manieren definiëren van objecten heeft in de praktijk het gevolg dat één bepaald TS op meerdere plaatsen in TEROMAN kan voorkomen. Bovendien wordt de P&I/objectnummer combinatie niet altijd "up to date" gehouden (zie bijlage 1). Dit alles betekent dat (indien de WA's objectgebonden (op P&I-nummer) aangemaakt worden) we de financiële historie van een TS in principe op de volgende plaatsen kunnen terugvinden:

- 1) Bij het betreffende TS.
- 2) Bij het betreffende TS en 1 of meer vergelijkbare TS'en, (TS'en met identieke type nummers) indien deze TS'en onderling uitgewisseld worden en de P&I/ Objectnummer combinatie niet up tot date gehouden wordt.
- 3) Bij het (de) verzamelobject(en) waarvan het betreffende TS een onderdeel is.
- 4) Bij één of meer van de "overige" objecten waarvan het TS deel van uit maakt.

De beschikbare financiële informatie kan men afhankelijk van hoe men met een object binnen TEROMAN omgaat indelen in een aantal types (zie figuur 4.1 volgende pagina). Bij deze figuur gaan we er vanuit dat elk TS minimaal als onderhouds- of als verzamelobject in TEROMAN is opgevoerd. Vervolgens kan men m.b.v. tabel 4.1 nagaan waar men de financiële informatie van het TS kan terugvinden.

De criteria bij het bepalen van de onderhoudszwaartepunten waren onderhoudskosten, produktiederving en aantal storingen. In deze paragraaf wordt bij het bepalen van de onderhoudszwaartepunten echter alleen gekeken naar de onderhoudskosten. De maatstaf hierbij is de totale onderhoudskosten van een TS over een bepaalde periode. Het bepalen van deze kosten is

**Figuur 4.1: Schema voor de bepaling van het type informatie**



**Tabel 4.1: De verschillende typen informatie**

Informatie type	Financiële info. v/e TS zit (gedeeltelijk)			
	bij het TS zelf	bij TS'en met identieke type nummers	bij het/de verzamelobject(en)	bij de "overige" object(en)
A	X			
B	X			X
C	X		X	X
D	X		X	
E	X	X	X	X
F	X	X	X	
G	X	X		X
H	X	X		
I			X	
J			X	X

echter in principe alleen mogelijk indien men beschikt over informatie van het type A. Hierbij verkrijgt men dit type informatie indien aan de volgende voorwaarden voldaan wordt:

- Het TS is in Teroman alleen opgevoerd als een onderhoudsobject en is verder geen onderdeel van een verzamelobject.
- De P&I/objectnummer van het TS wordt "up to date" gehouden.
- Het TS maakt geen deel uit van een van de overige objecten waarop kosten kunnen worden geboekt.

Aanbevolen wordt om zich zoveel mogelijk aan deze voorwaarden te houden. In de praktijk is dit tot nog toe echter niet het geval zodat het aanduiden van bepaalde TS als OHZ vaak niet mogelijk is.

Wel kan men in een aantal gevallen de gezamenlijke onderhoudskosten van een bepaalde groep technische systemen bepalen. Op basis van deze kosten zou men dan alle systemen die tot de groep behoren als OHZ kunnen beschouwen. Of het zinvol is om een complete groep TS'en als OHZ aan te wijzen hangt af van de TS'en waaruit de groep bestaat. In het algemeen kan men hier stellen dat het aanduiden van een complete groep TS'en als OHZ zin heeft indien aan de volgende 2 voorwaarden is voldaan:

- 1) De groep bestaat uit identieke TS'en.
- 2) De onderhoudskosten zijn over de verschillende TS'en van de groep relatief gelijk verdeeld. (Omdat men hier meestal geen gegevens over heeft zal men dit moeten aannemen.)

Wordt aan de hierboven genoemde voorwaarden niet voldaan dan is het in het algemeen niet zinvol om een complete groep technische systemen als OHZ aan te duiden.

Als we alles nog eens samenvatten dan hebben we dus wat betreft het bepalen van de onderhoudszwaartepunten de volgende 3 mogelijkheden:

- 1) Het is mogelijk om bepaalde TS'en (op basis van een uniek TS nummer) als OHZ aan te duiden.
- 2) Het is mogelijk om bepaalde groepen van (identieke) TS'en als OHZ aan te duiden.
- 3) Op basis van de beschikbare informatie is het niet mogelijk om op een zinvolle manier onderhoudszwaartepunten te bepalen.

M.b.v. tabel 4.2 kan men nu vaststellen of men met een bepaald type informatie onderhoudszwaartepunten kan bepalen.

**Tabel 4.2: De mogelijkheden om onderhoudszwaartepunten te bepalen**

Informatie type	Verzamelobj. clustering v. identieke TS'en	Aanduiding v/e groep identieke TS'en als OHZ <sup>1</sup> mogelijk	Aanduiding van uniek TS als OHZ <sup>1</sup> mogelijk
A	n.v.t	Ja	Ja
B	n.v.t	Nee <sup>2</sup>	Nee <sup>2</sup>
C	Ja	Nee <sup>2</sup>	Nee <sup>4</sup>
	Nee	Nee <sup>4</sup>	
D	Ja	Ja	Nee <sup>3</sup>
	Nee	Nee <sup>3</sup>	
E	Ja	Nee <sup>2</sup>	Nee
	Nee	Nee <sup>4</sup>	
F	Ja	Ja	Nee
	Nee	Nee <sup>3</sup>	
G	n.v.t.	Nee <sup>2</sup>	Nee
H	n.v.t.	Ja	Nee
I	Ja	Ja	Nee
	Nee	Nee	
J	Ja	Nee <sup>2</sup>	Nee
	Nee	Nee	

1. Aanduiding van een uniek TS (of een groep identieke TS'en) als OHZ kan gebeuren indien van dat TS (of groep van TS'en) de totale onderhoudskosten bekend zijn. Indien deze onderhoudskosten met de beschikbare informatie bepaald kunnen worden,

dan wordt in de betreffende kolom Ja ingevuld.

2. De totale onderhoudskosten zijn met dit type informatie niet voor 100% te achterhalen. De reden hiervoor is dat de kosten die geboekt zijn op een of meer van de "overige" objecten waartoe het TS behoort, niet kunnen worden toegewezen aan een bepaald TS of aan een bepaalde groep van identieke TS'en. Zijn de kosten die op geboekt worden op deze "overige" objecten echter relatief klein dan worden de totale onderhoudskosten hierdoor nauwelijks beïnvloed. In die gevallen kan men proberen de OHZ te bepalen op basis van dat gedeelte van de onderhoudskosten dat wel te achterhalen is.
3. Zie punt 2. Lees i.p.v. kosten geboekt op de "overige" objecten echter kosten geboekt op verzamelobjecten.
4. Zie punt 2. Lees i.p.v. kosten geboekt op "overige" objecten echter de totale kosten geboekt op verzamel- en "overige" objecten.

Voor het bepalen van de onderhoudszwaartepunten is het verder noodzakelijk dat de gegevens d.m.v. een rapportage overzichtelijk worden weergegeven. Een rapportagevorm zoals weergegeven in bijlage 2 is voor dit doel geschikt. Op dit moment is zo'n rapportagevorm in TEROMAN echter nog niet aanwezig. De verwachting is dat dit ook binnen afzienbare tijd niet het geval zal zijn. Gelukkig kan men ook op de volgende manier aan de gewenste rapportages komen:

- 1) Gegevens overhalen van TEROMAN naar de PC.
- 2) M.b.v. van een dBASE programma de gewenste rapportages genereren.

Hoe dit alles in zijn werk gaat wordt beschreven in bijlage 3.

Zoals al eerder gezegd bestaat de ODG ABS/PVC uit een aantal vakgebieden (W,I, en E). De onderhoudsobjecten worden binnen elk vakgebied op een eigen manier in TEROMAN ingebracht en gecodeerd. Zoals men kan zien in fig. 4.1 heeft dit gevolgen voor het terugvinden van de financiële historie van een TS. We bespreken per vakgebied nu kort hoe men de TS'en in TEROMAN heeft ingebracht en de gevolgen daarvan voor het bepalen van de onderhoudszwaartepunten.

#### **de afdeling werktuigbouwkunde**

Alle W-technische systemen zijn in TEROMAN ingebracht als onderhoudsobjecten. Daarnaast worden sommige W-technische systemen ook geclusterd tot verzamelobjecten. Omdat de PVC fabriek uit 4 identieke straten bestaat, vindt hier in veel gevallen clustering over deze straten plaats. De TS'en van een verzamelobject zijn binnen de PVC fabriek hierdoor grotendeels identiek. Onderlinge uitwisseling van TS'en komt voor bij die TS'en waarvoor reserves aanwezig zijn. Daarnaast heeft men ook VZH-objecten gedefinieerd voor werkzaamheden zoals smeren inspecties etc. De kosten die men op deze VZH-objecten boekt

zijn gelukkig maar gering. We hebben dus de volgende gegevens:

- TS'en zijn soms geclusterd tot verzamelobjecten (hierbij bestaat een verzamelobject binnen de PVC fabriek meestal uit identieke TS'en)
- sommige TS'en kunnen uitgewisseld worden
- er worden kosten geboekt op "overige" objecten (vooral VZH-objecten)

Voor de financiële historie van een TS betekent dit volgens fig. 4.1 dat de informatie, afhankelijk van het betreffende TS van het type B, C, G en E kan zijn. Of men hiermee onderhoudszwaartepunten kan bepalen kan men nagaan m.b.v. tabel 4.2.

### **de afdeling elektrotechniek**

Alle E-technische systemen worden evenals de W-technische systemen in TEROMAN ingebracht als onderhoudsobjecten. Daarnaast worden E-technische systemen ook geclusterd tot verzamelobjecten. De clustering heeft hier plaatsgevonden naar TS-type. Zo heeft men o.a. verzamelobjecten voor: motoren, accu's, verlichting, etc. Onderlinge uitwisseling tussen de verschillende E-technische systemen komt geregeld voor. Daarnaast bestaan binnen de E-afdeling VZH-objecten voor o.a. inspecties.

De kosten die geboekt worden op verzamel- en VZH-objecten binnen de E-afdeling zijn gelukkig relatief klein. Bij daadwerkelijke storingen wordt altijd een WA aangemaakt die gerelateerd is aan het betreffende onderhoudsobject.

We hebben dus de volgende gegevens:

- TS'en worden geclusterd tot een verzamelobjecten
- de verzamelobjecten zijn een clustering van niet identieke technische systemen
- de meeste TS'en kunnen uitgewisseld worden
- er worden kosten geboekt op "overige" objecten (vooral VZH-objecten)

Voor de financiële informatie betekent dit volgens fig. 4.1 dat deze meestal van het type E is. M.b.v. tabel 4.2 kan men nagaan of het mogelijk is om met dit type informatie onderhoudszwaartepunten te bepalen.

### **afdeling instrumentatie**

De afdeling I gebruikt alleen verzamelobjecten. Hierbij stelt elk verzamelobject een bepaalde regelkring voor. De taak van deze regelkringen is o.a. het reguleren van hoeveelheden, niveaus, temperaturen, etc.

Elke regelkring of "loop" bestaat uit een aantal verschillende technische systemen zoals, meters, transmitters, meetkamer apparatuur, verschillende soorten kleppen, etc. De clustering van TS'en zoals ze door de afdeling I wordt toegepast heeft echter tot gevolg dat identieke TS'en kunnen voorkomen bij verschillende verzamelobjecten. Ook onderlinge uitwisselingen van identieke TS'en tussen verschillende "loops" komt



regelmatig voor. Samengevat hebben we hier dus het volgende:

- men heeft alle TS'en bij verzamelobjecten ondergebracht
- één verzamelobject bestaat uit verschillende niet identieke TS'en
- identieke TS'en kan men bij verschillende verzamelobjecten terugvinden

Voor de financiële informatie betekent dit (zie fig. 4.1) dat deze van het type I is. Uit tabel 4.2 blijkt verder dat het niet op een eenvoudige manier mogelijk is om onderhoudszwaartepunten te bepalen op basis van de financiële historie van een TS.

Er is gelukkig een lichtpuntje. Elk TS behoort namelijk tot een bepaalde budgetpost. Bij het aanmaken van een WA moet de budgetpost van het TS dat gestoord heeft op deze WA worden ingevuld. Als men nu per budgetpost een uitdraai maakt van de gemaakte onderhoudskosten dan kan men een globale indruk krijgen van de onderhoudszwaartepunten. Het detailleringsniveau van een budgetpost is echter niet groot genoeg om daadwerkelijk onderhoudszwaartepunten aan te wijzen. (Men heeft b.v. een budgetpost voor alle regelkleppen, alle open/dicht kleppen etc.) Concluderend kunnen we zeggen dat het aanduiden van onderhoudszwaartepunten op basis van gemaakte kosten een moeilijke zaak is bij de I-afdeling. Bepaling van onderhoudszwaartepunten op basis van gemaakte onderhoudskosten zal hierdoor veelal "gevoelsmatig" moeten gebeuren.

Wat we hierboven voor de verschillende afdelingen besproken hebben is het bepalen van de onderhoudskosten op TS-niveau. Vaak is echter een overzicht van de gemaakte onderhoudskosten op een hoger niveau ook gewenst. Men kan hierbij bijvoorbeeld denken aan kosten per budgetpost, waarbij elke budgetpost een groepering is van min of meer gelijksoortige technische systemen.

Ook overzichten die weergeven hoe de kosten over de verschillende vakdisciplines verdeeld zijn, zijn een belangrijke bron van informatie. Voor dit soort overzichten is het echter noodzakelijk dat de verschillende technische systemen binnen de afdeling W, I en E gegroepeerd worden op basis van dezelfde criteria. Tot op heden bestaat zo'n indeling over de verschillende vakdisciplines echter nog niet. Een goed uitgangspunt wordt echter gegeven door de afdeling W. Hier worden de verschillende technische systemen (o.a.) gegroepeerd naar plaats. Zo vindt de indeling van de W-technische systemen in de ABS-POL en de PVC-fabriek plaats naar sectie en binnen de ABS-keur naar straat. Hierbij worden de verschillende mogelijkheden gekarakteriseerd door kostenplaatsen. Worden voor de TS'en binnen de afdeling E en I dezelfde indelingen gehanteerd dan is het mogelijk om een beter inzicht te krijgen in de gemaakte onderhoudskosten.

#### 4.2 Bepalen van het aantal storingen

Als maat voor het aantal keren dat een TS gestoord heeft kan me het aantal "coso 60" werkorders nemen. Hierbij staat "coso 60" voor werkorders die aangemaakt zijn als gevolg van storingen.

Kan men de onderhoudskosten die geboekt zijn op een bepaald TS terugvinden dan kan men ook de aangemaakte werkorders voor dat TS terugvinden. De reden hiervoor is dat onderhoudskosten geboekt worden op werkorders. Omdat de onderhoudskosten uitgebreid in paragraaf 4.1 aan bod komen verwijs ik voor de mogelijkheden om het aantal werkorders te bepalen daar naar toe.

Wil men op dit gebied overzichtelijke rapportages hebben dan zal men ook hier, door het ontbreken van een goede rapportagemogelijkheid in TEROMAN, de werkwijze moeten volgen zoals beschreven in bijlage 3.

#### 4.3 Bepalen van de produktiederving

De gegevens over produktiederving ten gevolge van storingen en andere werkzaamheden worden niet door de onderhoudsdienst maar door de afdeling produktie verzameld.

Voor de PVC fabriek worden de verschillende produktiedervingsgegevens maandelijks in het zogenaamde Technisch Maandverslag verspreid (zie bijlage 4). Zoals we daarin kunnen zien kan een storing leiden tot produktiederving in de polymerisatie en in de droging. In principe is alleen de produktiederving in de polymerisatie van belang. Staat de polymerisatie stil dan betekent dit ook een daadwerkelijk verlies omdat de polymerisatie op volle capaciteit draait. Is er sprake van produktiederving in de droging dan kan deze later worden ingehaald door de droging sneller te laten verlopen. Een uitzondering hierop vormen storingen in de droging die indirect leiden tot produktieverlies in de polymerisatie. Dit is het geval indien een storing in de droging zolang duurt dat hierdoor het buffervat tussen polymerisatie en droging vol komt te zitten. Indien dit gebeurt dan moet de polymerisatie noodgedwongen stopgezet worden.

Zoals we kunnen zien in bijlage 4 is de aanduiding van het TS dat verantwoordelijk is voor de produktiederving vaak zeer algemeen. Hierdoor kan het gebeuren dat 2 gevallen van produktiederving, veroorzaakt door eenzelfde storing aan het zelfde TS op een andere manier omschreven zijn. Dit betekent dat het later verzamelen en verwerken van de gegevens een moeilijke zaak is, en alleen maar op de juiste manier kan gebeuren door iemand die de fabriek goed kent.

Voor het verwerken van de verschillende gegevens wordt door produktie een spreadsheet gebruikt, waarmee het sorteren van gegevens in principe niet mogelijk is. Hierdoor worden de rapportagemogelijkheden beperkt tot het soort rapporten zoals weergegeven in bijlage 4. Rapportages van b.v. totalen per straat per jaar of totalen per maand over de hele fabriek zijn



niet te maken.

De verwerking van gegevens kan men verbeteren door een database te gebruiken. Hiermee kunnen op een eenvoudige manier rapportages naar andere inzichten gemaakt worden.

Het gebruik van een database betekent echter iets meer werk, maar het uiteindelijke voordeel dat men heeft weegt hier ruimschoots tegenop.

Voor het maken van goede sorteringen is het registreren van de volgende aanvullende gegevens echter noodzakelijk:

- 1) P&I/objectnummer
- 2) Coderingen die TS'en in bepaalde groepen indelen

Het registreren van alleen het HWO/DWO nummer zou in principe ook voldoende moeten zijn. Alle gegevens van een TS zijn namelijk aan de hand van het HWO/DWO nummer te achterhalen. Een koppeling met TEROMAN is dan wel noodzakelijk omdat daar de link tussen HWO/DWO en het TS gelegd wordt.

## 5. Het onderhoudsconcept

Wil men het onderhoud goed kunnen uitvoeren dan is het van belang dat men voor elk TS de beschikking heeft over een onderhoudsconcept. Hierin staat namelijk in aantal onderhoudsregels precies omschreven welke onderhoudsacties er aan een bepaald TS moeten worden uitgevoerd. In dit hoofdstuk wordt een methode besproken voor het opstellen van onderhoudsconcepten bij DSM.

### 5.1 Een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten

Bij het ontwikkelen van een methodiek voor het opstellen van onderhoudsconcepten is het raamwerk van een onderhoudsconcept zoals dat op de TUE ontwikkeld is door dr. ir. Gits [1] als uitgangspunt genomen. In dit raamwerk wordt beschreven hoe men in een aantal stappen tot een verantwoord onderhoudsconcept kan komen. Op basis hiervan is een methode ontwikkeld om onderhoudsconcepten op te stellen binnen DSM.

**Tabel 5.1: Vergelijking van de opgestelde methode met de TUE methode**

Ontwik. methode v. opstellen OHC		TUE onderhoudsconcept	
Stap	Omschrijving	Stap	Omschrijving
1	Bep. elementaire storingsen en de storingsgrootheden	1	Initiëren van onderhoud
2	Koppelen van een EOR aan een elementaire storing		
3	Operationaliseren van het onderhoud en het limiteren van intervallen	2	Operationaliseren van onderhoud
		3	Limiteren van intervallen
4	Samenvoegen van onderhoudsregels (methode 1)	4	Clusteren van operaties
	Samenvoegen van onderhoudsregels (methode 2)	-	--
5	Combineren van regels, clusters en beurten tot pakketten	5	Harmoniseren van intervallen
--	---	6	Groeperen van operaties
6	Evaluatie v/d regels, clusters, beurten en pakketten	7	Het evalueren van de onderh. regels

Hierbij is getracht om de theorie zoveel mogelijk in eenvoudige procedures om te zetten. De verschillen en overeenkomsten tussen het TUE onderhoudsconcept en de ontwikkelde methode staat weergegeven in tabel 5.1 op de vorige pagina.

Stap 6 van het TUE onderhoudsconcept achterwege gelaten omdat deze volgens mij in de praktijk bij DSM geen toepassing heeft. De verschillende stappen die in de vorige tabel zijn weergegeven worden in de volgende paragrafen nader uitgewerkt.

Opmerking vooraf:

Het kan gebeuren dat men na een bepaalde stap niet tevreden is met het resultaat. Men kan op dat moment proberen dit resultaat direct te beïnvloeden door b.v. het uitvoeren van een technische modificatie. Hiertoe moet men echter alleen overgaan indien hetgeen men wil doen een grote kans op succes heeft. In de andere gevallen is het verstandiger om eerst het onderhoudsconcept op te stellen of (indien al aanwezig) bij te stellen. Later kan men dan d.m.v. een evaluatie van de onderhoudshistorie beslissingen nemen over de dan te ondernemen acties.

#### 5.1.1 Bepalen van de elementaire storingen en de storingsgrootheden

Uitgangspunt bij het vaststellen van de elementaire storingen zijn de verschillende onderdelen van een TS. Om deze onderdelen te kunnen bepalen is een decompositie van het TS noodzakelijk. Het decomponeren moet hierbij zover doorgaan totdat men de te onderscheiden onderdelen als één geheel kan beschouwen m.b.t. de storingen die eraan kunnen optreden. Dit betekent dat men een onderdeel pas als voldoende opgesplitst mag beschouwen indien iedere keer nadat een onderhoudsoperatie (reparatie/vervangen) aan dat onderdeel heeft plaats gevonden het onderdeel weer zo goed als nieuw is. Bovendien mogen de te onderscheiden onderdelen geen delen van elkaar zijn.

Bij de decompositie kan men zich beperken tot onderdelen die aan de volgende criteria voldoen:

- onderdelen die storingsgevoelig zijn of die een relatief korte levensduur hebben
- onderdelen die relatief duur zijn en/of onderdelen waarvan de reparaties relatief duur zijn

Voor elk onderdeel bepaald men nu de mogelijke storingen + storingsoorzaken. Elke combinatie van storing, onderdeel en storingsoorzaak stelt hierbij een elementaire storing voor. Van belang voor het onderhoudsconcept zijn alleen die storingen die door normale slijtage zijn ontstaan. Voor storingen die ontstaan zijn door externe oorzaken zoals b.v. overbelasting, bedieningsfouten, storing van een andere component, onjuist onderhoud, slecht materiaal etc., biedt het onderhoudsconcept op zich geen oplossing. Indien mogelijk moet men er voor zorgen dat storingen a.g.v. deze externe oorzaken niet meer kunnen optreden.

Naast het vastleggen van de elementaire storingsgrootheden moeten ook de storingsgrootheden (storingsgedrag, storingsconsequenties en e.v.t. de storingvoorspellende grootheid) bepaald worden (zie bijlage 5).

### 5.1.2 Koppelen van een EOR aan een elementaire storing

Op basis van de waarden van de storingsgrootheden kan men vervolgens een bepaalde elementaire onderhoudsregel aan een elementaire storing koppelen. We kunnen hierbij de volgende elementaire onderhoudsregels (EOR) onderscheiden:

- Storingsafhankelijk onderhoud (SAO)  
Onderhoud wordt uitgevoerd doordat een storing is opgetreden.
- Gebruiksduurafhankelijk onderhoud (GAO)  
Onderhoud wordt uitgevoerd na het verstrijken van een bepaalde tijd.
- Toestandsafhankelijk onderhoud (TAO)  
Onderhoud wordt uitgevoerd door het bereiken van een bepaalde toestand.

Uitgangspunten bij het koppelen van een EOR aan een elementaire storing zijn:

- de mogelijkheden om een bepaalde regel toe te passen
- de voorkeur die men voor een bepaalde regel heeft

De gehele procedure hiervoor staat verder uitgewerkt in bijlage 6.

### 5.1.3 Het operationaliseren van het onderhoud en het limiteren van de onderhoudsintervallen

Een volgende stap is het operationaliseren van het onderhoud. Het betreft hier het koppelen van een onderhoudsoperatie aan de verschillende EOR's. Dit is hoofdzakelijk een technische aangelegenheid en hieraan zal in dit verhaal verder geen aandacht geschonken worden. Opgemerkt kan wel worden dat voor SAO geen onderhoudsoperatie hoeft te worden voorgeschreven omdat deze pas na het optreden van de storing kan worden vastgesteld. Bij het operationaliseren van het onderhoud kunnen tevens de verschillende set-up activiteiten bepaald worden.

Een ander punt betreft het limiteren van de onderhoudsintervallen. Hierbij wordt voor elke regel de maximale lengte van het onderhoudsinterval bepaald. Een manier waarop dit kan gebeuren staat vermeld in bijlage 7.

#### 5.1.4 Het samenvoegen van de verschillende onderhoudsregels

Hier wordt bekeken in hoeverre de verschillende onderhoudsregels gecombineerd moeten worden. Uitgangspunt bij dit combineren van onderhoudsregels is de set-up activiteit van de regels. De mogelijkheid hiertoe wordt bekeken per groep van regels met eenzelfde set-up activiteit.

Samenvoeging van onderhoudsregels kan in zo'n geval voordelig zijn, ondanks het feit dat dit kan inhouden dat men dan bepaalde onderhoudsacties vaker dan noodzakelijk moet uitvoeren. We bespreken hieronder nu twee methoden voor het clusteren van regels:

##### Methode 1

Bij deze methode werkt men toe naar één of meer clusters van onderhoudsregels die elk met een **eigen vast interval** uitgevoerd worden. Het grote voordeel hiervan is de voorspelbaarheid van het onderhoud over een lange tijdsperiode.

Omdat het resultaat clusters met vaste intervallen is, komen voor het clusteren alleen die onderhoudsregels in aanmerking waarvoor de set-up activiteit met een vast interval moet worden uitgevoerd.

In de praktijk betekent dit dat men de volgende onderhoudsregels kan clusteren:

- Regels met als elementaire onderhoudsregel GAO.
- Regels met als elementaire onderhoudsregel TAO en met als aanvullende eis dat het voor de toestandsmeting noodzakelijk is de betreffende set-up activiteit uit te voeren.

Een mogelijkheid om de onderhoudsclusters te bepalen is door voor elke regel te kijken naar de volgende 3 aspecten:

- De kosten van de set-up activiteit.
- De kosten van de onderhoudsactiviteit.
- Het interval waarmee de regel moet worden uitgevoerd.

Indien nu een set-up activiteit geen werkzaamheden bevat die ook een onderdeel zijn van een andere set-up activiteit, dan kunnen de verschillende onderhoudsclusters relatief eenvoudig bepaald worden. Het probleem kan dan namelijk worden omgezet in een lineair programmerings model en m.b.v. een computer worden opgelost (zie bijlage 8).

Men is bij het clusteren natuurlijk niet verplicht om de methode zoals besproken in bijlage 8 te gebruiken, maar vaak zal deze wel een goed uitgangspunt kunnen bieden.

Zoals hierboven besproken komen bij het clusteren alleen regels in aanmerking waarvoor de set-up activiteit met een vast interval moet worden uitgevoerd. Dit betekent dat bij een bepaalde set-up activiteit de volgende elementaire onderhoudsregels niet voor clustering in aanmerking komen:

- TAO indien alleen bij reparatie het uitvoeren van de set-up activiteit noodzakelijk is
- SAO (bij het optreden van de storing is het uitvoeren van de set-up activiteit noodzakelijk)



Is uitvoering van een van deze regels noodzakelijk, dan moet men proberen deze werkzaamheden te combineren met één van de bestaande onderhoudsclusters. Hierdoor voorkomt men extra set-up activiteiten en dus ook een verstoring van het "optimale" plan van onderhoudsclusters.

Het hierboven besproken systeem met vaste onderhoudsintervallen heeft echter te maken met een aantal versturende invloeden. Te denken valt hierbij aan:

- Onderhoudswerkzaamheden waarvan men van te voren niet weet wanneer die optreden. Hierbij kunnen deze werkzaamheden ontstaan:
  - \* als gevolg van de onderhoudsregels die men niet in de clustering heeft kunnen meenemen
  - \* als gevolg van het optreden van onverwachte storingen
- Veranderende eisen die door de organisatie worden gesteld.

Het gevolg van al deze verstoringen is dat men bepaalde clusters van onderhoudswerkzaamheden niet op de gewenste tijdstippen kan uitvoeren. Zijn er veel verstoringen dan betekent dit dat de samenstelling van de verschillende clusters en de tijdstippen waarop deze uitgevoerd moeten worden waarschijnlijk niet optimaal is.

Het vasthouden aan een bepaald vast schema voor de onderhouds-uitvoering is dan niet zinvol. In deze gevallen is de volgende methode voor het combineren van onderhoudsregels beter.

#### Methode 2

In tegenstelling tot de net besproken methode wordt hier het samenvoegen van onderhoudsregels meer als een onderdeel van de beheersing gezien.

Uitgangspunt bij het samenvoegen van onderhoudsregels is ook hier de set-up activiteit. Alleen wordt hier niet voor elke set-up activiteit de verschillende clusters bepaald maar het tijdstip van de volgende preventieve beurt. Hierbij **kunnen** in een preventieve beurt alle onderhoudsregels met de desbetreffende set-up activiteit uitgevoerd worden.

Naast de preventieve beurt is ook het **moeten** uitvoeren van de set-up activiteit (b.v. als gevolg van een storing) bepalend voor de aanzet van een aantal onderhoudsactiviteiten.

Welke activiteiten dat zijn wordt bepaald op basis van:

- Een plan dat gemaakt is tijdens de vorige preventieve beurt.
- Metingen waarmee men de toestand van bepaalde onderdelen kan bepalen (regel is TAO). Hierbij worden onderdelen die niet meer voldoen aan de norm vervangen.
- Het tijdstip van de volgende preventieve beurt. Alle onderdelen die gezien hun resterende levensduur dat tijdstip niet kunnen halen moeten vervangen worden. De volgende factoren bepalen hierbij het tijdstip van de volgende preventieve beurt:
  - \* De kosten van de set-up activiteit.
  - \* Het onderdeel met de kortste resterende c.q. verwachte levensduur. Om een volgende preventieve beurt naar een later tijdstip te kunnen verschuiven kan het hierbij soms rendabel zijn om onderdelen al voor het einde van

hun levensduur te vervangen.

Anderzijds kan men risico's nemen door onderdelen niet te vervangen. (Hierbij zal men zo'n risico eerder nemen indien de storingsconsequenties laag zijn)

- \* De tijdstippen van de andere geplande preventieve beurten of onderhoudswerkzaamheden aan het betreffende object. Door de volgende preventieve beurt op één van deze tijdstippen te laten vallen kan men het aantal beurten aan het betreffende object beperken.
- \* Randvoorwaarden die de organisatie stelt t.a.v. dit tijdstip. Men kan zich b.v. voorstellen dat men voor een eenvoudige beheersing streeft naar min of meer constante intervallen.

Afhankelijk van de levensduren van de verschillende onderdelen en de tijd die verstrijkt tot de volgende beurt kan men ook een plan opstellen voor de te verrichten werkzaamheden tijdens de volgende preventieve beurt.

Het grote verschil van deze methode van combineren van onderhoudsregels met de vorige is het feit dat er hier rekening gehouden wordt met de mogelijkheid dat men de volgende preventieve beurt niet haalt.

#### Opmerking

Hierboven werd er van uitgegaan dat altijd het tijdstip van de volgende preventieve beurt bepaald wordt. Dit is echter niet noodzakelijk, men kan deze ook af laten hangen van de toestand bij een of meer onderdelen of zelfs volledig openlaten. In het laatste geval bepaald het optreden van een storing het uitvoeren van de beurt.

### 5.1.5 Combineren van regels, clusters en beurten tot pakketten

Heeft samenvoeging van de verschillende regels plaatsgevonden, dan moet men vervolgens bekijken in hoeverre men de verschillende onderhoudsregels en/of -clusters en/of preventieve beurten (alleen indien deze een vast interval hebben) nog verder tot pakketten wil of moet combineren. Hiervoor kunnen de volgende redenen zijn:

- Het verkrijgen van een eenvoudigere beheersing.
- Randvoorwaarden gesteld door de organisatie aan b.v.:
  - \* het aantal keren per jaar dat men onderhoud aan een bepaald object mag uitvoeren
  - \* de lengte van de onderhoudsintervallen
- De aanwezigheid van onderhoudscontracten.

### 5.1.6 Evaluatie van de regels, clusters, beurten en pakketten

Als laatste volgt een evaluatie van de opgestelde regels, clusters, beurten en pakketten. Aandachtspunten zijn hier o.a.:

- de uitvoeringskosten van de onderhoudswerkzaamheden
- de kans op storingen die ondanks het gevoerde onderhoud optreden en de consequenties van die storingen

Zijn de verschillende regels, clusters, beurten en pakketten in zijn totaliteit aanvaardbaar dan vormen deze samen het onderhoudsconcept.

Belangrijk is verder dat de onderhoudshistorie van de verschillende technische systemen geregistreerd wordt. Aan de hand van deze historie kan men dan in de toekomst nagaan of bijstelling van de onderhoudsconcepten nodig is.

## 5.2 Het onderhoudsconcept binnen DSM

Bij het bestuderen van de verschillende aanwezige onderhoudsconcepten binnen DSM, valt op dat het belangrijkste onderdeel van veel van deze concepten een preventieve revisie is. Een verklaring voor deze op het eerste gezicht misschien vreemde situatie zal ik hieronder kort omschrijven.

Bekijken we de belangrijkste technische systemen dan blijkt dat we de onderdelen hiervan grofweg in de volgende twee kunnen categorieën indelen:

- 1) De onderdelen die de kern van het technisch systeem vormen. Vervangen van deze onderdelen gaat gepaard met een grote gezamenlijke set-up activiteit. Men kan hierbij denken aan:
  - vervoer van het TS van de fabriek naar de werkplaats
  - het uit elkaar halen van het TS
  - het in elkaar zetten van het TS
  - terugbrengen van het TS naar de plaats van bestemming
  - proefdraaien van het TS

Moet er iets aan deze onderdelen gebeuren dan zal men meestal een complete revisie uitvoeren. Bij de revisie worden die onderdelen vervangen die niet meer voldoen aan de norm of waarvan men verwacht dat ze de volgende revisie niet halen. Door het gelijktijdig vervangen van onderdelen kan het aantal benodigde onderhoudsbeurten beperkt worden. Hierdoor kan tevens de produktiederving beperkt worden die het gevolg is van het plegen van onderhoud.

- 2) De overige onderdelen. Veelal hebben deze onderdelen geen gezamenlijke set-up activiteit. Moet er iets aan deze onderdelen gebeuren dan kan dat individueel gedaan worden. De reden hiervoor is het ontbreken van een afhankelijkheid (gelijke set-up activiteit) tussen deze onderdelen.

Verder probeert men het aantal noodzakelijke onderhoudstops te minimaliseren om zodoende de produktiederving als gevolg van het preventieve onderhoud te beperken.

Men kan dit bereiken door bij een revisie voor alle onderdelen te bekijken of ze vervangen moeten worden (dus zowel de onderdelen van categorie 1 als die van categorie 2). Dit kan in sommige gevallen betekenen dat de onderdelen van categorie



2 vaker dan noodzakelijk vervangen moeten worden. Gezien de doelstelling (beperken van de produktiederving) neemt men dit echter op de koop toe.

Alhoewel de gedachte achter de hierboven beschreven werkwijze op het eerste gezicht niet slecht is wordt deze in de praktijk niet correct uitgewerkt. De reden hiervoor is een gebrek aan storingsanalyse. Als gevolg hiervan moet op basis van ervaring beslist worden welke activiteiten men bij een revisie wel en welke men niet wil uitvoeren. Of dit een goed uitgangspunt is valt te betwijfelen want in de praktijk komt het er op neer dat bij een revisie meestal maar gelijk alle onderdelen vervangen worden (een complete revisie). De argumenten die gegeven worden om een complete revisie te rechtvaardigen zijn hierbij doorgaans in de trant van "we willen op zeker spelen". Ook de tijdstippen waarop men de revisie wil uitvoeren kan men niet goed onderbouwen. Had men echter een goede storingsanalyse uitgevoerd dan was dit wel mogelijk geweest. Hierbij was dan waarschijnlijk ook duidelijk geworden dat een complete revisie in veel gevallen niet efficiënt is. Op grond van dit alles zal het meestal toch verstandiger zijn om de bij het opstellen van een onderhoudsconcept de weg te volgen zoals beschreven in par. 5.1.

Om het onderhoudsconcept volgens de TUE methode te demonstren is voor een bepaald object het onderhoudsconcept nader uitgewerkt (zie bijlage 9). Gekozen is hier voor de centrifuge die gebruikt wordt voor de droging van het PVC-poeder. Zoals we in bijlage 9 kunnen zien wijkt het daarin opgestelde onderhoudsconcept niet veel af van het bestaande onderhoudsconcept. Hiervoor kan men de volgende verklaring geven: Het uitgangspunt van DSM is zoals we hierboven besproken hebben op het eerste gezicht plausibel, maar de uitwerking ervan is meestal niet efficiënt. Om dit duidelijk zichtbaar te maken is een grondige analyse van storingsgegevens noodzakelijk. Storingsgegevens waren echter niet aanwezig. Dit betekent dat de verwachte levensduren van de verschillende onderdelen en de hiervan afgeleide intervallen van de uit te voeren onderhoudswerkzaamheden door de ME's, WVB's en monteurs geschat moesten worden. Als gevolg hiervan mag men grote verschillen met het bestaande onderhoudsconcept, dat op dezelfde schatting berust, niet verwachten.

## 6. De benodigde basisgegevens bij het onderhoud

Bij de in hoofdstuk 3 besproken mogelijkheden om het onderhoud te verbeteren is het noodzakelijk om over een aantal basisgegevens te beschikken. De belangrijkste hiervan zijn:

- de samenstellingstekeningen en technische documentatie
- P&I-schema's, grondschemas, elektrische stroomkring-schemas en hook up schema's
- de onderdelenlijsten
- het reservedelen bestand
- financiële historie
- onderhoudshistorie
- gegevens over produktiederving

Een groot gedeelte van deze gegevens is bovendien noodzakelijk om het onderhoud te kunnen uitvoeren.

Over de financiële historie en produktiederving is al voldoende verteld bij het bepalen van de onderhoudszwaartepunten. In de volgende paragrafen zullen we de overige van de hierboven genoemde gegevens nader toelichten:

### 6.1 Samenstellingstekeningen en technische documentatie

#### - W-vakgebied

Samenstellingstekeningen van de W-technische systemen worden bewaard door het centrale archief. Daarnaast bestaat binnen de ODG ABS/PVC een schaduwarchief van deze tekeningen. Hierin bevindt zich ook de technische documentatie van de verschillende technische systemen. Volgens de gebruikers (ME's, WVB's, chef AME, en monteurs) is dit schaduwarchief echter niet compleet en is het merendeel van de tekeningen niet van de recentste versie. Het controleren van dit archief zal daarom noodzakelijk zijn.

#### - E/I-vakgebied

Specifieke samenstellingstekeningen van E/I-technische systemen zoals men die kent voor W-technische systemen zijn binnen de ODG ABS/PVC niet aanwezig. De reden hiervoor is dat men voor de onderhoudswerkzaamheden die door de ODG ABS/PVC verricht worden voldoende heeft aan de technische documentatie van een TS. Voor I-technische systemen gaat het hier meestal om de technische firma documentatie en de zogenaamde "bill of material" (specifieke technische informatie van een bepaald instrument).

Bij het decomponeren van een technisch systeem en het bepalen van de elementaire storingen zullen samenstellingstekeningen echter noodzakelijk zijn.

## 6.2 De verschillende schema's

### - P&I-schema's

Op P&I-schema's staat de plaats aangegeven waar zich de verschillende technische systemen in een fabriek bevinden. Bovendien wordt in deze schema's de onderlinge afhankelijkheid tussen deze systemen aangegeven.

### - Grondschemas

Op grondschemas staat de functionele werking van een bepaald systeem weergegeven. Door de E-afdeling wordt veelvuldig van deze schema's gebruik gemaakt.

### - Elektrische stroomkringschema's

Hierin staat exact weergegeven hoe een elektrisch systeem in elkaar zit (bedradingsschema). Het is in principe een vertaling van het grondschemas in elektrische componenten.

### - Hook up schema's

Hook up schema's worden hoofdzakelijk door de I-afdeling gebruikt. Hierbij is zo'n hook up een aansluitschema van een instrument of een verzameling van instrumenten (een "loop").

## 6.3 De onderdelenlijsten

Het opvoeren van de onderdelenlijsten gebeurt in TEROMAN door de ME's. In veel gevallen hoeven de ME's op dit gebied echter niks te doen omdat deze onderdelenlijsten in de meeste gevallen in het verleden al zijn ingevoerd (dit is handmatig gebeurd of door overzetting vanuit het IVO systeem). In hoeverre de verschillende onderdelenlijsten op het moment van invoeren actueel waren is niet bekend. Ook hebben er vaak nog tussentijds wijzigingen aan de technische systemen (of loop's) plaatsgevonden waardoor het nog maar de vraag is hoe "up to date" de onderdelenlijsten zijn. Het controleren van de lijsten aan de hand van de tekeningen zal daarom geen overbodige luxe zijn.

Hierbij kan tevens bekeken worden in hoeverre de postnummers op de tekeningen overeen moeten komen met de postnummers van de verschillende onderdelen.

Een ander punt betreft de layout van de verschillende onderdelenlijsten. Van belang is hier dat door de verschillende ME's (binnen eenzelfde vakgebied) dezelfde indeling gehanteerd wordt. Omdat de WVB 'rs veel gebruik maken van deze onderdelenlijsten is het eveneens belangrijk dat er tevens met hen overeenstemming wordt bereikt over de indeling.

### **Opmerking**

De onderdelenlijsten binnen TEROMAN worden (zoals besproken in hoofdstuk 4.1) binnen het vakgebied I gebruikt voor het vastleggen van de verschillende instrumenten van een "loop". Ieder instrument bestaat echter op zijn beurt weer uit een aantal onderdelen. Deze onderdelen worden niet in TEROMAN vastgelegd

maar in een soort archief. De reden hiervoor is dat het inbrengen van deze onderdelen in TEROMAN het systeem erg onoverzichtelijk zou maken, doordat in een onderdelenlijst dan gelijktijdig onderdelen en onderhoudsobjecten kunnen voorkomen.

#### 6.4 De reservedelen

De reservedelen hebben een grote invloed op de storingsconsequenties. Vaak kan het op voorraad hebben van reservedelen produktiederving als gevolg van storingen grotendeels voorkomen. Door het belang van de reservedelen moet men zorgvuldig afwegen welke onderdelen men wel en welke men niet op voorraad wil hebben. Bij kritische technische systemen kan men zelfs besluiten om het complete technische systeem op voorraad te houden.

De verschillende reservedelen (of reserve-systemen) bevinden zich normaal gesproken in het centrale magazijn van DSM. Het materiaal kan van hieruit op zeer korte termijn aan de verschillende onderhoudsdiensten geleverd worden. Binnen het magazijn zijn de verschillende reservedelen in de volgende soorten materiaal ingedeeld:

- artikelnummer materiaal

Materiaal valt in deze klasse indien het 3 jaar lang minimaal één keer per jaar is afgenomen. In het algemeen is dit materiaal relatief goedkoop en heeft het binnen DSM een groot aantal gebruikers. De gebruiker betaald voor het materiaal indien hij het nodig heeft.

- artikelnummer materiaal signalering I

Dit is materiaal met een lagere omloopsnelheid en een hogere prijs (> fl 100,-) dan het gewone artikelnummer materiaal. Bovendien zijn de vaak weinige gebruikers bekend bij de beheerder van het centrale magazijn. Ook hier betaald de gebruiker voor het materiaal indien hij het nodig heeft.

- klantmateriaal

Het betreft hier specifiek materiaal met een vaak hoge prijs en slechts één gebruiker. Deze gebruiker is tevens eigenaar van het materiaal omdat hij het gekocht heeft. Voor opslag van het materiaal moet jaarlijks 4,2 % van de waarde ervan betaald worden.

Daarnaast is er nog materiaal dat niet in het centrale magazijn op voorraad ligt maar in het magazijn van de onderhoudsdienst zelf. Het betreft hier "informele voorraad" die nergens geregistreerd is.

Voor de verschillende onderhoudsdiensten is het vooral van belang om de hoeveelheid klantmateriaal te minimaliseren. Dit materiaal moet namelijk vooraf betaald worden en tevens moet er jaarlijks ook nog eens 4,2 % aan opslagkosten voor betaald worden.

## 6.5 De onderhoudshistorie

Door het terugkoppelen van gegevens over uitgevoerde onderhoudswerkzaamheden ontstaat de onderhoudshistorie van een technisch systeem.

Uitgangspunt hierbij zijn de verschillende onderdelen die men bij de decompositie van het technisch systeem bepaald heeft. Van de aan deze onderdelen uitgevoerde onderhoudswerkzaamheden zijn de volgende gegevens van belang:

- \* Het type van de werkzaamheden (vervangen of reparatie).
- \* Het onderdeel waaraan de werkzaamheden zijn verricht.
- \* De storing indien de werkzaamheden het gevolg van een storing waren.
- \* De oorzaak van de storing of de uitgevoerde werkzaamheden. Betreft het storing dan onderscheiden we de volgende twee soorten oorzaken: 1) normale slijtage  
2) externe oorzaken

De terugkoppeling van gegevens vindt plaats in TEROMAN (zie ook bijlage 1). Dit kan gebeuren op objectniveau en op onderdeelniveau. Om de verzamelde gegevens van een bepaald TS op een later tijdstip te kunnen terugvinden moet aan de volgende voorwaarden voldaan worden:

- a) Het TS is opgevoerd als een onderhoudsobject.
- b) Indien onderhoudswerkzaamheden aan het betreffende TS moeten worden uitgevoerd dan wordt voor het betreffende onderhoudsobject een objectgebonden WA aangemaakt.
- c) Het "up to date" houden van de P&I/objectnummer combinatie.
- d) Een WA mag maar steeds voor 1 TS worden aangemaakt.

We gaan er nu van uit dat men zich voor de onderhoudszwaartepunten aan de bovengenoemde voorwaarden houdt.

Voor de daadwerkelijke terugkoppeling binnen TEROMAN heeft men de volgende mogelijkheden:

- op objectniveau: beschikbaar is een veld waarop men algemene opmerking over de storing kan maken
- op onderdeelniveau: beschikbaar zijn de volgende velden voor het terugkoppelen van gegevens:
  - \* onderdeel (keuze uit een lijst verplicht)
  - \* component (vrije omschrijving van 12 posities mogelijk)
  - \* actie (keuze uit een lijst verplicht)
  - \* diagnose (keuze uit een lijst verplicht)
  - \* opmerking (vrije omschrijving van 3 regels mogelijk)

Alle informatie die we willen weten kan men in principe op deze velden terugkoppelen. Hierbij moeten de velden die gebruikt worden voor het terugkoppelen van informatie op onderdeelniveau als volgt ingevuld worden:

- \* onderdeel: maak een zo goed mogelijke keuze uit de lijst (voor het beoogde doel verder niet van belang)
- \* component: omschrijving v/d component waaraan de werkzaamheden worden verricht (maximaal 12 karakters)
- \* actie: type v/d werkzaamheden: vervangen of reparatie



- \* diagnose: oorzaak is geen storing: prev. afstemming  
 oorzaak is een storing:
  - voor normale slijtage: slijtage, veroudering, corrosie
  - voor externe oorzaken: technische afwijking
- \* opmerking: omschrijving storing + nadere omschrijving van de oorzaak (indien noodzakelijk)

De grote moeilijkheid is echter dat de monteurs niet precies weten op welk detailniveau ze moeten gaan terugkoppelen. Meestal is niet bekend welke onderdelen van een onderhoudsobject ze bij de terugkoppeling moet beschouwen. Men kan dit probleem echter relatief eenvoudig oplossen door voor elk onderhoudsobject vooraf een lijst te maken van de verschillende onderdelen waarop ze moeten terugkoppelen. Hierbij kan deze lijst erg snel worden opgesteld omdat deze bestaat uit de verschillende onderdelen zoals die bij de decompositie van het onderhoudsobject zijn bepaald (zie hfdst. 5).

### **Opmerking**

Binnen TEROMAN is het noodzakelijk om een goed onderscheid te maken tussen onderhoudsobjecten en onderdelen. De reden hiervoor is dat de objecthistorie binnen TEROMAN gekoppeld is aan het onderhoudsobject en niet aan de onderdelen.

Om het onderscheid tussen onderhoudsobjecten en onderdelen te maken gaan we als volgt te werk:

Als eerste beschouwen we een bepaald systeem dat we willen zien als een onderhoudsobject. Vervolgens bekijken we of er bepaalde onderdelen in het systeem zijn die als gevolg van een storing uitgewisseld kunnen worden (rotatiedelen). Zijn zulke onderdelen niet aanwezig dan kunnen we het hele systeem zien als een onderhoudsobject. Zijn er wel onderdelen aanwezig die uitgewisseld kunnen worden dan hebben we de volgende mogelijkheden:

- 1) Ze worden na de storing uitgewisseld voor een nieuwe en vervolgens afgevoerd. Deze onderdelen kan men als een deel van het systeem beschouwen.
- 2) Ze worden na de storing uitgewisseld voor een reserve-deel en vervolgens gerepareerd. Na de reparatie worden ze gebruikt als een reserve-onderdeel. We kunnen hier de volgende twee gevallen onderscheiden:
  - a) De uitgewisselde onderdelen worden zodanig gerepareerd zodat ze weer zo goed als nieuw zijn. (De levensduurverwachting van het betreffende onderdeel is hetzelfde als die van een nieuwe.) Deze onderdelen kunnen als een deel van het betreffende systeem beschouwd worden.
  - b) Aan de uitgewisselde onderdelen kan men componenten onderscheiden die afhankelijk van de toestand waarin ze verkeren uitgewisseld c.q. gerepareerd worden. Deze onderdelen moet men als onderhoudsobjecten beschouwen.

De onderdelen die we als een onderhoudsobject moeten beschouwen zien we weer als een systeem en vervolgens doorlopen we de gehele procedure opnieuw. We blijven nu zolang doorgaan totdat we niet meer bij punt 2b terecht komen.



Naast de in de vorige paragrafen behandelde basisgegevens, zal men voor het uitvoeren/verbeteren van het onderhoud ook de eisen en beperkingen moeten weten die door de organisatie op dit terrein gesteld worden. Men kan hierbij o.a. denken aan:

- \* De maximale hoeveelheid onderhoud dat men per jaar mag plegen (door budgetbeperkingen).
- \* De minimale hoeveelheid preventief onderhoud dat men per jaar moet plegen (opgelegd door de heersende veiligheids-eisen).
- \* Het aantal keren per jaar dat men onderhoud aan een bepaald TS, of aan een bepaalde groep van technische systemen mag plegen. Het doel hiervan is de produktiederving als gevolg van onderhoud te beperken.
- \* De tijdstippen waarop men onderhoud aan een TS mag plegen. Als gevolg van bevriezingsgevaar mag een onderhoudsstop b.v. niet in de winter gepland worden.

Vaak hangt de mogelijkheid om preventief onderhoud te plegen bovendien af van de op dat moment geldende vraag naar het te produceren produkt. In de praktijk betekent dit dat, indien de vraag naar een bepaald produkt op een zeker tijdstip erg groot is, men reeds geplande onderhoudsactiviteiten uitstelt om zodoende meer produkt te kunnen produceren.

## 7. De ODG ABS/PVC en het onderhoudsconcept

Zoals al bij de opdrachtformulering verteld is, was er binnen de ODG ABS/PVC op een gegeven moment weinig interesse meer in een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten. De oorzaken hiervoor en het proces dat aan deze constatering vooraf ging wordt in dit hoofdstuk besproken. Ook de wijze waarop men in de toekomst een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten binnen de ODG ABS/PVC zou kunnen introduceren komt aan bod.

Eerst wordt echter nader ingaan op de organisatie van de ODG ABS/PVC zoals die in hoofdstuk 1 besproken is.

### 7.1 De organisatie van de ODG ABS/PVC

Door de ODG ABS/PVC wordt het onderhoud verricht aan de verschillende technische systemen van de volgende 3 fabrieken:

- ABS polymerisatie fabriek
- ABS kleuren fabriek
- PVC fabriek

De onderhoudswerkzaamheden die hierbij uitgevoerd worden liggen, zoals we gezien hebben in hoofdstuk 1, op een drietal vakgebieden (instrumentatie, elektrotechniek en werktuigbouwkunde).

Kijken we naar de structuur van de onderhoudsdienst dan zien we dat aan het hoofd het sectorhoofd staat en dat het complete werkgebied verder is opgedeeld naar de hierboven genoemde fabrieken en vakgebieden. Binnen de verschillende deelgebieden die hierdoor ontstaan kan men steeds de volgende drie functies onderscheiden:

- 1) Maintenance Engineer (ME)
- 2) Werkvoorbereider (WVB)
- 3) Chef Autonome Management Eenheid (AME)

Werkzaamheden die op verschillende deelgebieden liggen kunnen hierbij door 1 persoon uitgevoerd worden. Zo zijn b.v. de vakgebieden elektrotechniek en instrumentatie wat betreft de WVB en chef AME gecombineerd.

De verschillende personen die op de drie hierboven genoemde functiegebieden werkzaam zijn hebben elk een eigen taak waarvan de hoofdpunten hieronder beschreven zullen worden.

#### **ad 1) de ME's**

Tot de taken van de ME's behoort het om onderhoudsconcepten op te stellen en te zorgen voor een structurele verbetering van het onderhoud. Verder wordt door hen de technische uitvoering van het onderhoud vastgelegd, waarbij zij ook bepalen aan welke technische specificaties de te bestellen onderdelen moeten voldoen. Daarnaast houden de ME's zich ook nog met andere zaken bezig zoals wijzigingsprojecten, firma contacten op technische gebied, onderhoudscontracten, zaken betreffende veiligheid en milieu, etc.

### **ad 2) de WVB'rs**

De werkvoorbereiders houden zich bezig met de planning en de voorbereiding van de onderhoudswerkzaamheden, waarbij ook het bestellen van de verschillende materialen onder hun verantwoordelijkheid valt. Daarnaast moeten de onderhoudsconcepten zoals deze door de ME'rs zijn opgesteld door de werkvoorbereiders in het TEROMAN systeem worden ingebracht. Verder is het de bedoeling dat de WVB samen met de chef AME zorg draagt voor de dagelijkse gang van zaken.

### **ad 3) chef AME**

De chef AME zorgt voor de uitvoering van de onderhoudswerkzaamheden zoals die gepland en voorbereid zijn door de WVB. Hierbij verdeelt hij de verschillende werkzaamheden zo goed mogelijk over de ter beschikking staande monteurs. Daarnaast zorgen de monteurs voor de terugkoppeling van gegevens over de onderhoudswerkzaamheden die ze verrichten. De onderhoudshistorie die hierdoor ontstaat is van groot belang bij het analyseren van problemen door de ME.

Bekijken we de manier waarop men het werk tussen de hierboven genoemde personen wil coördineren dan zien we dat DSM dit hoofdzakelijk wil bereiken m.b.v de volgende twee middelen:

- 1) standaardisatie van de werkprocessen (door werkinstructies)
- 2) standaardisatie van vaardigheden (door opleiding)

In de praktijk kan men echter constateren dat de genoemde coördinatiemiddelen niet voldoende zijn. Veelal is verdere onderlinge afstemming tussen de verschillende personen noodzakelijk.

Kijken we naar de organisatie literatuur [5] dan moet een verklaring hiervoor gezocht worden in de omgeving van de ODG ABS/PVC. Deze omgeving kan men om de volgende redenen typeren als onvoorspelbaar:

- \* De vraag naar onderhoud is gedeeltelijk onvoorspelbaar (correctieve gedeelte).
- \* Bij het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden komt men vaker onverwachte problemen tegen.

De twee hierboven genoemde coördinatiemiddelen, die typerend zijn voor een bureaucratische organisatie, blijken in zo'n omgeving niet geschikt te zijn. In een onvoorspelbare omgeving voldoet volgens de organisatietheorie een meer organische organisatie beter. Een belangrijk kenmerk van een organische organisatie is de zojuist genoemde coördinatie van werkzaamheden door onderlinge afstemming.

Een aantal problemen die o.a. het gevolg zijn van de hierboven besproken inrichting van de organisatie willen we hieronder bespreken.

### **\* de tijd die men besteed aan het opstellen van onderhoudsconcepten**

De verdeling van de werkzaamheden tussen enerzijds chef AME en WVB, die zorg moeten dragen voor de dagelijkse gang van zaken, en anderzijds de ME, die moet zorgen voor de structurele

verbeteringen, werkt in de praktijk niet. Een groot gedeelte van de tijd van de ME wordt namelijk in beslag genomen door allerlei ad hoc zaken (zoals het oplossen van dagelijkse problemen en het beantwoorden van vragen gesteld door o.a. de WVB chef AME en monteurs). Het gevolg hiervan is dat de tijd die de ME beschikbaar heeft voor het oplossen van structurele problemen en het opstellen van onderhoudsconcepten gering is.

Verschillende ME's denken verder dat het opstellen van onderhoudsconcepten bij hun werkzaamheden slechts een ondergeschikte rol speelt. De gedachte is dat men de zaken voor elkaar heeft (Het preventief onderhoud is volgens hen door jarenlange ervaring geoptimaliseerd). Treden ergens toch problemen op dan worden die op het moment van optreden aangepakt.

#### **\* de samenwerking tussen de verschillende personen**

De taakverdeling tussen de verschillende personen enerzijds en de opdeling van de ODG naar vakgebied anderzijds heeft als gevolg dat men zich meestal slechts verantwoordelijk voelt voor zijn eigen deeltaakje. Het feit dat men voor een effectieve en efficiënte uitvoering van het onderhoud met elkaar samen moet werken wordt niet voldoende onderkend. Bovendien worden werkzaamheden die liggen op gebieden waarvan men niet precies kan vaststellen wie daarvoor verantwoordelijk is van de ene op de andere persoon afgeschoven.

#### **\* de terugkoppeling van gegevens**

Terugkoppeling van informatie over verrichte onderhoudswerkzaamheden gebeurt door de monteurs. Tot nog toe wordt dit echter niet op een bevredigende wijze gedaan. Hiervoor kunnen de volgende 2 belangrijke redenen gegeven worden:

- 1) Uit gesprekken met monteurs blijkt dat men het nut van het terugkoppelen niet inziet. Als gevolg hiervan is de aandacht die ze aan het terugkoppelen besteden meestal gering.
- 2) Registratie van de historie vindt plaats in TEROMAN. Dit systeem bestaat binnen de ODG ABS/PVC pas sinds een jaar of twee. Onbekendheid met dit systeem was en is in veel gevallen de oorzaak van een gebrekkige terugkoppeling door monteurs. Ook het ontbreken van een echt eenduidige procedure waarin beschreven staat hoe men moet terugkoppelen speelt hierbij een belangrijke rol. Om hierin verbetering te brengen kan de werkwijze gebruikt worden zoals die beschreven is in hfdst. 6.5.

We zouden ons vervolgens kunnen afvragen in hoeverre de beschreven organisatiestructuur geschikt is voor het werk dat men binnen de ODG ABS/PVC moet uitvoeren. Zoals we al geconstateerd hebben is de wijze waarop men de werkzaamheden van de verschillende personen wil coördineren niet ideaal. Om echter meer gefundeerde uitspraken te kunnen doen zal nader onderzoek noodzakelijk zijn.

## 7.2 Overdracht van het onderhoudsconcept op de organisatie

Alleen het ontwikkelen van een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten is niet voldoende. Degenen waarvoor de methode bedoeld is zullen ook bereid moeten zijn om deze toe te passen. Omdat vooraf de indruk bestond dat deze bereidheid binnen de ODG ABS/PVC aanwezig was, was besloten om hier te starten met de introductie van het onderhoudsconcept. Het plan was om hierbij als volgt te werk te gaan:

- 1) Voor de personen (ME, WVB, chef AME) die te maken hebben met het onderhoudsconcept nagaan welke informatie zij nodig hebben voor het verrichten van hun werkzaamheden. Aan de hand daarvan bepalen in hoeverre een goed onderhoudsconcept de betreffende personen kan ondersteunen bij het vergaren van de benodigde informatie.
- 2) Een uitgewerkt voorbeeld van een onderhoudsconcept doorspreken met de verschillende betrokkenen.

Binnen de organisatie bestond allereerst de behoefte aan een uitgewerkt voorbeeld van een onderhoudsconcept volgens de methode TUE. Daarom werd gestart met het uitwerken van punt 2. Zoals hieronder beschreven zal worden heeft dit een grote invloed gehad op mijn opdracht.

Het gevolg hiervan was dat de aandacht die ik aan punt 1 heb kunnen schenken beperkt is gebleven tot het bepalen van de hoofdwerkzaamheden waarmee de verschillende personen zich bezighouden. De constatering die ik hierbij gedaan heb zijn beschreven in de vorige paragraaf.

Om het onderhoudsconcept te demonstreren werd volgens de methode zoals beschreven in hfdst. 5 van een W-technisch systeem een onderhoudsconcept opgesteld. Vervolgens werd dit voorbeeld met de verschillende betrokkenen (hoofdpersonen hierbij waren ME en WVB) doorgesproken. Hierbij bleek dat men de methode op zich goed in elkaar vond zitten. Een groot nadeel vond men echter de hoeveelheid werk die er aan verbonden was. Bovendien twijfelde men er aan of het wel zinvol was om voor elk object het onderhoudsconcept opnieuw op te stellen. Men vond de bestaande onderhoudsconcepten over het algemeen goed. Het preventief onderhoud was volgens hen door jarenlange ervaring geoptimaliseerd. Om dit te onderstrepen gebruikte ze mijn uitgewerkt voorbeeld van een onderhoudsconcept. Zoals in hfdst. 5.2 beschreven verschilde dit niet veel van het bestaande onderhoudsconcept. Het argument dat dit waarschijnlijk een toevalligheid was, was geen overtuigend bewijs dat de besproken methode geld zou opleveren.

Steun bij de leiding om desondanks door te gaan met het invoeren van een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten was er niet, omdat deze het met de bovengenoemde bezwaren in grote lijnen eens was. De achtergrond hierbij is volgens mij dat de leiding van de ODG ABS/PVC onder grote druk van productie en het hogere management stond om op korte termijn tot aanzienlijke kostenbesparingen te komen.

Een van de middelen waarmee de leiding van de ODG ABS/PVC dit wil bereiken is door het aanpakken van die technische systemen



die als onderhoudszwaartepunt betiteld kunnen worden. Zijn er kostenbesparingen m.b.t. deze onderhoudszwaartepunten mogelijk dan is de bedoeling dat de hiervoor benodigde acties projectmatig aangepakt worden (zie ook hfdst. 4). Het verbeteren van de bestaande onderhoudsconcepten zou hierbij een belangrijke aandachtsgebied kunnen zijn indien hiermee op korte termijn geld bespaard zou kunnen worden. Volgens de leiding van de ODG zijn verbeteringen op dit moment echter nauwelijks mogelijk, gezien de gebrekkige historische informatie die van de verschillende technische systemen aanwezig is.

Het gevolg van dit alles was dat het op de organisatie overbrengen van een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten op dat tijdstip een lage prioriteit had. Wel was er, zoals we hierboven gezien hebben, belangstelling voor de zogenaamde onderhoudszwaartepunten. In gezamenlijk overleg werd daarom besloten om het onderhoudsconcept even te laten rusten en nader in te gaan op de manier waarmee onderhoudszwaartepunten bepaald kunnen worden. De volgende 2 positieve effecten zitten hieraan verbonden:

- 1) Er wordt aandacht besteed aan een punt waarvoor binnen de organisatie een grote interesse bestaat.
- 2) Het bepalen van onderhoudszwaartepunten is indirect een motivator voor het toepassen van een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten. De volgende redenering kan men hierbij volgen.

Zijn onderhoudszwaartepunten bekend dan moeten er volgens de gedachte van de leiding van de ODG ABS/PVC concrete acties genomen worden. Zoals hierboven besproken zal dit op een projectmatige manier moeten plaatsvinden. Wil men echter goed kunnen onderbouwen welke acties noodzakelijk zijn dan zal men eerst een correct opgesteld onderhoudsconcept moeten hebben. Bovendien komen belangrijke aandachtsgebieden automatisch naar voren indien men de verschillende stappen van het onderhoudsconcept consequent volgt.

De gedachte is nu dat via deze weg de motivatie voor het toepassen van een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten binnen de ODG ABS/PVC zal toenemen.

Zoals hierboven beschreven is, is de overdracht van de methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten op de organisatie niet geslaagd. Als we alles nog eens samenvatten dan hebben de volgende omstandigheden hierbij volgens mij een rol gespeeld:

- 1) het gebruikte voorbeeld
- 2) de aanpak van het project
- 3) de houding van de ODG ABS/PVC t.o.v. het onderhoudsconcept
- 4) overige omstandigheden

#### **ad 1) het gebruikte voorbeeld**

Om de methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten te demonstreren, was een onderhoudsconcept opgesteld voor een bestaand TS binnen de PVC fabriek. Door het ontbreken van een bruikbare onderhoudshistorie (de reden hiervan is besproken in par 7.1) was het maken van goede storingsanalyse echter niet mogelijk. Zoals we in hfdst. 5.2 gezien hebben was het gevolg



hiervan dat het opgestelde onderhoudsconcept slechts weinig verschildt van het bestaande onderhoudsconcept.

Kijken we vervolgens naar de criteria waaraan een voorbeeld zou moeten voldoen dan moet men zich eerst afvragen waarvoor men dit voorbeeld wil gebruiken. Is het voorbeeld bedoeld als een demonstratie van een bepaalde methode dan is belangrijk dat de verschillende aspecten van de methode aan bod komen. Waarop het voorbeeld betrekking heeft is dan minder van belang. Moet het voorbeeld echter als motivator voor een methode dienen dan zijn er nog een aantal andere criteria van belang zoals:

- 1) Het voorbeeld spreekt de betrokkenen in de organisatie aan.
- 2) Men is niet tevreden met de huidige werkwijze. Hoe men het anders zou moeten doen weet men echter niet.
- 3) Met de beschikbare informatie is het mogelijk om m.b.v. de methode tot een andere (betere) werkwijze te komen.

Bekijken we dit alles in het licht van het gebruikte voorbeeld dan zien we dat het wel een demonstrerend effect had (wat ook het uitgangspunt was bij de keuze van het voorbeeld), maar geen motiverend effect. De reden hiervoor is dat aan de hierboven genoemde punten 2 maar vooral 3 niet voldaan werd. Het ging zelfs zo ver dat het voorbeeld als argument gebruikt werd om de methode niet toe te passen.

#### **ad 2) de aanpak van het project**

De gedachte was dat motivatie voor een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten verkregen zou kunnen worden door het nut ervan aan te tonen. Enerzijds is dit mislukt doordat het voorbeeld waarmee de methode gedemonstreerd werd achteraf gezien geen goede keus was (zie ook punt 1). Anderzijds kan men zich afvragen of het aantonen van het nut van de methode wel voldoende is voor het verkrijgen van de benodigde motivatie. Een ME kan namelijk het nut van een goed onderhoudsconcept wel inzien, voor het opstellen ervan blijft hij echter afhankelijk van de informatie die geleverd wordt door de andere organisatieleden. In het licht hiervan zal een meer groepsgewijze benadering bij het invoeren van een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten waarschijnlijk een groter effect hebben (zie par 7.3).

#### **ad 3) de houding v/d ODG ABS/PVC t.o.v. het onderhoudsconcept**

Binnen de ODG ABS/PVC is men algemeen van mening dat de bestaande onderhoudsconcepten voldoen. Ook al zouden verbeteringen mogelijk zijn dan kan men deze door de gebrekkige aanwezigheid van de onderhoudshistorie niet vaststellen. Als gevolg hiervan heeft een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten binnen de ODG ABS/PVC op dit moment geen hoge prioriteit.

#### **ad 4) overige omstandigheden**

In par 7.1 hebben we opgemerkt dat de samenwerking tussen de verschillende personen binnen de ODG ABS/PVC niet altijd optimaal is. We hebben net bij punt 2 echter gezien dat dit wel noodzakelijk is indien men op een goede manier onderhoudsconcepten wil opstellen.

Daarnaast heerst er binnen DSM nogal wat onzekerheid over de positie van de onderhoudsdiensten. Dit is natuurlijk geen ideaal uitgangspunt om een nieuwe werkwijze in te voeren.

### 7.3 Het onderhoudsconcept in de toekomst

Het invoeren van een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten betekend een veranderingsproces voor de ODG ABS/PVC. Wil dit veranderingsproces een kans van slagen hebben dan zullen de betrokken personen gemotiveerd moeten worden om aan dat proces mee te werken. Zoals hierboven besproken kan het bepalen van de onderhoudszwaartepunten hiertoe een eerste aanzet geven. Belangrijker is echter dat men concreet aantoonst dat de huidige wijze van werken niet ideaal is. Het in kaart brengen van deze werkwijze en een diagnose van de probleem gebieden is hiervoor noodzakelijk. Hierbij zal men moeten kijken naar aspecten die liggen op het gebied van:

- 1) de techniek (welke methodes gebruikt men, in hoeverre zijn werkprocessen geautomatiseerd, etc.)
- 2) het gedrag (hier gaat het om zaken als motivatie, moraal en betrokkenheid van de organisatieleden)
- 3) de structuur (hier gaat het om de gebruikte organisatie structuur)

Een goede onderlinge afstemming van de hierboven genoemde gebieden is essentieel indien men een nieuwe methode succesvol wil invoeren. Naast het in kaart brengen van de bestaande situatie zal men ook een beeld moeten hebben van de ideale situatie, zodat de organisatieleden weten waar ze naar toe moeten werken. Van belang hierbij is dat iedereen voldoende geïnformeerd wordt over en betrokken wordt bij het veranderingsproces. Ook de steun van het management bij dit alles is onmisbaar voor het verkrijgen van de benodigde motivatie. Voor meer informatie over veranderingsprocessen en de wijze waarop men de daarvoor noodzakelijke motivatie kan verkrijgen verwijs ik naar de literatuur [o.a. 6].

Binnen de ODG ABS/PVC zou men met het veranderingsproces kunnen beginnen bij een kleine groep. Belangrijk hierbij is dat deze groep een weerspiegeling van de onderhoudsorganisatie is (dus bestaande uit zowel een WVB, ME, chef AME en een aantal monteur). De reden hiervoor is dat al deze personen een belangrijke rol spelen bij het onderhoudsconcept (zowel bij het opstellen als de daadwerkelijke uitvoering ervan). Men kan zelfs overwegen om een aantal personen van produktie in de betreffende groep op te nemen. Zij bepalen tenslotte de tijdstippen waarop de onderhoudsuitvoering mogelijk is. Bovendien kan hun werkwijze van grote invloed zijn op de onderhoudsbehoefte.

Om de gewenste motivatie binnen de groep te bereiken zal aan een drietal voorwaarden voldaan moeten worden.

**1) de leden van de groep moeten doelen stellen**

Deze doelen zullen door de groep zelf gezet moeten worden en betrekking moeten hebben op het organisatiedoel (het

opstellen van onderhoudsconcepten en de uitvoering daarvan). Belangrijk hierbij is dat de gehele groep beseft dat elk lid een taak heeft welke noodzakelijk is voor het vervullen van het organisatiedoel. Samenwerking tussen de verschillende leden van de groep zal hierdoor vergroot worden.

Mogelijke doelen zouden b.v. betrekking kunnen hebben op het aantal op te stellen onderhoudsconcepten in bepaalde periode of op de kwaliteit van de terugkoppeling (in hoeverre voldoet deze aan de eisen).

**2) men zal terugkoppeling moeten geven over de geleverde prestaties**

Van tijd tot tijd zal aan de leden van de groep duidelijk gemaakt moeten worden in hoeverre de doelen die ze bij punt 1 opgesteld hebben gerealiseerd zijn.

**3) men zal de prestaties moeten bekrachtigen**

Het gaat er hierbij om dat de geleverde prestaties door de organisatie op de een of andere manier gewaardeerd worden.

Door Pritchard e.a. is op basis van de bovengenoemde drie principes het prestatiesturingssysteem ProMES (productivity measurement and enhancement system) ontwikkeld. Voor meer informatie hierover moet echter verwezen worden naar de desbetreffende literatuur [7].

Alleen de leden van de groep motiveren om onderhoudsconcepten te gaan op stellen is niet voldoende, men zal bovendien moeten aangeven hoe het opstellen van onderhoudsconcepten in zijn werk gaat. Training van de verschillende personen (vooral ME'rs) hierin zal noodzakelijk zijn. Het gebruik van uitgewerkte praktijkvoorbeelden kan hierbij een nuttig hulpmiddel zijn. Men moet echter oppassen met voorbeelden die slechts weinig verschillen van de praktijksituatie. Zoals we gezien hebben kan dit een negatief effect op de motivatie hebben.

## 8. Conclusies en aanbevelingen

De volgende conclusies en aanbevelingen kunnen gegeven worden:

### \* **M.b.t. het bepalen van onderhoudszwaartepunten en de terugkoppeling:**

- TEROMAN biedt op dit moment geen mogelijkheid om gegevens over produktiederving te registreren. De manier waarop deze gegevens nu verzameld worden is voor analyse doeleinden ongeschikt.  
Aanbevolen wordt om in de toekomst een mogelijkheid hier toe aan TEROMAN toe te voegen. Extra systemen voor de registratie van deze gegevens worden hierdoor overbodig.
- Doordat objecten binnen TEROMAN niet eenduidig gedefinieerd zijn, is het terugvinden van de complete historie van een bepaald technisch systeem meestal niet voor 100 % mogelijk. Het feit dat de P&I/objectnummer combinatie niet wordt bijgehouden maakt het terugvinden van deze informatie alleen nog maar moeilijker.  
Aanbevolen wordt om het gebruik van veel verschillende soorten objecten zoveel mogelijk te beperken. Verder moet het bijhouden van de P&I/objectnummer combinatie en het aanmaken van objectgebonden werkaanvragen benadrukt worden.
- Een goede onderhoudshistorie van de verschillende technische systemen is op dit moment binnen de ODG ABS/PVC niet aanwezig doordat terugkoppeling van gegevens in het verleden niet op een juiste manier heeft plaatsgevonden.  
Door de manier van terugkoppelen toe te passen zoals besproken in hfdst. 6.5 kan hierin verbetering gebracht worden.
- De bestaande rapportage mogelijkheden in Teroman zijn onvoldoende voor het bepalen van de onderhoudszwaartepunten. Om dit probleem te omzeilen is de methode ontwikkeld zoals besproken in bijlage 3 (maken v/e download).  
Aangezien deze methode echter relatief omslachtig is wordt aanbevolen om in de toekomst aanvullende rapportagemogelijkheden aan TEROMAN toe te voegen.

### \* **M.b.t. het onderhoudsconcept:**

- Het resultaat van het combineren van onderhoudsregels is volgens het TUE-onderhoudsconcept een aantal clusters van werkzaamheden die met een bepaald (uiterst) interval uitgevoerd moeten worden. Deze vaste clusters van onderhoudswerkzaamheden zijn volgens mij in praktijksituaties niet altijd realistisch. Waarom dat zo is en hoe het ook anders zou kunnen is beschreven in hoofdstuk 5.1.4.
- Het opstellen van het onderhoudsconcept volgens de besproken methode blijft een vrij bewerkelijk proces. Toch weegt het uiteindelijke voordeel dat men van een goed

onderhoudsconcept heeft hier ruimschoots tegenop.

- De basis van het onderhoudsconcept is storingsanalyse. Hierbij is het noodzakelijk dat men de beschikking heeft over historische onderhoudsgegevens. Op een goede terugkoppeling van gegevens wordt daarom hier nogmaals de nadruk gelegd worden.

**\* M.b.t. het invoeren van een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten binnen DSM:**

De conclusie die we kunnen trekken is dat het invoeren van een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten binnen de ODG ABS/PVC niet geslaagd is. De redenen hiervoor zijn besproken in hfdst 7.2.

Wil een methode voor het opstellen van onderhoudsconcepten binnen de ODG ABS/PVC vaste voet aan de grond krijgen dan zal men de noodzaak ervan moeten inzien. Het in kaart brengen van de bestaande werkwijze en een diagnose van de probleemgebieden (zie hfdst. 7.3) kan hiertoe een eerste aanzet geven. Enkele problemen die we m.b.t. de organisatie al geconstateerd hebben en die hiebij aandacht verdienen zijn:

- De niet optimale samenwerking tussen de verschillende personen binnen de ODG ABS/PVC.
- De beperkte hoeveelheid tijd die de ME'rs beschikbaar hebben voor het opstellen van onderhoudsconcepten.
- De beperkte motivatie van de monteurs om gegevens over onderhoudswerkzaamheden op een juiste manier terug te koppelen.

## Gebruikte afkortingen

ABS	= Acrylonitril-butadieen-styreen
AME	= Autonome management eenheid
DWO	= Deelwerkopdracht
E	= Elektrotechniek
EOR	= Elementaire onderhoudsregel
GAO	= Gebruiksduurafhankelijk onderhoud
HWO	= Hoofdwerkopdracht
I	= Instrumentatie
ME	= Maintenance Engineer
ODG	= Onderhouds diensten groep
OHC	= Onderhoudsconcept
OHZ	= Onderhoudszwaartepunt
OIS	= Onderhouds-informatiesysteem
PVC	= Poly-Vinyl-Chloride
SAO	= Storingsafhankelijk onderhoud
SPM	= Shock Pulse Method
SVG	= Storingvoorspellende grootheid
TAO	= Toestandsafhankelijk onderhoud
TS	= Technisch Systeem
VZH-object	= Verzamelhandelings-object
W	= Werktuigbouwkunde
WA	= Werkaanvraag
WVB	= Werkvoorbereider



## Lijst van definities

### **Elementaire storing**

Een elementaire storing is de combinatie van storing, onderdeel waaraan de storing kan optreden en storingsoorzaak.

### **Elementaire onderhoudsregel**

Een elementaire onderhoudsregel schrijft een wijze van onderhoudsinitiëring voor, t.w. storing, gebruiksduur of toestand.

### **Financiële historie**

Zijn de gegevens over de in het verleden gemaakte onderhoudskosten betreffende een bepaald technisch systeem.

### **Gebruiksduurafhankelijk onderhoud**

Schrijft initiëring van onderhoud voor door het verstrijken van een gespecificeerde periode van gebruik.

### **Objecthistorie**

De objecthistorie is het geheel van financiële historie + onderhoudshistorie.

### **Onderhoudshistorie**

Zijn de gegevens over de onderhoudswerkzaamheden die aan een bepaald technisch systeem in het verleden zijn verricht.

### **Onderhoudskosten**

Alle kosten die bij het uitvoeren van de benodigde onderhoudswerkzaamheden gemaakt worden (o.a. kosten van loon, materialen, inzet van derden).

### **Organische organisatie**

De organische organisatie wordt gekenmerkt door een continue bijstelling en herdefinitie van taken. Interactie en communicatie vindt plaats op elk niveau waar dat voor het uitvoeren van de werkzaamheden noodzakelijk is. Organisatieschema's die precies de verantwoordelijkheden en taken v/d verschillende personen weergeven zijn in principe niet aanwezig. Voor meer informatie zie [8].

### **Overlevingskarakteristiek**

Geeft de betrouwbaarheid weer als functie van de geaccumuleerde gebruiksduur.

### **Preventieve beurt**

Tijdens een preventieve beurt bestaat de mogelijkheid om onderhoudsregels uit te voeren waarvoor een bepaalde set-up activiteit noodzakelijk is.

### **Set-up activiteit**

Alle identieke werkzaamheden die men aan een technisch systeem moet verrichten voor het uitvoeren van een bepaalde groep van onderhoudsregels. Hierbij worden alle werkzaamheden bekeken vanaf het uit bedrijf halen, tot en met het weer in bedrijf zijn van het betreffende technisch systeem.

**Storing**

Een storing is opgetreden indien het technisch systeem zich niet meer in de nodig geachte toestand bevindt.

**Storingsafhankelijk onderhoud**

Schrijft initiëring van onderhoud voor door het optreden van een storing.

**Storingsgraad**

De storingsgraad bij een geaccumuleerde gebruiksduur van g eenheden is de intensiteit waarmee de systemen storen die g eenheden hebben geaccumuleerd en waarbij op dat moment de storing nog niet is opgetreden.

**Storingvoorspellende grootheid**

Een meetbare fysieke eigenschap waarvan het verloop aanwijzingen bevat over het optreden van de eraan gerelateerde storing.

**Technisch systeem**

Een verzameling van fysieke elementen met een specificeerbare functie.

**Toestandsafhankelijk onderhoud**

Schrijft initiëring van onderhoud voor door het bereiken van een gespecificeerde toestand.

## Literatuurlijst

- 1) Dictaat onderhoudsbeheersing TUE, door W.M.J. Geraerds, J.H.J. Geurts, C.W. Gits, H. Martin en J.M.C. Moonen.
- 2) Onderhoudsmanagement, Handboek voor technische- en onderhoudsdiensten, Lamerti c.s. (red.), Alphen aan de Rijn, Samson Uitgeverij, 1987.
- 3) Een aanzet tot de informatieanalyse van het onderhoudsconcept, F.J.W. Claus, Afstudeerverslag T.U. Eindhoven, Fakulteit Bedrijfskunde, 1990
- 4) Het methodisch ontwerpen van een onderhoudsconcept, J.F.M. Maas, Afstudeerverslag T.U. Eindhoven, Fakulteit Bedrijfskunde, 1986.
- 5) Structure in fives: Designing effective organizations, H. Mintzberg, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1983
- 6) An experiential approach to organization development, D.F. Harvey and D.R. Brown, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1988
- 7) Promes: meten en bevorderen van produktiviteit, H.F.J.M. van Tuijl, P.M. Janssen en J.A. Algera, Gids voor personeelsmanagement, nr 2, pag 28-32, 1990
- 8) Organisaties vergelijkenderwijs, C.J. Lammers, Uitgeverij Het Spectrum BV, Utrecht, 1987

**EEN METHODIEK VOOR HET OPSTELLEN VAN  
ONDERHOUDSCONCEPTEN**

**(Bijlagen)**

**Afstudeerrapport van R. Van de Voort**

**April 1992**

**Technische Universiteit Eindhoven**

**Faculteit Bedrijfskunde**

**Vakgroep Kwantitatieve Aspecten van Beheersingssystemen**

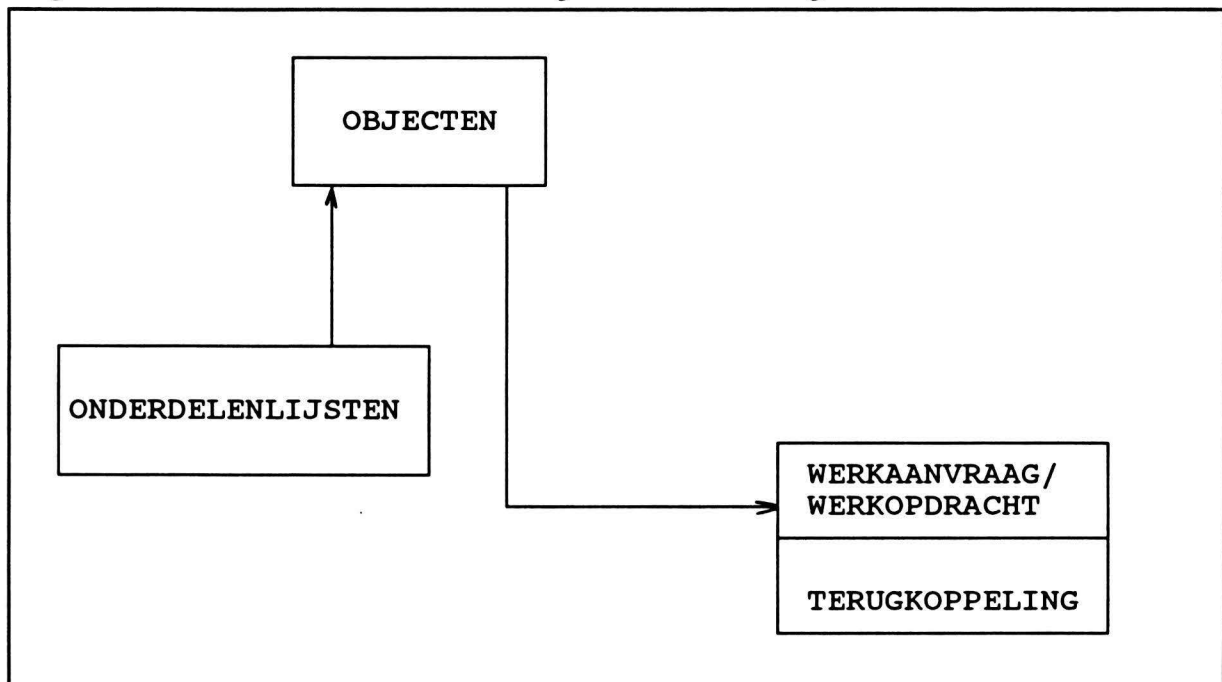
## Inhoudsopgave bijlagenbundel

Bijlage 1:	De terugkoppeling in TEROMAN	1
Bijlage 2:	Gewenst rapport in TEROMAN	5
Bijlage 3:	Een alternatieve manier voor de verslaglegging van gegevens die zich in TEROMAN bevinden	8
Bijlage 4:	Verslaglegging van produktiedervingsgegevens	24
Bijlage 5:	Bepaling van de storingsgrootheden	25
Bijlage 6:	Het initiëren van het onderhoud	28
Bijlage 7:	Het limiteren van de onderhoudsintervallen	37
Bijlage 8:	Het clusteren van de onderhoudsregels	39
Bijlage 9:	Een uitgewerkt onderhoudsconcept	50

## BIJLAGE 1: De terugkoppeling in TEROMAN

Aan de hand van de volgende figuur wordt een korte omschrijving van TEROMAN gegeven. Hierbij worden alleen die aspecten besproken die van invloed zijn op het registreren en terugvinden van de financiële- en onderhoudshistorie van een technisch systeem.

**Figuur 1: Sterk vereenvoudigd Bachmandiagram**



Als eerste hebben we een bestand objecten. Hierbij kan een object vrij gedefinieerd worden. Binnen DSM kunnen we de volgende definities van een object onderscheiden:

- 1) een object is een technisch systeem (onderhoudsobject)
- 2) een object is een verzameling van technische systemen (verzamelobject)
- 3) overigen definities zoals b.v.:
  - \* een object is een verzameling van handelingen (verzamelhandelsobject)
  - \* een object is een verzameling van technische systemen waaraan een bepaalde keuring moet plaats vinden

We beperken ons nu eerst tot de zogenaamde onderhouds- en verzamelobjecten. Aan het einde komen we nog even terug op de andere door DSM gehanteerde definities van een object zoals genoemd onder punt 3.

In het bestand objecten kunnen allerlei gegevens over het object worden vastgelegd zoals het objectnummer (uniek), het P&I-nummer, het tekeningnummer, de bijbehorende onderdelenlijst, etc. Is er sprake van een verzamelobject dan wordt hier alleen vastgelegd dat het een verzamelobject is.



De verschillende onderdelenlijsten van de objecten staan in het bestand onderdelenlijsten. Indien het een object een TS is dan bestaat de onderdelenlijst uit de verschillende onderdelen van dat TS. Hebben we te maken met een verzamelobject, dan worden in de onderdelenlijst de verschillende technische systemen geregistreerd die tot de betreffende verzameling behoren.

Veel meer dan het objectnummer of P&I-nummer kan men van de verschillende TS'en in deze onderdelenlijst echter niet weergeven. Verder bestaat in TEROMAN geen relatie tussen TS'en die geregistreerd staan als onderhoudsobject en tevens staan opgevoerd in een onderdelenlijst van een verzamelobject.

Werkaanvragen kunnen worden aangemaakt voor bepaalde objecten. Daarnaast kan men ook niet objectgebonden werkaanvragen aanmaken. De werkaanvraag bestaat o.a. uit de volgende gegevens: opdrachtsoort (preventief of correctief onderhoud), constatering, urgentie, omschrijving werkopdracht, uit te voeren werkzaamheden, benodigde vergunningen, etc.

Wordt de werkaanvraag geaccepteerd dan wordt deze voorbereid door de werkvoorbereider. Hierdoor gaat de werkaanvraag over in een werkopdracht. Bij een grote klus splits de werkvoorbereider de werkaanvraag op in een hoofdwerkopdracht (HWO) en een aantal deelwerkopdrachten (DWO). De werkvoorbereiding gebeurt o.a. door het ramen van manuren en het schatten van de benodigde hoeveelheid materialen.

Wordt met de werkzaamheden begonnen dan worden eventuele terugkoppelingen gedaan op de verschillende aangemaakte HWO's en DWO's. Hierbij kunnen de volgende gegevens worden teruggekoppeld:

- gegevens over de onderhoudswerkzaamheden (onderhoudshistorie)
- gegevens over de onderhoudskosten (financiële historie)

Terugkoppeling kan echter niet rechtstreeks op het betreffende onderhoudsobject plaatsvinden. Dit heeft een aantal gevolgen waarbij we de volgende drie gevallen kunnen onderscheiden:

- 1) De werkaanvraag is aangemaakt voor een onderhoudsobject. Terugkoppeling vindt op de betreffende HWO/DWO plaats wat in principe neerkomt op terugkoppeling op het betreffende TS. Indien van het betreffende TS een onderdelenlijst is aangemaakt, is het ook mogelijk om terug te koppelen op de verschillende onderdelen van dat TS. In de praktijk betekent dit dat de verschillende onderhouds /financiële gegevens van het TS kunnen worden teruggevonden aan de hand van het betreffende objectnummer.
- 2) De werkaanvraag is aangemaakt voor een bepaald verzamelobject. Dit betekent in de meeste gevallen dat de werkaanvraag bedoeld is voor alle TS'en die behoren tot het betreffende verzamelobject. Omdat teruggekoppeld wordt op HWO/DWO zou men in principe de objecthistorie alleen kunnen terugvinden op verzamelobjectniveau. Dit geldt echter alleen voor de financiële historie van een TS. De onderhoudshistorie van een TS daarentegen kan men

terugkoppelen op de onderdelenlijst van het verzamelobject (hierin staan de verschillende TS'en van een verzamelobject vermeld). Dit betekent dat men de onderhoudshistorie van een bepaald TS kan terugvinden indien men weet dat het een "onderdeel" van een verzamelobject is, en indien men het betreffende objectnummer (onderdeelnummer) weet. Dit kan echter alleen maar op een juiste manier gebeuren indien in deze onderdelenlijst alle mogelijke TS'en van het verzamelobject worden opgenomen. Als gevolg hiervan kan de onderdelenlijst echter erg lang worden. Ook kan het voorkomen dat bepaalde TS'en in verschillende onderdelenlijsten opgenomen moeten worden. Het gevolg hiervan is dat de objecthistorie van een TS verspreid kan zitten over verschillende verzamelobjecten.

- 3) Men heeft een niet objectgebonden werkaanvraag aangemaakt. Terugkoppeling op een bepaald object is op deze manier niet mogelijk. Alleen indien men de betreffende HWO/DWO kent kan men de teruggekoppelde gegevens later terugvinden.

Opgemerkt moet hier nog worden dat men binnen de onderhoudsdienst van DSM nog wel eens de neiging heeft om een objectgebonden WA aan te maken waarin werkzaamheden staan vermeld voor meerdere verschillende onderhoudsobjecten. De reden hiervoor is dat men anders voor dezelfde werkzaamheden aan verschillende (maar meestal wel van dezelfde soort) onderhoudsobjecten, voor elk van deze objecten een WA moet aanmaken. Zou men dat doen dan betekent dit voor de werkvoorbereider extra werk. Het volgende voorbeeld maakt dit duidelijk:

Stel je hebt een tandwielkast van type X. Deze tandwielkast komt in de fabriek 5 keer voor. De objectnummers van de tandwielkasten zijn 1001, 1002, 1003, 1004, en 1005. Nu moeten deze tandwielkasten maandelijks gecontroleerd worden op lekkages. Dit zou betekenen dat men elke maand 5 WA's moet aanmaken voor het controleren van deze tandwielkasten. In de praktijk maakt men nu niet 5 WA's per maand aan, maar maakt men slechts één WA aan voor b.v. tandwielkast 1001. Op deze WA zet men dan inspecteren tandwielkasten 1001 tot en 1005. Het resultaat is hetzelfde, en de hoeveelheid te verrichten werkzaamheden is voor de werkvoorbereider een stuk minder. Echter het grote nadeel van deze werkwijze is dat de terugkoppeling ook op (in dit geval) tandwielkast 1001 plaatsvindt. Zou echter bij de inspectie een reparatie aan 1002 nodig zijn dan komt de teruggekoppelde informatie hierover bij de verkeerde tandwielkast te staan.

### **De werkwijze binnen DSM**

De werkwijze binnen DSM maakt het op de juiste wijze werken met TEROMAN nog complexer. Binnen DSM worden technische systemen namelijk op de volgende twee manieren gecodeerd:

- 1) M.b.v. P&I-nummers.
- 2) M.b.v. objectnummers.

Het P&I-nummer is een plaatsaanduiding, terwijl het objectnummer uniek is voor een technisch systeem. Het P&I-

nummer is voor TS'en die van plaats kunnen verwisselen niet uniek. Dit is b.v. het geval voor technische systemen waarvoor reserven aanwezig zijn.

M.b.v. het volgende voorbeeld kunnen we dit duidelijk maken. Stel dat een bepaald type tandwielkast op vier plaatsen in de fabriek voorkomt en dat er 1 reserve in het magazijn ligt. Over een bepaald tijdbestek kan zich dan de situatie voordoen zoals weergegeven in de volgende figuur:

	P&I R-1201	P&I R-1202	P&I R-1203	P&I R-1204	P&I R-RESERVE
TIJD ↓	1001	1002	1003	1004	1005
	1001	1002	1005	1004	1003
	1003	1002	1005	1004	1001
	1003	1002	1005	1004	1001

Het probleem is nu dat men binnen DSM hoofdzakelijk P&I-nummers gebruikt. Met objectnummers wordt in het algemeen niet gewerkt (ze zijn vaak niet eens bekend).

Ook een WA wordt in de meeste gevallen aangemaakt voor een bepaald P&I-nummer. Dit betekent dat ook de terugkoppeling in principe plaats vindt op deze WA en het daarbij behorende P&I-nummer.

Als men nu later de objecthistorie van een bepaald technisch systeem op P&I-nummer gaat opvragen dan hoeft dit niet de historie van één en hetzelfde technisch systeem te zijn. Als voorbeeld kunnen we de historie van tandwielkast met P&I-nummer R-1201 nemen. In dit geval krijgt men eerst de objecthistorie van tandwielkast 1001 te zien terwijl men in een latere periode de objecthistorie van tandwielkast 1003 te zien krijgt.

De objecthistorie van een bepaald TS is op deze manier dus niet goed te volgen tenzij men er steeds voor zorgt dat men de gegevens onder de juiste P&I/objectnummer combinatie registreert. Dit is in TEROMAN mogelijk, maar slechts op een manier die relatief veel tijd kost.

#### Opmerking

Zoals in het begin vertelt is kan men objecten vrij definiëren. Naast de besproken onderhouds- en verzamelobjecten zijn in TEROMAN hierdoor ook nog andere objecten aanwezig. Enkelen daarvan hebben we in het begin onder punt 3 opgesomd (zoals b.v. keurings- en verzamelhandelingsobjecten). De volledigheid van de historische informatie van de verschillende TS'en wordt door het gebruik van deze objecten echter beperkt. Alles wat men namelijk op dit soort objecten boekt kan men later niet meer aan de verschillende daarvoor verantwoordelijke technische systemen toewijzen.

## BIJLAGE 2: Gewenst rapport in TEROMAN

In TEROMAN is geen rapportagevorm aanwezig die een totaal overzicht geeft van de geboekte kosten op de verschillende objecten. (Men kan alleen overzichten maken per budgetpost. Deze leveren echter onvoldoende informatie.) Het bepalen van onderhoudszwaartepunten op basis van gemaakte onderhoudskosten is daarom een moeilijke zaak. Het is hierdoor niet denkbeeldig dat men te veel aandacht schenkt aan onbelangrijke TS'en en te weinig aandacht schenkt aan belangrijke TS'en.

Om Onderhoudszwaartepunten op een eenvoudige manier te kunnen bepalen is een rapportagevorm zoals weergegeven in deze bijlage noodzakelijk. Hierbij moeten de gegevens als volgt gesorteerd worden:

- 1) Altijd oplopend op object-typenummer. Deze sortering zorgt ervoor dat identieke objecten bijelkaar komen te staan.
- 2) Naar keuze:
  - a) Oplopend op P&I-nummer. Per P&I-nummer worden de verschillende HWO's gegeven. (de nieuwste als eerste). De volgende gegevens van elke HWO zijn van belang:
    - Het objectnummer waarop de HWO is aangemaakt.
    - Boekingsdatum, HWO nummer, budgetpost, coso en status.
    - Korte omschrijving van de HWO.
    - Kosten geboekt gedurende de looptijd van de WO.
    - De geraamde kosten.Voor elk nieuw P&I-nummer worden verder de totaal geboekte kosten als sub totaal gegeven.
  - b) Oplopend op objectnummer. Per objectnummer worden de verschillende HWO's gegeven. (de nieuwste als eerste). De volgende gegevens van elke HWO zijn van belang:
    - Het P&I-nummer waarop de HWO is aangemaakt.
    - Boekingsdatum, HWO nummer, budgetpost, coso en status.
    - Korte omschrijving van de HWO.
    - Kosten geboekt gedurende de looptijd van de WO.
    - De geraamde kosten.Voor elk nieuw objectnummer worden de totaal geboekte kosten verder als sub totaal gegeven.

Verder is het mogelijk de sortering te beperken tot een deelgebied. Dit deelgebied wordt door de volgende punten bepaald:

- \* BUDGETPOST
- \* FABRIEK
- \* DEELFABRIEK
- \* VAKRICHTING
- \* PERIODE
- \* SUBTOTAAL > (Alleen die objecten worden getoond waarvan het sub totaal van de verschillende HWO's groter is dan het aangegeven bedrag.)
- \* AANTAL HWO's > (Alleen die objecten worden getoond waarvan het aantal aangemaakt HWO's groter is dan de aangegeven hoeveelheid.)

De mogelijkheden 2a en 2b zijn op de volgende 2 pagina's in een voorbeeld weergegeven.

SELEKTIEKRITERIA

=====

OPLOPEND OP.....: P&I  
 BUDGETPOST.....:  
 OBJECT TYPE.....:  
 FABRIEK.....: 89  
 DEELFABRIEK.....:  
 VAKRICHTING.....: W  
 PERIODE.....:  
 SUBTOTAAL >.....:  
 AANTAL HWO's...>:

P&I	OBJECTNR.	DATUM	HWO	BUDGETPOST	OS	ST	OMSCHRIJVING	KOSTEN	RAMING
89WS1303	17309	120691	114097	528905612	60	WA	S1303:RAMMELT EN VALT UIT	0	1000
	17309	100591	113855	528905612	60	WA	S1303:LASLEK REP.	0	500
	17309	030391	110500	528905612	60	WA	S1303:OPH. LEKKAGE.	150	150
	17310	020291	109222	528905612	60	GE	UITW/REVISEREN S1303	20000	25000
	17310	050191	108153	528905612	60	WA	S1303 AANM VULRINGEN	0	50
	17310	121290	096241	528905612	60	AF	S-1303 TOEVOERSLANG	0	0
	17310	101190	088094	528905612	60	GE	S1303 CS INSPECTIELUIKEN	3000	2000
	17311	201190	087000	528905612	60	GE	UITW/REVISEREN S1303	15000	10000
							TOTAAL	38150	38700
89WS1304	XXXXX	XXXXXX	XXXXXX	528905612	XX	XX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXX	XXXXX
							TOTAAL	XXXXX	XXXXX
89WS2303	17311	150691	111000	528905612	60	WA	S2303 TOEVOERSLANG	0	500
	17309	180191	092600	528905612	60	GE	UITW/REVISEREN S2303	15000	10000
	17309	010191	087343	528905612	60	GE	S2304 V-SNAREN SPANNEN	0	200
	17309	061290	056967	528905612	60	GE	S2304 INWENDIG CONTROLEREN	200	300
	17310	051190	086094	528905612	60	GE	UITW/REVISEREN VAN S2303	15415	10000
							TOTAAL	30615	21000
89WS2304	XXXXX	XXXXXX	XXXXXX	528905612	XX	XX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXX	XXXXX
							TOTAAL	XXXXX	XXXXX

SELEKTIEKRITERIA

=====

OPLOPEND OP.....: OBJECTNR.  
 BUDGETPOST.....:  
 OBJECT TYPE.....:  
 FABRIEK.....: 89  
 DEELFABRIEK.....:  
 VAKRICHTING.....: W  
 PERIODE.....:  
 TOTAAL >.....:  
 AANTAL HWO's >...:

P&I	OBJECTNR.	DATUM	HWO	BUDGETPOST	OS	ST	OMSCHRIJVING	KOSTEN	RAMING
89WS1303	17309	120691	114097	528905612	60	WA	S1303:RAMMELT EN VALT UIT	0	1000
89WS1303		100591	113855	528905612	60	WA	S1303:LASLEK REP.	0	500
89WS1303		030391	110500	528905612	60	WA	S1303:OPH. LEKKAGE.	150	150
89WS2303		180191	092600	528905612	60	GE	UITW/REVISEREN S2303	15000	10000
89WS2303		010191	087343	528905612	60	GE	S2304 V-SNAREN SPANNEN	0	200
89WS2303		061290	056967	528905612	60	GE	S2304 INWENDIG CONTROLLEREN	200	300
							TOTAAL	15350	12150
89WS1303	17310	020291	109222	528905612	60	GE	UITW/REVISEREN S1303	20000	25000
89WS1303		050191	108153	528905612	60	WA	S1303 AANM VULRINGEN	0	50
89WS1303		121290	096241	528905612	60	AF	S-1303 TOEVOERSLANG	0	0
89WS1303		251190	088094	528905612	60	GE	S1303 CS INSPECTIELUIKEN	3000	2000
89WS2303		051190	086094	528905612	60	GE	UITW/REVISEREN VAN S2303	15415	10000
							TOTAAL	38415	37050
89WS2303	17311	150691	111000	528905612	60	WA	S2303 TOEVOERSLANG	0	500
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
89WS1303	17311	201190	087000	528905612	60	GE	UITW/REVISEREN S1303	15000	10000
							TOTAAL	15000	10500
XXXXXXXX	XXXXX	XXXXXX	XXXXXX	528905612	XX	XX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXX	XXXXX
							TOTAAL	XXXXX	XXXXX



BIJLAGE 3: Een alternatieve manier voor de verslaglegging van gegevens die zich in TEROMAN bevinden

Zoals verteld in hoofdstuk 3 is een alternatieve manier voor de verslaglegging van TEROMAN-gegevens het verwerken van deze gegevens op een PC m.b.v. dBASE. Hiertoe moet men echter eerst een download van TEROMAN-gegevens aanvragen die men vervolgens op een PC moet overbrengen. Bij deze download gaat het om de verschillende aangemaakte (deel)werkorders in TEROMAN. De benodigde gegevens van elke (deel)werkorder en de complete structuur van de benodigde download is hieronder weergegeven.

NAAM VAN HET BESTAND: TEFJOBS.DBF

VELD	VELDNAAM	TYPE	BREEDTE	DEC	OPMERKING
1	P_I_KODE	TEKEN	16		P&I-NUMMER
2	OMSCHR	TEKEN	30		P&I OMSCHRIJVING
3	DEELFABR	TEKEN	4		DEELFABRIEK
4	PLAATS	TEKEN	7		PLAATS
5	BUDGETPOST	TEKEN	10		BUDGETPOST
6	HWO_DWO	TEKEN	10		HWO/DWO NUMMER
7	WO_OMS	TEKEN	30		WO OMSCHRIJVING
8	OPDR_SRT	TEKEN	2		OPDRACHTSOORT
9	AANNEMER	TEKEN	8		AANNEMER
10	FASE	TEKEN	2		FASE
11	KOSTEN_EL	NUMERIEK	16	2	KOSTEN EIGEN LOON
12	KOSTEN_DM	NUMERIEK	16	2	KOSTEN DIRECT MAT.
13	KOSTEN_STOR	NUMERIEK	16	2	KOSTEN ART.NR. MAT.
14	KOSTEN_SPEC	NUMERIEK	16	2	KOSTEN
15	KOSTEN_OVER	NUMERIEK	16	2	KOSTEN OVERIGE
16	UITDATUM	DATUM	8		UITDATUM WERKORDER
17	KLAARDATUM	DATUM	8		KLAARDATUM WERKORDER
18	URGENTIE	TEKEN	2		URGENTIE
19	OBJ_TYPE	TEKEN	4		OBJECTTYPE

Bij het maken van een nieuwe download is het wezenlijk dat de structuur en/de naamgeving van de verschillende velden zoals weergegeven niet veranderd. Bij elke nieuwe download moet men verder nog aangegeven:

- tot welke fabrieken deze zich moet beperken
- vanaf welke datum men de gegevens wil hebben

Elke keer nadat een nieuwe download is aangemaakt moet deze geïnstalleerd worden op de harde schijf van een PC. Vervolgens kan men de gegevens m.b.v. een dBASE pakket verwerken. Om de gewenste rapportages te kunnen genereren heb ik in dBASE een programma geschreven, waarmee men de volgende mogelijkheden heeft:

- 1) Selectie op kosten per budgetpost/P&I/HWO en/of aantallen HWO's per P&I.
- 2) Selectie op kosten en/of aantallen HWO's per P&I.
- 3) Deelselectie per DWO (op datum, P&I, plaatst, urg., etc.).

Elk van deze opties zullen we hieronder nu nader toelichten.

### **optie 1)**

Met deze optie kan men selecteren op:

- a) Totale kosten. Men kan hier een keuze maken tussen:
  - totale kosten per HWO
  - totale kosten per P&I
  - totale kosten per Budgetpost
- b) Aantal HWO's per P&I
- c) Totale kosten per P&I + Aantal HWO's per P&I

Vervolgens kan men aangeven of men bij de uitvoer totalen per budgetpost en/of P&I en/of HWO wilt zien. Hierbij bestaat de uitvoer uit alle (deel)werkorders die voldoen aan de gewenste criteria. Per deelwerkorder worden bij de uitvoer de volgende gegevens getoond:

- P&I-nummer
- P&I omschrijving
- Plaats
- HWO/DWO nummer
- HWO/DWO omschrijving
- Opdrachtsoort
- Urgentie
- Uitdatum werkorder
- Totaal gerealiseerde kosten

### **optie 2)**

Met deze optie kan men selecteren op:

- Totale kosten per P&I
- Aantal HWO's per P&I
- Totale kosten per P&I + Aantal HWO's per P&I

Zoals we zien hebben we voor een groot gedeelte dezelfde selectiemogelijkheden als bij optie 1. Het grote verschil met optie 1 zit hier in de uitvoer van gegevens.

De volgende gegevens die aan de opgegeven voorwaarden voldoen, worden per P&I-nummer weergegeven:

- het P&I-nummer
- omschrijving P&I
- de totale kosten per P&I
- het aantal HWO's per P&I

### **optie 3)**

Met optie 3 kan men voor elke DWO een aantal criteria opgeven waaraan bij de selectie volgens optie 1 of 2 voldaan moet worden. Per DWO heeft men de volgende mogelijkheden:

- aangeven van een (gedeelte) van de P&I-nummer
- aangeven van een onder- en bovengrens voor de:
  - \* budgetpost
  - \* uitdatum
  - \* klaardatum
- verder kan aangeven worden:
  - \* het objecttype
  - \* de deelfabriek
  - \* de plaats
  - \* de aannemer
  - \* de opdrachtsoort
  - \* de urgentie

Op deze en de volgende pagina's is een listing van het programma weergegeven. De opbouw van het programma is hierbij als volgt:

- voorb.prg = Een hulpprogramma dat de download gereed maakt voor verwerking door het hoofdprogramma. Dit programma moet elk keer nadat een nieuwe download op de PC is overgebracht eenmalig opgestart worden. Hierbij moet tevens een veld toegevoegd worden dat de volgende kenmerken heeft:
  - naam v/h veld is KOST\_TOT
  - het veld is NUMERIEK
  - het veld heeft 18 CIJFERS
  - het veld heeft 2 DECIMALEN
- hoofd.prg = Het hoofdprogramma waarin de keuze tussen de verschillende opties gemaakt wordt.
- pr1.prg = Deelprogramma voor optie 1 v/h hoofdprogramma.
- pr2.prg = Deelprogramma voor optie 2 v/h hoofdprogramma.
- pr3.prg = Deelprogramma voor optie 3 v/h hoofdprogramma.
- criter.prg = Deelprogramma voor het weergeven van de verschillende selectiecriteria op DWO-niveau.
- initvar.prg = Deelprogramma voor het initialiseren van de selectiecriteria op DWO-niveau.

**\* Deelprogramma VOORB voor het voorbereiden van de database**

```
USE C:\download\tefjobs
MODIFY STRUCTURE
REPLACE ALL kost_tot WITH kost_el + kost_dm + kost_stor +
kost_spec + kost_over
INDEX ON p_i_kode + hwo_dwo TO c:\download\indpi
INDEX ON budgetpost + p_i_kode + hwo_dwo TO
c:\download\indbudg
CLOSE ALL
```

**\* Hoofdprogramma.**

**\* Initialisatie.**

```
CLEAR
SET BELL OFF
SET TALK OFF
SET DEVICE TO SCREEN
PUBLIC bevatpi
PUBLIC otype
PUBLIC ogrensbud
PUBLIC bgrensbud
PUBLIC o_uitdat
PUBLIC b_uitdat
PUBLIC oklaardat
PUBLIC bklaardat
PUBLIC deelfabriek
```

```
PUBLIC plek
PUBLIC aann
PUBLIC opdracht
PUBLIC urgen
```

```
PUBLIC pi
PUBLIC type
PUBLIC bud
PUBLIC uitdat
PUBLIC klaardat
PUBLIC fabr
PUBLIC plts
PUBLIC aan
PUBLIC opdr
PUBLIC ur
DO a:\initvar
```

\* Keuze van deel programma

```
DO WHILE .T.
  STORE 1 TO keuze
  @ 1,5 TO 11,72 DOUBLE
  @ 3,10 SAY '1 = SELECTIE OP KOSTEN PER BUDGETPOST/P&I/HWO
            EN/OF'
  @ 4,10 SAY '  AANTALLEN HWO-S PER P&I'
  @ 5,10 SAY '2 = SELECTIE OP KOSTEN EN/OF AANTALLEN HWO-S PER P&I'
  @ 6,10 SAY '3 = DEELSELECTIE PER DWO (OP DATUM, P&I, PLAATS, URG.,
            ETC.)'
  @ 7,10 SAY '4 = EINDE'
  @ 9,10 SAY 'MAAK UW KEUZE'
  @ 9,25 GET keuze PICTURE '9'
  READ
  DO CASE
    CASE keuze = 1
      DO A:\PR1
    CASE keuze = 2
      DO A:\PR2
    CASE keuze = 3
      DO A:\PR3
    CASE keuze = 4
      EXIT
  ENDCASE
ENDDO WHILE .T.
```

\* Programma PR1 (keuze 1 in het hoofdmenu).

\* Initialisatie.

```
CLEAR
SET TALK OFF
PUBLIC hwo
STORE .T. TO help
STORE 'HWO' TO hulpvar
STORE 0 TO ttotalkost
STORE 0 TO hwkost
```

```

STORE 0 TO pikost
STORE 0 TO budkost
STORE .F. TO budg
STORE .F. TO pandi
STORE .F. TO regover
STORE ' ' TO antw
STORE ' ' TO antw1
STORE 2 TO tregel
STORE 0000000000.00 TO ogrenskost
STORE 0000000000.00 TO bgrenskost
STORE 0000 TO ogrensaant
STORE 0000 TO bgrensaant
STORE ' ' TO ttbudg
STORE ' ' TO ttpi
STORE ' ' TO tthwo
STORE ' ' TO prnt
STORE 2 TO const

```

\* Vragen naar de selectiecriteria en de grenzen v/d selectiecriteria.

```

DO WHILE .NOT. antw1 $'KAB'
  STORE ' ' TO antw1
  @ 1,0 SAY 'SELECTEREN OP KOSTEN/# HWO-S PER P&I/BEIDE (K/A/B): '
  GET antw1 PICTURE '!'
  READ
ENDDO WHILE .NOT. antw1 $'KAB'
IF antw1='K'
  DO WHILE .NOT. antw $'BPH'
    STORE ' ' TO antw
    @ tregel,0 SAY 'SELECTEREN OP TOTALEN PER BUDGETPOST
/P&I-KODE/HWO (B/P/H): ' GET antw PICTURE '!'
    READ
  ENDDO WHILE .NOT. antw $'BPH'
  @ tregel+1,0 SAY 'KOSTEN GROTER DAN: ' GET ogrenskost
  @ tregel+2,0 SAY 'KOSTEN KLEINER DAN: ' GET bgrenskost
  STORE tregel+3 TO tregel
ENDIF
IF antw1='A'.OR.antw1='B'
  @ tregel,0 SAY 'AANTAL HWO-S PER P&I GROTER DAN: ' GET ogrensaant
  @ tregel+1,0 SAY 'AANTAL HWO-S PER P&I KLEINER DAN:'GET bgrensaant
  STORE tregel+2 TO tregel
ENDIF
IF antw1='B'
  @ tregel,0 SAY 'KOSTEN PER P&I GROTER DAN: ' GET ogrenskost
  @ tregel+1,0 SAY 'KOSTEN PER P&I KLEINER DAN: 'GET bgrenskost
  STORE tregel+2 TO tregel
ENDIF
READ
STORE tregel+1 TO tregel

```

\* Aangegeven welke totalen men bij de uitvoer wilt zien.

```

@ tregel,0 SAY 'TOTALEN PER BUDGETPOST (Y/N): 'GET ttbudg PICTURE 'Y'
@ tregel+1,0 SAY 'TOTALEN PER P&I (Y/N): 'GET ttpi PICTURE 'Y'
@ tregel+2,0 SAY 'TOTALEN PER HWO/DWO (Y/N): 'GET tthwo PICTURE 'Y'
READ

```

\* Bepalen of gegevens naar de printer of naar het scherm moeten gaan.

```
@ tregel+4,0 SAY 'UITVOER NAAR DE PRINTER (Y/N):' GET prnt PICTURE
'Y' READ
STORE 19 TO reg
IF prnt='Y'
    SET DEVICE TO PRINT
    STORE 65 TO reg
    STORE 1 TO const
ENDIF
CLEAR
```

\* Verdere initialisatie aan de hand van opgegeven criteria.

```
DO CASE
    CASE antw='B'
        STORE .T. to budg
        STORE 'BUDGETPOST' TO hulpvar
    CASE antw='P'.OR. antw1='B'.OR. antw1='A'
        STORE .T. to pandi
        STORE 'P&I' TO hulpvar
ENDCASE
DO CASE
    CASE antw='B'.OR. ttbudg='Y'
        USE C:\DOWNLOAD\TEFJOBS INDEX C:\DOWNLOAD\INDBUDG
    OTHERWISE
        USE C:\DOWNLOAD\TEFJOBS INDEX C:\DOWNLOAD\INDPI
ENDCASE
```

\* Weergeven van de verschillende selectiecriteria

```
DO A:\CRITER
IF antw1<>'K'
    @ bijh,0 SAY 'AANTAL HWO-S PER P&I GROTER DAN: '+STR(ogrensaant)
    @ bijh+1,0 SAY 'AANTAL HWO-S PER P&I KLEINER DAN: '+STR(bgrensaant)
    STORE bijh+2 TO bijh
ENDIF
IF antw1<>'A'
    @ bijh,0 SAY 'KOSTEN PER '+hulpvar+' GROTER DAN: '+STR(ogrenskost)
    @ bijh+1,0 SAY 'KOSTEN PER '+hulpvar+' KLEINER DAN: '+STR(bgrenskost)
    STORE bijh+2 TO bijh
ENDIF
```

\* Initialisatie voor de startpositie van de uitvoer

```
STORE 100 TO tregel
STORE 0 TO tpositie
STORE 0 TO paginanr
```

\* Procedure die het bestand 2 keer naloopt.  
\* De eerste keer wordt gekeken of aan de gewenste criteria wordt  
\* voldaan. De tweede keer worden de verschillende werkorders (indien  
\* aan de criteria voldaan wordt) afgedrukt.

```
GO TOP
DO WHILE .NOT. EOF()
```



```

STORE RECNO() TO gehnum1
DO CASE
  CASE budg
    STORE budgetpost TO kode
    STORE budgetpost TO kodebest
  CASE pandi
    STORE p_i_kode TO kode
    STORE p_i_kode TO kodebest
  OTHERWISE
    STORE SUBSTR(hwo_dwo,1,6) TO kode
    STORE SUBSTR(hwo_dwo,1,6) TO kodebest
ENDCASE
STORE 0 TO tkost
STORE 0 TO aantal
STORE '*****' TO hwonum
DO WHILE kodebest=kode .AND. (.NOT. EOF())
  DO CASE
    CASE pi .and. (.not.(bevatpi$p_i_KODE))
      SKIP
    CASE type .and. (.not.(otype=obj_type))
      SKIP
    CASE bud .and. (budgetpost<ogrensbud .or. budgetpost>bgrensbud)
      SKIP
    CASE uitdat .and. (uitdatum<o_uitdat .or. uitdatum>b_uitdat)
      SKIP
    CASE klaardat .and. (klaardatum<oklaardat .or. klaardatum>
      bklaardat)
      SKIP
    CASE fabr .and. (.not.(deelfabriek=deelfabr))
      SKIP
    CASE plts .and. (.not.(plek=plaats))
      SKIP
    CASE aan .and. (.not.(aann=aannemer))
      SKIP
    CASE opdr .and. (.not.(opdracht=opdr_srt))
      SKIP
    CASE ur .and. (.not.(urgen=urgentie))
      SKIP
    OTHERWISE
      IF (.not. pandi) .or. p_i_kode >'1'
        STORE tkost+kost_tot TO tkost
        IF SUBSTR(hwo_dwo,1,6) <> hwonum
          STORE aantal+1 TO aantal
          STORE SUBSTR(hwo_dwo,1,6) TO hwonum
        ENDIF
      ENDIF
    SKIP
  ENDCASE
DO CASE
  CASE budg
    STORE budgetpost TO kodebest
  CASE pandi
    STORE p_i_kode TO kodebest
  OTHERWISE
    STORE SUBSTR(hwo_dwo,1,6) TO kodebest
ENDCASE

```

```

ENDDO WHILE kodebest=kode .AND. (.NOT. EOF())
STORE RECNO() to gehnum2

```

\* Indien aan de voorwaarden voldaan wordt dan worden de verschil-  
\* lende werkorders afgedrukt. Hiervoor is het noodzakelijk dat het  
\* bestand een tweede keer wordt doorlopen.

```

IF((tkost>ogrenskost.AND.tkost<bgrenskost).OR.antw1='A').AND.((aantal
>ogrensaant.AND.aantal<bgrensaant).OR.antw1='K')
GO gehnum1
DO while RECNO()<>gehnum2

```

\* "If lus" die er voor zorgt dat het juiste aantal regels op  
\* een pagina komt en elke nieuwe pagina voorziet van een kop.

```

IF tregel>reg
  IF prnt<>'Y'
    CLEAR
  ENDIF
  STORE bijh+2 TO tregel
  STORE paginanr+1 TO paginanr
  @ tregel,tpositie SAY 'P&I-KODE                P&I OMSCHRIJVING
                        PLAATS  HWO/DWO        WO OMSCHRIJVING
                        OS UR  UITDATUM        KOSTEN'
  STORE tregel+1+const TO tregel
  STORE 0 TO bijh

```

```

ENDIF
DO CASE
CASE pi .and. (.not.(bevatpi$p_i_KODE))
  SKIP
CASE type .and. (.not.(otype=obj_type))
  SKIP
CASE bud.and.(budgetpost<ogrensbud.or.budgetpost>bgrensbud)
  SKIP
CASE uitdat.and.(uitdatum<o_uitdat .or. uitdatum>b_uitdat)
  SKIP
CASE klaardat .and. (klaardatum<oklaardat .or. klaardatum>
                    bklaardat)
  SKIP
CASE fabr .and. (.not.(deelfabriek=deelfabr))
  SKIP
CASE plts .and. (.not.(plek=plaats))
  SKIP
CASE aan .and. (.not.(aann=aannemer))
  SKIP
CASE opdr .and. (.not.(opdracht=opdr_srt))
  SKIP
CASE ur .and. (.not.(urgen=urgentie))
  SKIP
OTHERWISE

```

\* Verschillende "if lussen" die er voor zorgen dat  
\* steeds per DWO en/of HWO en/of per P&I en/of per  
\* budgetpost de juiste (totale) kosten worden  
\* weergegeven.

```

IF help
  STORE budgetpost TO post
  STORE p_i_kode TO pkode
  STORE SUBSTR(hwo_dwo,1,6) TO xxhwo
  STORE .F. TO help
ENDIF
IF tthwo='Y' .and. (SUBSTR(hwo_dwo,1,6)<>xxhwo)
  @ tregel,tpositie SAY 'totaal per werkorder '
  +STR(hwkost)

  STORE 0 TO hwkost
  STORE tregel+1 TO tregel
  STORE SUBSTR(hwo_dwo,1,6) TO xxhwo
ENDIF
IF ttpi='Y' .and. (p_i_kode<>pkode)
  IF pkode>'1'
    @ tregel,tpositie SAY 'totaal per P&I-kode '
    +STR(pikost)

    STORE tregel+1 TO tregel
    STORE .T. TO regover
  ENDIF
  STORE 0 TO pikost
  STORE p_i_kode TO pkode
ENDIF
IF ttbudg='Y' .and. (budgetpost<>post)
  @ tregel,tpositie SAY 'totaal budgetpost '+post+'
  +STR(budkost)

  STORE .T. TO regover
  STORE 0 TO budkost
  STORE tregel+1 TO tregel
  STORE budgetpost TO post
ENDIF
IF regover
  STORE tregel+1 TO tregel
  STORE .F. TO regover
ENDIF
IF .not. pandi .or. p_i_kode>'1'
  STORE hwkost+kost_tot TO hwkost
  STORE pikost+kost_tot TO pikost
  STORE budkost+kost_tot TO budkost
  STORE ttotalkost+kost_tot TO ttotalkost
  @ tregel,tpositie SAY p_i_kode+' '+omschr+'
  '+plaats+' '+hwo_dwo+' '+wo_oms+' '+opdr_srt+'
  '+urgentie+' '+DTC(uitdatum)+' '+STR(kost_tot)
  STORE tregel+const TO tregel
ENDIF
SKIP
ENDCASE
ENDDO WHILE RECNO()<>gehnum2
ENDIF
ENDDO WHILE .NOT. EOF()

```

\* Door de volgende "if lussen" worden de laatste totalen weergegeven.

```

IF ttotalkost>0
  IF tthwo='Y'

```

```

    @ tregel,tpositie SAY 'totaal per werkorder '+STR(hwkost)
    STORE tregel+1 TO tregel
ENDIF
IF ttpi='Y'.AND. pkode>'1'
    @ tregel,tpositie SAY 'totaal per P&I-kode '+STR(pikost)
    STORE tregel+1 TO tregel
ENDIF
IF ttbudg='Y'
    @ tregel,tpositie SAY'totaal budgetpost '+post+' '+STR(budkost)
    STORE tregel+2 TO tregel
ENDIF
@ tregel,tpositie SAY 'TOTAAL VAN ALLES IS: '+STR(tttotalkost)
ENDIF

```

\* Hieronder volgt de juiste afsluiting van dit deelprogramma

```

IF prnt='Y'
    EJECT
    SET DEVICE TO SCREEN
ENDIF
CLOSE ALL
DO A:\INITVAR
CLEAR
RETURN

```

\* Programma PR2 (keuze 2 in het hoofdmenu).

\* Initialisatie.

```

CLEAR
SET TALK OFF
USE C:\DOWNLOAD\TEFJOBS INDEX C:\DOWNLOAD\INDPI
STORE 0 TO totalkost
STORE 2 TO tregel
STORE 000000000.00 TO ogrenskost
STORE 000000000.00 TO bgrenskost
STORE 0000 TO ogrensaant
STORE 0000 TO bgrensaant
STORE ' ' TO prnt
STORE ' ' TO ant

```

\* Vragen naar de selectie criteria en de grenzen v/d selectie  
\* criteria.

```

DO WHILE .NOT. ant $'APB'
    STORE ' ' TO ant
    @ 1,0 SAY 'SELECTEREN OP AANTALLEN HWO-S/P&I KOSTEN/BEIDE A/P/B'
        GET ant PICTURE '!'
    READ
ENDDO WHILE .NOT. ant $'APB'
IF ant='P' .OR. ant='B'
    @ tregel,0 SAY 'KOSTEN PER P&I GROTER DAN: ' GET ogrenskost
    @ tregel+1,0 SAY 'KOSTEN PER P&I LAGER DAN: ' GET bgrenskost
    READ
    STORE tregel+2 TO tregel

```

```

ENDIF
IF ant='A' .OR. ant='B'
  @ tregel,0 SAY 'AANTAL HWO-S PER P&I GROTER DAN: ' GET oghrensaant
  @ tregel+1,0 SAY 'AANTAL HWO-S PER P&I KLEINER DAN:'GET bghrensaant
  READ
  STORE tregel+3 TO tregel
ENDIF

```

\* Bepalen of gegevens naar de printer of naar het scherm moeten gaan.

```

@ tregel,0 SAY 'UITVOER NAAR DE PRINTER (Y/N) ' GET prnt PICTURE 'Y'
READ
STORE 20 TO reg
IF prnt='Y'
  SET DEVICE TO PRINT
  STORE 60 TO reg
ENDIF
CLEAR

```

\* Weergeven van de verschillende selectiecriteria.

```

DO A:\CRITER
IF ant='P' .OR. ant='B'
  @ BIJH+1,0 SAY 'KOSTEN PER P&I ZIJN GROTER DAN: '+STR(ogrenskost)
  @ BIJH+2,0 SAY 'KOSTEN PER P&I ZIJN LAGER DAN: '+STR(bghrenskost)
  STORE bijh+3 TO bijh
ENDIF

```

```

IF ant='A' .OR. ant='B'
  @ BIJH,0 SAY 'AANTAL HWO-S PER P&I GROTER DAN: '+STR(ogghrensaant)
  @ BIJH+1,0 SAY 'AANTAL HWO-S PER P&I KLEINER DAN:'+STR(bghghrensaant)
  STORE bijh+4 TO bijh
ENDIF

```

\* Initialisatie voor de startpositie van de uitvoer.

```

STORE 100 TO tregel
STORE 5 TO tpositie
STORE 0 TO paginanr

```

\* Procedure die het bestand de naloopt en bekijkt of aan de  
\* gewenste voorwaarden wordt voldaan. Indien een object aan de  
\* voorwaarden voldoet dan wordt dit vervolgens afgedrukt.

```

GO TOP
DO WHILE .NOT. EOF()
  STORE p_i_kode TO pkode
  STORE omschr TO pomsch
  STORE 0 TO tkost
  STORE 0 TO aantal
  STORE '*****' TO hwonum
  DO WHILE p_i_kode=pkode
    DO CASE
      CASE pi .and. (.not.(bevatpi$p_i_KODE))
        SKIP
      CASE type .and. (.not.(otype=obj_type))

```

```

        SKIP
CASE bud .and. (budgetpost<ogrensbud.or. budgetpost>bgrensbud)
        SKIP
CASE uitdat .and. (uitdatum<o_uitdat .or. uitdatum>b_uitdat)
        SKIP
CASE klaardat .and. (klaardatum<oklaardat .or. klaardatum>
                                bklaardat)
        SKIP
CASE fabr .and. (.not.(deelfabriek=deelfabr))
        SKIP
CASE plts .and. (.not.(plek=plaats))
        SKIP
CASE aan .and. (.not.(aann=aannemer))
        SKIP
CASE opdr .and. (.not.(opdracht=opdr_srt))
        SKIP
CASE ur .and. (.not.(urgen=urgentie))
        SKIP
OTHERWISE
        STORE tkost+kost_tot TO tkost
        IF SUBSTR(hwo_dwo,1,6)<>hwonum
                STORE aantal+1 TO aantal
                STORE SUBSTR(hwo_dwo,1,6) TO hwonum
        ENDIF
        SKIP
ENDCASE
ENDDO WHILE p_i_kode=pkode

* Indien een object aan de voorwaarden voldoet dan wordt het
* vervolgens afgedrukt.

IF((tkost>ogrenskost.AND.tkost<bgrenskost).OR.ant='A').AND.((aantal>
ogrensaant.and.aantal<bgrensaant).OR.ant='P')
        STORE tkost+totalkost TO totalkost

* "If lus" die er voor zorgt dat het juiste aantal regels op een
* pagina komt en die zorgt voor een kop boven de pagina.

IF tregel>reg
        IF prnt<>'Y'
                CLEAR
        ENDIF
        STORE 1+bijh TO tregel
        STORE paginanr+1 TO paginanr
        @ tregel,tpositie SAY 'P&I-KODE                P&I OMSCHRIJVING
                                # HWO      KOSTEN'

        STORE tregel+2 TO tregel
        STORE 0 TO bijh
ENDIF
        @ tregel,tpositie SAY pkode+pomsch+str(aantal)+str(tkost)
        STORE tregel+1 TO tregel
ENDIF
ENDDO WHILE .not. eof()

```

\* "If lus" die de totale kosten van alle P&I's die aan de voorwaarden  
\* voldoen afdrukt.



```

IF totalkost>0
  @ tregel+1,tpositie SAY 'TOTALE KOSTEN OVER ALLE P&I-S:  '
                                     +STR(totalkost)
ENDIF

```

\* Hieronder volgt de juiste afsluiting van dit deelprogramma.

```

IF prnt='Y'
  SET DEVICE TO SCREEN
  EJECT
ENDIF
CLOSE ALL
DO A:\INITVAR
CLEAR
RETURN

```

\* Programma PR3 (keuze 3 in het hoofdmenu).

\* Initialisatie.

```

CLEAR
SET TALK OFF
STORE 1 TO reg1
DO A:\INITVAR
STORE ' ' TO antw1
STORE ' ' TO antw2
STORE ' ' TO antw3
STORE ' ' TO antw4
STORE ' ' TO antw5
STORE ' ' TO antw6
STORE ' ' TO antw7
STORE ' ' TO antw8
STORE ' ' TO antw9
STORE ' ' TO antw10

```

\* Keuze van de verschillende deelselectie gebieden.

```

@ 1,0 SAY 'SELECTIE OP P&I (Y/N): ' GET antw1 PICTURE 'Y'
@ 2,0 SAY 'SELECTIE OP OBJECTTYPE (Y/N): ' GET antw2 PICTURE 'Y'
@ 3,0 SAY 'SELECTIE OP BUDGETPOST (Y/N): ' GET antw3 PICTURE 'Y'
@ 4,0 SAY 'SELECTIE OP UITDATUM (Y/N): ' GET antw4 PICTURE 'Y'
@ 5,0 SAY 'SELECTIE OP KLAARDATUM (Y/N): ' GET antw5 PICTURE 'Y'
@ 6,0 SAY 'SELECTIE OP DEELFABRIEK (Y/N): ' GET antw6 PICTURE 'Y'
@ 7,0 SAY 'SELECTIE OP PLAATS (Y/N): ' GET antw7 PICTURE 'Y'
@ 8,0 SAY 'SELECTIE OP AANNEMER (Y/N): ' GET antw8 PICTURE 'Y'
@ 9,0 SAY 'SELECTIE OP OPDRACHTSOORT (Y/N): ' GET antw9 PICTURE 'Y'
@ 10,0 SAY 'SELECTIE OP URGENTIE (Y/N): ' GET antw10 PICTURE 'Y'
READ

```

\* Ingeven van de gewenste selectiecriteria.

```

CLEAR
IF antw1='Y'
  STORE .T. TO pi

```

```

ACCEPT 'GEEF (DEEL VAN) P&I-NUMMER: ' TO bevatpi
STORE regl+1 TO regl
ENDIF
IF antw2='Y'
STORE .T. TO type
@ regl,0 SAY 'GEEF OBJECTTYPE:           ' GET otype
READ
STORE regl+1 TO regl
ENDIF
IF antw3='Y'
STORE .T. TO bud
@ regl,0 SAY 'ONDERGRENS BUDGETPOST:     ' GET ogrensbud
@ regl+1,0 SAY 'BOVENGRENS BUDGETPOST:      ' GET bgrensbud
READ
STORE regl+2 TO regl
ENDIF
IF antw4='Y'
STORE .T. TO uitdat
@ regl,0 SAY 'GEEF VROEGSTE UITDATUM:       ' GET o_uitdat
@ regl+1,0 SAY 'GEEF UITERSTE UITDATUM:      ' GET b_uitdat
READ
STORE regl+2 TO regl
ENDIF
IF antw5='Y'
STORE .T. TO klaardat
@ regl,0 SAY 'GEEF VROEGSTE KLAARDATUM:     ' GET oklaardat
@ regl+1,0 SAY 'GEEF UITERSTE KLAARDATUM:    ' GET bklaardat
READ
STORE regl+2 TO regl
ENDIF
IF antw6='Y'
STORE .T. TO fabr
@ regl,0 SAY 'GEEF DEELFABRIEK:           ' GET deelfabriek
READ
STORE regl+1 TO regl
ENDIF
IF antw7='Y'
STORE .T. TO plats
@ regl,0 SAY 'GEEF PLAATS:                   ' GET plek
READ
STORE regl+1 TO regl
ENDIF
IF antw8='Y'
STORE .T. TO aan
@ regl,0 SAY 'GEEF AANNEMER:                 ' GET aann
READ
STORE regl+1 TO regl
ENDIF
IF antw9='Y'
STORE .T. TO opdr
@ regl,0 SAY 'GEEF OPDRACHTSOORT:          ' GET opdracht
READ
STORE regl+1 TO regl
ENDIF
IF antw10='Y'
STORE .T. TO ur

```

```

    @ regl,0 SAY 'GEEF URGENTIE:          ' GET urgen
    READ
ENDIF
CLEAR
RETURN

```

**\* Deelprogramma CRITER voor het afdrukken van de gekozen  
\* selectiecriteria.**

```

PUBLIC bijh
@ 1,0 SAY 'PER DWO GESELECTEERD OP: '
STORE 3 TO bijh
IF pi
    @ bijh,0 SAY 'P&I BEVAT:          '+bevatpi
    STORE bijh+1 TO bijh
ENDIF
IF type
    @ bijh,0 SAY 'OBJECTTYPE BEVAT:   '+otype
    STORE bijh+1 TO bijh
ENDIF
IF bud
    @ bijh,0 SAY 'ONDERGRENS BUDGETPOST: '+ogrensbud
    @ bijh+1,0 SAY 'BOVENGRENS BUDGETPOST: '+bgrensbud
    STORE bijh+2 TO bijh
ENDIF
IF uitdat
    @ bijh,0 SAY 'ONDERGRENS UITDATUM:    '+DTCOC(o_uitdat)
    @ bijh+1,0 SAY 'BOVENGRENS UITDATUM:    '+DTCOC(b_uitdat)
    STORE bijh+2 TO bijh
ENDIF
IF klaardat
    @ bijh,0 SAY 'ONDERGRENS KLAARDATUM:   '+DTCOC(oklaardat)
    @ bijh+1,0 SAY 'BOVENGRENS KLAARDATUM:   '+DTCOC(bklaardat)
    STORE bijh+2 TO bijh
ENDIF
IF fabr
    @ bijh,0 SAY 'DEELFABRIEK IS:          '+deelfabriek
    STORE bijh+1 TO bijh
ENDIF
IF plts
    @ bijh,0 SAY 'PLAATS IS:                '+plek
    STORE bijh+1 TO bijh
ENDIF
IF aan
    @ bijh,0 SAY 'AANNEMER IS:              '+aann
    STORE bijh+1 TO bijh
ENDIF
IF opdr
    @ bijh,0 SAY 'OPDRACHTSOORT IS:         '+opdracht
    STORE bijh+1 TO bijh
ENDIF
IF ur
    @ bijh,0 SAY 'URGENTIE IS:              '+urgen
    STORE bijh+1 TO bijh
ENDIF

```

```
IF bijh=3
  @ 1,40 SAY ' NIKS'
  STORE 2 TO bijh
ENDIF
STORE bijh+1 TO bijh
RETURN
```

**\* Deelprogramma INITVAR voor het initialiseren van variabelen.**

```
STORE ' ' TO bevatpi
otype = SPACE(4)
ogrensbud = SPACE(10)
bgrensbud = SPACE(10)
o_uitdat = CTOD(' - - ')
b_uitdat = CTOD(' - - ')
oklaardat = CTOD(' - - ')
bklaardat = CTOD(' - - ')
deelfabriek = SPACE(4)
plek = SPACE(7)
aann = SPACE(8)
opdracht = SPACE(2)
urgen = SPACE(2)
STORE .F. TO pi
STORE .F. TO type
STORE .F. TO bud
STORE .F. TO uitdat
STORE .F. TO klaardat
STORE .F. TO fabr
STORE .F. TO plts
STORE .F. TO aan
STORE .F. TO opdr
STORE .F. TO ur
RETURN
```

**BIJLAGE 4: Verslaglegging van produktiedervingsgegevens**

Voorbeeld van produktiedervingsgegevens in een technisch maandverslag.

STRAAT: 4		PRODUKTIE UITVAL.		MAAND: JULI '91	
ALGEMENE UITVAL:				TOT. TON	
WACHTTIJD REACTOREN LEEG.				197.4	
CYCLUSTIJD Overschrijding.				21.9	
SPUITEN REACTOREN.				0.0	
TOTAAL TONNEN ALGEMEEN:				219.3	
UITVAL POLYMERISATIE:				AFD.	TOT. TON
GRADE WISSEL.					9.8
TREKKEN R-Baffle REACTOR 20.				W	13.7
VERVANGEN F-2223				W	2.5
STAGNATIE S-40 DOSERING.				P	1.8
VERVANGEN MVC-TELLENDE METER.				I	9.6
OVERGANG NAAR KP-08.				P	6.1
VERVANGEN VERDEELWALS.				W	23.2
VERVANGEN PERSAFSLUITER SLURRYPOMP.				W	8.0
SLURRYLEIDING UITGEZAKT.				P	1.3
WERKZAAMHEDEN VERREUSELDRUM.				P	0.2
TOTAAL TONNEN POLYMERISATIE:					76.2
UITVAL DROGING:				AFD.	TOT. TON
GRADE WISSEL.					82.6
VERDEELWALS UITGEVALLEN.				E	2.2
CYCLONEN VERSTOPT.				P	13.9
KONTROLE ZEEF				P	0.5
GEEN LEGE BUNKER.				D	13.3
AFVOER FLUIDBED VERSTOPT.				P	58.3
VERVANGEN VERDEELWALS.				W	30.6
HLS BUNKER				P	1.7
VERVANGEN ZEVEN.				P	3.9
VUILDELEN.				P	31.0
VERVANGEN V-SNAREN koude LUCHT.				W	9.5
AFVOER ZEEF VERSTOPT.				P	1.5
TOTAAL TONNEN DROGING:					249.0

## BIJLAGE 5: Bepaling van de storingsgrootheden

We kunnen de volgende 3 storingsgrootheden van een elementaire storing onderscheiden:

- 1) Het storingsgedrag
- 2) De storingvoorspellende grootheid
- 3) De storingsconsequenties

### **ad 1) Het storingsgedrag**

Het storingsgedrag van een elementaire storing bestaat uit de volgende onderdelen:

- storingsgraad
- verwachte levensduur (+ e.v.t overlevingskarakteristiek)
- variantie van de levensduur

In principe is dit allemaal te berekenen. Hiervoor is het echter noodzakelijk dat de men beschikking heeft over een aantal in de praktijk gerealiseerde levensduren van het onderdeel waaraan de storing is gekoppeld. Afhankelijk van het soort storing en de storingsoorzaak die men beschouwt is een levensduur wel of niet gecensureerd. Indien deze levensduren met een Weibulverdeling beschreven kunnen worden, dan kan men m.b.v. de methode van Nelson [1] de parameters van deze verdeling vaststellen. De verwachte levensduur, de variantie van de levensduur, het verloop van de storingsgraad en de overlevingskarakteristiek zijn hiermee dan te bepalen. Door mij is de methode van Nelson in een spreadsheet ondergebracht zodat deze verschillende gegevens eenvoudig te bepalen zijn (zie voorbeeld 1 op de volgende pagina).

Zijn er geen of nauwelijks historische gegevens bekend of is de methode van Nelson niet toepasbaar dan zal men voor de storingsgraad en verwachte levensduur een schatting moeten maken. Veel onderling overleg tussen de onderhoudsmonteurs, ME'rs en produktie medewerkers is dan noodzakelijk.

#### **Opmerking:**

De tijdsduur tussen twee storingsdata mag alleen als levensduur voor een bepaald onderdeel gezien worden indien het bijbehorende TS continue in bedrijf is geweest. Is dit niet het geval geweest dan zal men deze tijdsduur moeten corrigeren. Een mogelijkheid hiertoe biedt de volgende vergelijking:

$$L = T * \frac{Wprod}{Mprod} * B$$

L = de werkelijke levensduur van het betreffende onderdeel  
T = de tijdsduur die verstreken is tussen twee storingen  
Wprod = de werkelijke produktie output (in tonnen) geleverd in de betreffende periode (op fabrieks-niveau)  
Mprod = de maximaal mogelijke produktie output (bij continue bedrijf) die in de betreffende tijdsduur geleverd kan worden



INVOER:

machine:				
storing:				
onderdeel:				
oorzaak:				
conversiefactor	1			
y=	0			

datum	in/uit	com. ver-	censu-	standtijd
geoorntenis	magazijn	wisseld	reerd	(dagen)
1/1/90		ja		
18/1/90		ja	nee	17
28/1/90				
1/2/90	in			
25/2/90	uit			
28/2/90	in			
2/3/90	uit			
10/3/90	in	ja	nee	25
15/3/90	uit			
27/3/90		ja	ja	12
1/4/90		ja	nee	5
9/4/90		ja	nee	8
28/4/90		ja	ja	19

standtijd	standtijd	censu-	rang	rang	opp	cum opp
(dagen)	(dagen)	reerd	i	i-1	z(g)dg	h(g)
	5	nee	1	6	0.17	0.17
17	8	nee	2	5	0.20	0.37
	12	ja	3	4	0.00	0.37
	17	nee	4	3	0.33	0.70
	19	ja	5	2	0.00	0.70
	25	nee	6	1	1.00	1.70

standtijd	X waarde	Y waarde
(dagen)	log	log
5	1.22	0.70
8	1.56	0.90
17	1.85	1.23
25	2.23	1.40

alfa=	18.37
beta=	1.38
y=	0.00
factor 1	0.92
factor 2	0.71
levensd	16.98
variantie	12.95

g	zw(g)	f(g)	R(g)
5	0.046	0.039	0.847
10	0.060	0.039	0.649
25	0.084	0.018	0.217
50	0.110	0.002	0.019
75	0.128	0.000	0.001
100	0.142	0.000	0.000
125	0.155	0.000	0.000
150	0.166	0.000	0.000
175	0.176	0.000	0.000
200	0.185	0.000	0.000
225	0.193	0.000	0.000
250	0.201	0.000	0.000
275	0.209	0.000	0.000
300	0.216	0.000	0.000
325	0.222	0.000	0.000
350	0.229	0.000	0.000
375	0.235	0.000	0.000
400	0.240	0.000	0.000
425	0.246	0.000	0.000
450	0.251	0.000	0.000
475	0.256	0.000	0.000
500	0.262	0.000	0.000

B = de bezettingsgraad van het betreffende TS bij maximale produktie output

### ad 2) bepalen van een storingvoorspellende grootheid

Vervolgens kan men bekijken of voor de beschouwde storing een storingvoorspellende (SVG) grootheid aanwezig is. De volgende aspecten van een SVG (indien aanwezig) zijn van belang:

- 1) De meetbaarheid. Goed meetbaar wil zeggen:
  - kosten van de meting zijn gering
  - meting is uit te voeren terwijl het betreffende TS in bedrijf is
- 2) De effectiviteit van de SVG. Effectief wil zeggen dat de SVG een goede indicatie van het storingsverloop geeft en dat bovendien een grenswaarde kan aangegeven worden waarbij onderhoudsingrepen geïnitieerd worden.

### ad 3) Bepalen van de storingsconsequenties

Een ander belangrijk punt is het vaststellen van de storingsconsequenties. We kunnen deze in de volgende vier categorieën indelen:

- produktiederving
- kwaliteitsdaling
- veiligheid
- gevolg schade aan
  - \* het milieu
  - \* andere onderdelen van het TS
  - \* andere TS'en

Het is zaak om deze storingsconsequenties tot een minimum te beperken. Hoe ernstig de gevolgen van een bepaalde storing zijn kan men aangeven d.m.v. een weegfactor (zie tabel 1). Voor elke storing bepaalt het totaal van de weegfactoren het normatieve storingsgewicht.

**Tabel 1: De verschillende weegfactoren**

Storingsconsequentie	Weegfactoren		
	0	1	2
Produktiederving	nee	≤0.5 ton	>0.5 ton
Kwaliteitsdaling	nee	redelijk	groot
Veiligheid	nee	redelijk	groot
Gevolg schade	nihil	≤ $\frac{1}{4}$ *Nk	> $\frac{1}{4}$ *NK

Hierin worden de normale onderhoudskosten die nodig zijn om een bepaalde storing te herstellen voorgesteld door Nk.

**BIJLAGE 6: Het initiëren van het onderhoud**

Het initiëren van het onderhoud houdt in het koppelen van een elementaire onderhoudsregel aan de verschillende storings van een technisch systeem. De volgende elementaire onderhoudsregels kan men onderscheiden:

- Storingsafhankelijk onderhoud (SAO)
- Gebruiksduurafhankelijk onderhoud (GAO)
- Toestandsafhankelijk (TAO)

Om een afweging tussen de verschillende EOR's te kunnen maken onderscheiden we aan elke elementaire storing de volgende twee aspecten:

- 1) De mogelijkheid om een bepaalde EOR toe te passen.
- 2) De voorkeur voor een bepaalde EOR.

**ad 1) Bepaling van de mogelijkheid om een bepaalde EOR toe te passen**

We onderscheiden hier de parameters  $S_m$ ,  $G_m$  en  $T_m$  die de volgende waarden kunnen hebben:

- |  |   |
|--|---|
| $S_m, G_m, T_m = \text{goed}$          | Dit betekent dat het toepassen van respectievelijk SAO, GAO, en TAO goed mogelijk is.                         |
| $S_m, G_m, T_m = \text{twijfelachtig}$ | Dit betekent dat de mogelijkheden voor het toepassen van respectievelijk SAO, GAO, en TAO twijfelachtig zijn. |
| $S_m, G_m, T_m = \text{niet}$          | Dit betekent dat het toepassen van respectievelijk SAO, GAO en TAO niet mogelijk is.                          |

- Bepaling van de waarde van parameter  $S_m$   
 Het toepassen van SAO is in alle gevallen goed mogelijk. De parameter  $S_m$  krijgt hierdoor altijd de waarde goed.

- Bepaling van de waarde van parameter  $G_m$   
 GAO is mogelijk indien de storingsgraad stijgt (SSG). Heeft men echter te maken met een grote variantie in de levensduur dan is het gebruik van GAO twijfelachtig.

**Tabel 1: Bepaling van de parameter  $G_m$**

		variantie $\ll \mu$	
		ja	nee
SSG	ja	$G_m = \text{goed}$	$G_m = \text{twijfelachtig}$
	nee	$G_m = \text{niet}$	$G_m = \text{niet}$

(Met een grote variantie wordt bedoeld een variantie die ongeveer net zo groot is als de verwachting van de levensduur.) Is de storingsgraad dalend of constant dan is GAO niet

effectief. De verschillende mogelijkheden voor Gm zijn te bepalen met tabel 1.

- Bepaling van de waarde van parameter Tm

TAO is mogelijk indien men een storingsvoorspellende grootheid heeft. Is deze storingsvoorspellende grootheid echter slecht te meten of geeft deze een slechte indicatie van het storingsverloop, dan is het gebruik van TAO twijfelachtig. Bij het ontbreken van een storingsvoorspellende grootheid is TAO niet mogelijk. Dit resulteert in de volgende mogelijkheden voor Tm (zie tabel 2):

**Tabel 2: Bepaling van de parameter Tm**

		SVG is goed te meten en geeft een goede indicatie v/h storingsverloop	
		ja	nee
SVG	ja	Tm=goed	Tm=twijfelachtig
	nee	Tm=niet	Tm=niet

**ad 2) Bepaling van de voorkeur voor een bepaalde EOR**

Naast de mogelijkheid om een bepaalde EOR te koppelen aan een storing is er in de meeste gevallen ook een voorkeur voor een bepaalde EOR. Om deze voorkeur te kunnen aanduiden gebruiken we de parameters Sv, Gv, en Tv die de volgende waarden kunnen hebben:

Sv, Gv of Tv=eerste Dit betekent eerste keus is SAO, GAO of TAO.

Sv, Gv of Tv=tweede Dit betekent tweede keus is SAO, GAO of TAO.

Sv, Gv of Tv=derde Dit betekent derde keus is SAO, GAO of TAO.

Aan de hand van waardering van het normatieve storingsgewicht en tabel 3 kan men voor elke storing de voorkeur bepalen.

**Tabel 3: Bepaling van de parameters Gv, Tv en Sv**

Storingsgewicht van PD+VH $\geq$ 2	NS $\leq$ 1	Voorkeur EOR		
		Gv	Tv	Sv
ja	---	eerste	tweede	derde
nee	nee	tweede	eerste	derde
nee	ja	---	---	eerste

PD = weegfactor produktiederving  
 VH = weegfactor veiligheid  
 NS = normatief storingsgewicht

Bij deze afweging is gebruik gemaakt van de volgende regels:

- 1) Indien het normatieve storingsgewicht kleiner of gelijk aan 1 is dan is de eerste voorkeur SAO.
- 2) Indien het normatieve storingsgewicht van produktiederving en veiligheid samen groter is dan 1 dan wil men onderhoud vermijden in de produktiefase. Het liefst plant men het onderhoud dan in de produktievrije periode (tijdens een "stop"). Dit resulteert in een voorkeur voor GAO.
- 3) In alle andere gevallen is de volgorde van voorkeur TAO, GAO en als laatste SAO.

Aan elke EOR kan men nu voor elke storing de volgende twee parameters koppelen:

- Sm en Sv aan SAO
- Gm en Gv aan GAO
- Tm en Tv aan TAO

Afhankelijk van de waarden van deze parameter-combinaties wordt nu een regel (SAO, TAO of GAO) gekozen. Bij deze keuze wordt gebruik gemaakt van tabel 4 waarmee men voor elke parameter-combinatie het bijbehorende rangnummer kan bepalen. Die regel die het laagste rangnummer heeft wordt vervolgens gekozen.

**Tabel 4: Bepaling van het rangnummer**

parameter-combinatie		rangnummer
goed	eerste	1
goed	tweede	2
twijfelachtig	eerste	3
twijfelachtig	tweede	4
goed	derde	5
andere combinaties		6

Het volgende voorbeeld verduidelijkt deze werkwijze. Stel je hebt voor een bepaalde elementaire storing de parameter-combinaties zoals weergegeven in de volgende tabel.

**Tabel 5: Een voorbeeld van verschillende parameter-combinaties**

EOR	parameter-combinatie	
SAO	Sm=goed	Sv=derde
GAO	Gm=twijfelachtig	Gv=eerste
TAO	Tm=twijfelachtig	Sv=tweede

Volgens tabel 4 betekent dit dat het rangnummer van SAO 5 is, voor GAO 3, en voor TAO 4. Gekozen wordt in dit geval dus voor GAO.

De gehele procedure is ondergebracht in een pascal-programma waarvan de listing en een voorbeeld op de volgende pagina's staat weergegeven.

```
PROGRAM INVOER;
TYPE
  REC1 = RECORD
    STORING1, COMP1, OORZ1:STRING[40];
    NUM1:INTEGER;
    SSG1, SVG1, METEN1, IND1:CHAR;
    VARI1, LEVENS1, NS1, PD1, KD1, VH1, GS1:REAL;
  END;
VAR
  T:INTEGER;
  VERDER:CHAR;
  FIL: REC1;
  INV:FILE OF REC1;

PROCEDURE ANTWOORD(VAR JN:CHAR);
VAR K:INTEGER;
BEGIN
  K:=1;
  WHILE K=1 DO
    BEGIN
      READLN(JN);
      IF (JN='J') OR (JN='N') THEN BEGIN K:=0 END
      ELSE BEGIN WRITE('ANTWOORD J OF N: ') END;
    END;
  END;

PROCEDURE ANTWOORD2(VAR CIJF:REAL);
VAR K,L:INTEGER;
    HULP:STRING;
BEGIN
  K:=1;
  WHILE K=1 DO
    BEGIN
      READLN(HULP);
      VAL(HULP,CIJF,L);
      IF L<>0 THEN BEGIN WRITE('GEEF EEN GETAL:  ') END
      ELSE BEGIN K:=0 END;
    END;
  END;

BEGIN
  ASSIGN(INV,'A:\INVOER');
  REWRITE(INV);
  VERDER:='J';T:=0;
  WHILE VERDER='J' DO
    BEGIN
      T:=T+1;FIL.NUM1:=T;
      WRITELN('GEEF GEGEVENS VAN STORING: ',T);
      WRITE('STORING: ');READLN(FIL.STORING1);
      WRITE('COMPONENT: ');READLN(FIL.COMP1);
      WRITE('OORZAAK: ');READLN(FIL.OORZ1);
```

```

WRITELN;
WRITELN('STORINGSGEDRAG');
WRITE('STIJGENDE STORINGSGRAAD: ');ANTWOORD(FIL.SSG1);
WRITE('VERWACHTING LEVENSDUUR: ');ANTWOORD2(FIL.LEVENSD1);
WRITE('VARIANTIE VAN LEVENSDUUR: ');ANTWOORD2(FIL.VARI1);
WRITELN;
WRITELN('STORINGS VOORSPELLENDE GROOTHEID: ');
WRITE('AANWEZIG: ');ANTWOORD(FIL.SVG1);
WRITE('GOED MEETBAAR: ');ANTWOORD(FIL.METEN1);
WRITE('GEEFT EEN GOEDE INDICATIE: ');ANTWOORD(FIL.IND1);
WRITELN;
WRITELN('WEEGFACTOR STORINGSCONSEQUENTIES');
WRITE('PRODUKTIEDERVING: ');ANTWOORD2(FIL.PD1);
WRITE('KWALITEITS DALING: ');ANTWOORD2(FIL.KD1);
WRITE('VEILIGHEID: ');ANTWOORD2(FIL.VH1);
WRITE('GEVOLGSCHADE: ');ANTWOORD2(FIL.GS1);
WRITELN;
FIL.NS1:=FIL.PD1+FIL.KD1+FIL.VH1+FIL.GS1;
WRITE(INV,FIL);
WRITE('NOG EEN STORING? ');
ANTWOORD(VERDER);
END;
CLOSE(INV);
END.

```

```
PROGRAM VERWERKING;
```

```
TYPE
```

```

VOORKEUR = (EERSTE, TWEEDE, DERDE, NUL);
MOGELIJK = (GOED, TWIJFEL, NIET);
EOR = (SAO, GAO, TAO);
AV = ARRAY[1..5] OF VOORKEUR;
AM = ARRAY[1..5] OF MOGELIJK;
REC = RECORD
    STORING, COMP, OORZ:STRING[40];
    NUM, ST:INTEGER;
    REGEL:EOR;
    SSG, SVG, METEN, IND:CHAR;
    VARI, LEVENSD, NS, PD, KD, VH, GS:REAL;
END;

```

```

REC1 = RECORD
    STORING1, COMP1, OORZ1:STRING[40];
    NUM1:INTEGER;
    SSG1, SVG1, METEN1, IND1:CHAR;
    VARI1, LEVENSD1, NS1, PD1, KD1, VH1, GS1:REAL;
END;

```

```
VAR
```

```

VK :AV;
M :AM;
Sv, Gv, Tv: VOORKEUR;
Sm, Gm, Tm: MOGELIJK;
REGEL: EOR;
ST:INTEGER;
UIT: REC;

```



```
FIL: REC1;
UITV:FILE OF REC;
INV:FILE OF REC1;
```

```
PROCEDURE INITIAL(VAR VK:AV;VAR M:AM;VAR Sm:MOGELIJK);
BEGIN
  M[1]:=GOED; M[2]:=GOED; M[5]:=GOED;
  M[3]:=TWIJFEL; M[4]:=TWIJFEL;
  VK[1]:=EERSTE; VK[3]:=EERSTE;
  VK[2]:=TWEEDE; VK[4]:=TWEEDE;
  VK[5]:=DERDE;
  Sm:=GOED;
END;
```

```
PROCEDURE MOGG(VAR Gm:MOGELIJK; SSG:CHAR; VARI,LEVENSD:REAL);
BEGIN
  IF SSG='J' THEN
    BEGIN
      IF VARI<(0.5*LEVENSD) THEN BEGIN Gm:=GOED END
      ELSE BEGIN Gm:=TWIJFEL END;
    END
  ELSE
    BEGIN
      Gm:=NIET
    END
  END;
```

```
PROCEDURE MOGT(VAR Tm:MOGELIJK; SVG,METEN,IND:CHAR);
BEGIN
  IF SVG='J' THEN
    BEGIN
      IF (METEN='J') AND (IND='J') THEN BEGIN Tm:=GOED END
      ELSE BEGIN Tm:=TWIJFEL END
    END
  ELSE
    BEGIN
      Tm:=NIET
    END;
  END;
```

```
PROCEDURE VOORK(VAR Gv,Tv,Sv:VOORKEUR;NS,PD,VH:REAL);
BEGIN
  Tv:=EERSTE; Gv:=TWEEDE; Sv:=DERDE;
  IF NS<=1.001 THEN BEGIN Sv:=EERSTE; Gv:=NUL; Tv:=NUL END;
  IF PD+VH>=1.999 THEN BEGIN Gv:=EERSTE; Tv:=TWEEDE; Sv:=DERDE
END
END;
```

```
PROCEDURE KEUZE(Gm,Tm,Sm:MOGELIJK; Gv,Tv,Sv:VOORKEUR;
VK:AV;M:AM;VAR REGEL:EOR;VAR ST:INTEGER);
VAR G:INTEGER;
BEGIN
  ST:=0;G:=1;
  WHILE G=1 DO
    BEGIN
```

```

        ST:=ST+1;
        IF (Gm=M[ST]) AND (Gv=VK[ST]) THEN BEGIN REGEL:=GAO;G:=0 END;
        IF (Tm=M[ST]) AND (Tv=VK[ST]) THEN BEGIN REGEL:=TAO;G:=0 END;
        IF (Sm=M[ST]) AND (Sv=VK[ST]) THEN BEGIN REGEL:=SAO;G:=0 END;
    END;
END;
BEGIN
    ASSIGN(UITV, 'A:\UITVOER');
    ASSIGN(INV, 'A:\INVOER');
    REWRITE(UITV);
    RESET(INV);
    WHILE NOT EOF(INV) DO
    BEGIN
        READ(INV, FIL);
        INITIAL(VK, M, Sm);
        MOGG(Gm, FIL.SSG1, FIL.VARI1, FIL.LEVENS1);
        MOGT(Tm, FIL.SVG1, FIL.METEN1, FIL.IND1);
        VOORK(Gv, Tv, Sv, FIL.NS1, FIL.PD1, FIL.VH1);
        KEUZE(Gm, Tm, Sm, Gv, Tv, Sv, VK, M, REGEL, ST);
        UIT.STORING:=FIL.STORING1;
        UIT.COMP:=FIL.COMP1;
        UIT.OORZ:=FIL.OORZ1;
        UIT.NUM:=FIL.NUM1;
        UIT.SSG:=FIL.SSG1;
        UIT.LEVENS1:=FIL.LEVENS1;
        UIT.VARI:=FIL.VARI1;
        UIT.SVG:=FIL.SVG1;
        UIT.METEN:=FIL.METEN1;
        UIT.IND:=FIL.IND1;
        UIT.PD:=FIL.PD1;
        UIT.KD:=FIL.KD1;
        UIT.VH:=FIL.VH1;
        UIT.GS:=FIL.GS1;
        UIT.NS:=FIL.NS1;
        UIT.REGEL:=REGEL;
        UIT.ST:=ST;
        WRITE(UITV, UIT);
    END;
    CLOSE(UITV);
    CLOSE(INV);
END.

```

```
PROGRAM LEESUITVOER;
```

```
TYPE
```

```
    VOORKEUR = (EERSTE, TWEEDE, DERDE, NUL);
```

```
    MOGELIJK = (GOED, TWIJFEL, NIET);
```

```
    EOR = (SAO, GAO, TAO);
```

```
    REC = RECORD
```

```
        STORING, COMP, OORZ:STRING[40];
```

```
        NUM, ST:INTEGER;
```

```
        REGEL:EOUR;
```

```
        SSG, SVG, METEN, IND:CHAR;
```

```
        VARI, LEVENS1, NS, PD, KD, VH, GS:REAL;
```

```
    END;
```

```
VAR
```

```

UIT: REC;
UITV:FILE OF REC;

BEGIN
  ASSIGN(UITV, 'A:\UITVOER');
  RESET(UITV);
  WHILE NOT EOF(UITV) DO
  BEGIN
    READ(UITV,UIT);
    WRITE('NUMMER STORING: ');Writeln(uit.num);
    WRITE('STORING: ');Writeln(uit.storing);
    WRITE('COMPONENT: ');Writeln(uit.comp);
    WRITE('OORZAAK: ');Writeln(uit.oorz);
    Writeln;
    WRITE('STIJGENDE STORINGSGRAAD: ');Writeln(uit.ssg);
    WRITE('VERWACHTING LEVENSDUUR: ');Writeln(uit.levensd);
    WRITE('VARIANTIE LEVENSDUUR: ');Writeln(uit.vari);
    Writeln;
    WRITE('SVG AANWEZIG: ');Writeln(uit.svg);
    WRITE('IS GOED MEETBAAR: ');Writeln(uit.meten);
    WRITE('GEEFT EEN GOEDE INDICATIE: ');Writeln(uit.ind);
    Writeln;
    WRITE('WEEGFACOR PRODUKTIEDERVING: ');Writeln(uit.pd);
    WRITE('WEEGFACOR KWALITEITSDALING: ');Writeln(uit.kd);
    WRITE('WEEGFACOR VEILIGHEID: ');Writeln(uit.vh);
    WRITE('WEEGFACOR GEVOLGSCHADE: ');Writeln(uit.gs);
    WRITE('NORMATIEF STORINGSGEWICHT: ');Writeln(uit.ns);
    Writeln;
    WRITE('GEKOZEN REGELS IS: ');
    IF UIT.REGEL=SAO THEN BEGIN Writeln('SAO') END;
    IF UIT.REGEL=GAO THEN BEGIN Writeln('GAO') END;
    IF UIT.REGEL=TAO THEN BEGIN Writeln('TAO') END;
    WRITE('RANGNUMMER VAN DE REGEL IS: ');Writeln(uit.st);
    Writeln;
    Writeln;
  END;
END.

```

#### VOORBEELD VAN MOGELIJKE UITVOER

```

NUMMER STORING: 1
STORING: BREUK
COMPONENT: AS POMP 23
OORZAAK: OVERBELASTING

```

```

STIJGENDE STORINGSGRAAD: N
VERWACHTING LEVENSDUUR: 0.0000000000E+00
VARIANTIE LEVENSDUUR: 0.0000000000E+00

```

```

SVG AANWEZIG: J
IS GOED MEETBAAR: N
GEEFT EEN GOEDE INDICATIE: N

```

```

WEEGFACOR PRODUKTIEDERVING: 2.0000000000E+00
WEEGFACOR KWALITEITSDALING: 1.0000000000E+00

```

WEEGFACTOR VEILIGHEID: 1.0000000000E+00  
WEEGFACTOR GEVOLGSCHADE: 2.0000000000E+00  
NORMATIEF STORINGSGEWICHT: 6.0000000000E+00

GEKOZEN REGELS IS: TAO  
RANGNUMMER VAN DE REGEL IS: 4

NUMMER STORING: 2  
STORING: KRAKEN  
COMPONENT: LAGER POMP 23  
OORZAAK: SLIJTAGE

STIJGENDE STORINGSGRAAD: J  
VERWACHTING LEVENSDUUR: 8.9000000000E+01  
VARIANTIE LEVENSDUUR: 2.2000000000E+01

SVG AANWEZIG: J  
IS GOED MEETBAAR: J  
GEEFT EEN GOEDE INDICATIE: J

WEEGFACTOR PRODUKTIEDERVING: 2.0000000000E+00  
WEEGFACTOR KWALITEITSDALING: 1.0000000000E+00  
WEEGFACTOR VEILIGHEID: 1.0000000000E+00  
WEEGFACTOR GEVOLGSCHADE: 1.0000000000E+00  
NORMATIEF STORINGSGEWICHT: 5.0000000000E+00

GEKOZEN REGELS IS: GAO  
RANGNUMMER VAN DE REGEL IS: 1

NUMMER STORING: 3  
STORING: LEKKAGE  
COMPONENT: AFDICHTING AS POMP 23  
OORZAAK: SLIJTAGE

STIJGENDE STORINGSGRAAD: J  
VERWACHTING LEVENSDUUR: 9.7000000000E+01  
VARIANTIE LEVENSDUUR: 1.2000000000E+01

SVG AANWEZIG: N  
IS GOED MEETBAAR: N  
GEEFT EEN GOEDE INDICATIE: N

WEEGFACTOR PRODUKTIEDERVING: 0.0000000000E+00  
WEEGFACTOR KWALITEITSDALING: 1.0000000000E+00  
WEEGFACTOR VEILIGHEID: 0.0000000000E+00  
WEEGFACTOR GEVOLGSCHADE: 0.0000000000E+00  
NORMATIEF STORINGSGEWICHT: 1.0000000000E+00

GEKOZEN REGELS IS: SAO  
RANGNUMMER VAN DE REGEL IS: 1

## BIJLAGE 7: Het limiteren van de onderhoudsintervallen

Bij het limiteren van de onderhoudsintervallen wordt voor elke regel de maximale lengte van het onderhoudsinterval bepaald. Hierbij kunnen we de volgende gevallen onderscheiden:

- 1) de regel is GAO
- 2) de regel is TAO
- 3) de regel is SAO, terwijl we te maken hebben met een verborgen storing

### **ad 1) de regel is GAO**

Het vaststellen van het onderhoudsinterval kan bij GAO gebeuren op basis van:

- \* overlevingskarakteristiek  $R(g) = e^{-(g/\alpha)^\beta}$
- \* storingsconsequenties

Het interval kan m.b.v. de volgende tabel en de bijbehorende overlevingskarakteristiek bepaald worden.

**Tabel 1: De gewenste overlevingskans**

normatief storingsgewicht	gewenste overlevingskans
2	80%
3	85%
4	90%
5	95%

Het interval dat bij de gewenste overlevingskans hoort wordt vervolgens als het maximale onderhoudsinterval gekozen.

V.b. - normatief storingsgewicht is 4 -->  $R(g) = 0,9$   
-  $\alpha$  is 1850 gebruikseenheden  
-  $\beta$  is 1,5

M.b.v de formule  $R(g) = e^{-(g/\alpha)^\beta}$  volgt hieruit voor het maximale interval -->  $g=413$  gebruikseenheden.

### **ad 2) de regel is TAO**

Het vaststellen van het inspectieinterval in geval van TAO kan gebeuren op basis van:

- \* kosten meting/inspectie
- \* storingsconsequenties
- \* het storingsverloop

Hoe de verschillende bovenstaande aspecten in principe bij de keuze van een interval kunnen worden meegenomen staat weergegeven in tabel 2. (volgende pagina)

**Tabel 2: Interval van de inspectie**

normatief storingsgewicht	kosten v/d meting/inspectie		
	nihil	redelijk	hoog
2	X tijdseenh.	5*X tijdseenh.	10*X tijdseenh.
3	X tijdseenh.	5*X tijdseenh.	10*X tijdseenh.
4	X tijdseenh.	2*X tijdseenh.	5*X tijdseenh.
5	X tijdseenh.	2*X tijdseenh.	5*X tijdseenh.

(interval van de inspectie in tijdseenheden)

Hierbij is X afhankelijk van het storingsverloop. Belangrijk hierbij is de tijdsduur die verloopt tussen:

- a) de toestand van het onderdeel is goed en
- b) de toestand van het onderdeel is onder de norm

Normaal gesproken kan men er van uitgaan dat hoe groter dit tijdsverschil is hoe groter X kan zijn.

**ad 3) de regel is SAO, de storing is verborgen**

Hebben we te maken met SAO en is er sprake van een verborgen storing dan zal men op gezette tijden een inspectie moeten uitvoeren om te kunnen vaststellen of de storing al dan niet is opgetreden. Bij het bepalen van het interval van deze inspectie zal men met dezelfde aspecten zoals hierboven bij TAO rekening moeten houden. Vaak kan men over het storingsverloop echter weinig zeggen zodat het moeilijk is om de juiste lengte van het inspectie interval te bepalen.

## BIJLAGE 8: Het clusteren van onderhoudsregels

Aan de hand van het volgende voorbeeld zullen we laten zien hoe het probleem van het clusteren van onderhoudsregels opgelost kan worden.

Stel we hebben de volgende 4 onderhoudsregels die in tabel 1 gesorteerd zijn naar oplopend onderhoudsinterval:

**Tabel 1: Een aantal onderhoudsregels**

regel no.	kosten uitvoeren regel (eenheden)	interval (weken)
1	15	7
2	20	9
3	40	20
4	35	26

Verder is er voor het uitvoeren van alle 4 de regels dezelfde set-up activiteit nodig die 15 eenheden kost. Gevraagd wordt nu de economisch beste indeling van deze regels in onderhoudsclusters. Voor elke regel in zo'n cluster is de eis dat tijdsduur tussen twee beurten korter (of evenlang) is dan de intervallen zoals weergegeven in de tabel.

Men kan nu de volgende twee gevallen onderscheiden:

- 1) De beheersing is zodanig ingericht dat men binnen een pakket kan bijhouden wanneer welke regel aan de beurt is. Als b.v. regel 2 en 3 samen in een cluster zitten dan betekent dit dat regel 2 om de 9 weken en regel 3 om de 18 weken ( $2 \cdot 9$ ) aan de beurt is.
- 2) De beheersing bezit niet de mogelijkheid zoals genoemd onder punt 1. Indien nu de regels 2 en 3 samen in een bepaalde cluster zitten dan betekent dit dat ze beiden om de 9 weken aan de beurt zijn.

Om de vraag op te lossen zetten we het probleem om in een LP model. Hierbij worden de volgende afkortingen gebruikt:

n	AANTAL ONDERHOUDSREGELS
SET	SET-UP KOSTEN
$A_i$	INTERVAL VAN REGEL $i$
$\text{INT}(A_i/A_j)$	HET INTEGER GEDEELTE VAN HET GETAL DAT HET RESULTAAT IS VAN DE DELING $A_i/A_j$
$K_i$	UITVOERINGSKOSTEN REGEL $i$
$B_{ij}=1$	BETEKENT REGEL $j$ IN HET INTERVAL VAN REGEL $i$
$B_{ij}=0$	BETEKENT REGEL $j$ NIET IN HET INTERVAL VAN REGEL $i$
$C_i=1$	BETEKENT WEL SET-UP KOSTEN IN INTERVAL $A_i$
$C_i=0$	BETEKENT GEEN SET-UP KOSTEN IN INTERVAL $A_i$

Voor geval 1 en 2 is nu op de volgende pagina's een LP model opgesteld.



GEVAL 1

Het algemene LP model ziet er als volgt uit:

Minimaliseer:

$$\begin{array}{r}
 \frac{C1*SET}{A1} + \frac{B11*K1}{A1} + \frac{B12*K2}{A1*INT(A2/A1)} + \dots + \frac{B1n*Kn}{A1*INT(An/A1)} + \\
 \frac{C2*SET}{A2} + \frac{B22*K2}{A2} + \dots + \frac{B2n*Kn}{A2*INT(An/A2)} + \\
 \dots + \\
 \frac{Cn*SET}{An} + \frac{Bnn*KN}{An}
 \end{array}$$

Onder de volgende voorwaarden:

$$\begin{array}{r}
 n*C1 \geq B11 + B12 + B13 + \dots + B1n \\
 n-1*C2 \geq B22 + B23 + \dots + B2n \\
 n-2*C3 \geq B33 + \dots + B3n \\
 \vdots \\
 Cn \geq Bnn
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 B11 = 1 \\
 B12 + B22 = 1 \\
 B13 + B23 + B33 = 1 \\
 \vdots \\
 B1n + B2n + B3n + \dots + Bnn = 1
 \end{array}$$

Vullen we de waarden van het voorbeeld in dan krijgen we het volgende LP model:

Minimaliseer:

$$\begin{array}{r}
 \frac{C1*15}{7} + \frac{B11*15}{7} + \frac{B12*20}{7} + \frac{B13*40}{14} + \frac{B14*35}{21} + \\
 \frac{C2*15}{9} + \frac{B22*20}{9} + \frac{B23*40}{18} + \frac{B24*35}{18} + \\
 \frac{C3*15}{20} + \frac{B33*40}{20} + \frac{B34*35}{20} + \\
 \frac{Cn*15}{26} + \frac{B44*35}{26}
 \end{array}$$

Onder de volgende voorwaarden:

$$\begin{array}{r}
 4*C1 \geq B11 + B12 + B13 + B14 \\
 3*C2 \geq B22 + B23 + B24 \\
 2*C3 \geq B33 + B34 \\
 Cn \geq B44
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
B_{11} &= 1 \\
B_{12} + B_{22} &= 1 \\
B_{13} + B_{23} + B_{33} &= 1 \\
B_{14} + B_{24} + B_{34} + B_{44} &= 1
\end{aligned}$$

GEVAL 2

Voor geval 2 ziet het algemene LP model er als volgt uit:

Minimaliseer:

$$\begin{aligned}
&\frac{C_1 \cdot SET + B_{11} \cdot K_1 + B_{12} \cdot K_2 + B_{13} \cdot K_3 + \dots + B_{1n} \cdot K_n}{A_1} && + \\
&\frac{C_2 \cdot SET + B_{22} \cdot K_2 + B_{23} \cdot K_3 + \dots + B_{2n} \cdot K_n}{A_2} && + \\
& && + \\
&\frac{C_n \cdot SET + B_{nn} \cdot K_n}{A_n} && +
\end{aligned}$$

Onder de volgende voorwaarden:

$$\begin{aligned}
n \cdot C_1 &\geq B_{11} + B_{12} + B_{13} + \dots + B_{1n} \\
n-1 \cdot C_2 &\geq B_{22} + B_{23} + \dots + B_{2n} \\
n-2 \cdot C_3 &\geq B_{33} + \dots + B_{3n} \\
&\vdots \\
&\vdots \\
C_n &\geq B_{nn}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
B_{11} &= 1 \\
B_{12} + B_{22} &= 1 \\
B_{13} + B_{23} + B_{33} &= 1 \\
&\vdots \\
&\vdots \\
B_{1n} + B_{2n} + B_{3n} + \dots + B_{nn} &= 1
\end{aligned}$$

Vullen we de waarden van het voorbeeld in dan krijgen we het volgende LP model:

Minimaliseer:

$$\begin{aligned}
&\frac{C_1 \cdot 15 + B_{11} \cdot 15 + B_{12} \cdot 20 + B_{13} \cdot 40 + B_{14} \cdot 35}{7} && + \\
&\frac{C_2 \cdot 15 + B_{22} \cdot 20 + B_{23} \cdot 40 + B_{24} \cdot 35}{9} && + \\
&\frac{C_3 \cdot 15 + B_{33} \cdot 40 + B_{34} \cdot 35}{20} && + \\
&\frac{C_n \cdot 15 + B_{44} \cdot 35}{26}
\end{aligned}$$

Onder de volgende voorwaarden:

$$\begin{aligned} 4 * C1 & \geq B11 + B12 + B13 + B14 \\ 3 * C2 & \geq B22 + B23 + B24 \\ 2 * C3 & \geq B33 + B34 \\ Cn & \geq B44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B11 & = 1 \\ B12 + B22 & = 1 \\ B13 + B23 + B33 & = 1 \\ B14 + B24 + B34 + B44 & = 1 \end{aligned}$$

Voor de oplossing van het probleem kan een LP programma gebruikt worden. Een geschikt programma is b.v. Nathalie wat op de TUE is ontwikkeld. Hiervoor moet het LP model echter in een andere vorm gegoten worden. Om het geheel eenvoudig te maken heb ik een pascal programma geschreven dat als output de invoer van het programma Nathalie heeft. Dit programma bestaat uit twee gedeelten

Deel 1 slaat benodigde gegevens op in een file. ((set-up) kosten en intervallen)

Deel 2 verwerkt de gegevens tot een model dat de invoer van Nathalie is. Hierbij moet een onderscheid gemaakt worden tussen geval 1 en 2.

De twee pascalprogramma's + de uitwerking van het voorbeeld door Nathalie staan op de volgende pagina's.

De uitwerking v/h voorbeeld geeft samengevat de volgende resultaten:

GEVAL 1 (voldoende beheersing)

- optimum is 11,56
- B11=1 EN B12=1 EN B14 =1 -->CLUSTERING VAN REGEL 1, 2 EN 4
- B33=1 REGEL 3 WORDT NIET GECLUSTERD MET EEN ANDERE REGEL

GEVAL 2 (onvoldoende beheersing)

- optimum is 11,64
- B11=1 EN B12=1 -->CLUSTERING VAN REGEL 1 EN 2
- B33=1 EN B34=1 -->CLUSTERING VAN REGEL 3 EN 4

Zoals we kunnen zien zit er voor het optimum in deze situatie weinig verschil tussen geval 1 en 2. Dit hoeft echter niet in elke situatie zo te zijn.

PASCALPROGRAMMA DEEL 1

PROGRAM INVOER;

TYPE

REC1 = RECORD

NUM: INTEGER;

SETUP,INTERV, KOSTEN :REAL;

END;

VAR

T: INTEGER;

SETUP1: REAL;

VERDER: CHAR;

FIL: REC1;

INV: FILE OF REC1;

PROCEDURE ANTWOORD(VAR JN: CHAR);

VAR K: INTEGER;

BEGIN

K:=1;

WHILE K=1 DO

BEGIN

READLN(JN);

IF (JN='J') OR (JN='N') THEN BEGIN K:=0 END

ELSE BEGIN WRITE('ANTWOORD J OF N: ') END;

END;

END;

PROCEDURE ANTWOORD2(VAR CIJF: REAL);

VAR K,L: INTEGER;

HULP: STRING;

BEGIN

K:=1;

WHILE K=1 DO

BEGIN

READLN(HULP);

VAL(HULP, CIJF, L);

IF L<>0 THEN BEGIN WRITE('GEEF EEN GETAL: ') END

ELSE BEGIN K:=0 END;

END;

END;

BEGIN

ASSIGN(INV, 'A:\SETUP');

REWRITE(INV);

WRITE('GEEF SETUP KOSTEN: '); ANTWOORD2(SETUP1);

VERDER:='J'; T:=0;

WHILE VERDER='J' DO

BEGIN

T:=T+1; FIL.NUM:=T; FIL.SETUP:=SETUP1;

WRITE('GEEF INTERVAL VAN REGEL ', T, ':

'); ANTWOORD2(FIL.INTERV);

WRITE('GEEF KOSTEN BEHORENDE BIJ REGEL ', T, ':

'); ANTWOORD2(FIL.KOSTEN);

WRITELN;

WRITE(INV, FIL);

WRITE('NOG EEN REGEL? ');

```

    ANTWOORD (VERDER) ;
END;
CLOSE (INV) ;
END.

PASCALPROGRAMMA DEEL 2
PROGRAM GEVAL 1;
TYPE
    AR=ARRAY[1..50] OF REAL;

VAR DOORG, INN, N, T,P,K,V,X,Y,S,O: INTEGER;
    A, B:AR;
    INTERV, SETUP, D: REAL;

PROCEDURE INITIAL(VAR A,B:AR; VAR SETUP:REAL);
TYPE
    REC1=RECORD
        NUM: INTEGER;
        SETUP, INTERV, KOSTEN: REAL;
    END;

VAR
    N: INTEGER;
    FIL: REC1;
    INV: FILE OF REC1;

BEGIN
    N:=1;
    ASSIGN (INV, 'A:\SETUP');
    RESET (INV);
    WHILE NOT EOF (INV) DO
    BEGIN
        READ (INV, FIL);
        A[N]:=FIL.INTERV;
        B[N]:=FIL.KOSTEN;
        N:=N+1;
    END;
    SETUP:=FIL.SETUP;
    B[N]:=-1;
    CLOSE (INV);
END;

BEGIN
INITIAL (A, B, SETUP);
WRITELN ('PROCES BEREKEN');
WRITELN ('OUTPUT');
INN:=0;N:=0;
DOORG:=1;T:=1;
WHILE DOORG=1 DO
BEGIN
    DOORG:=0;
    INN:=INN+1;
    N:=INN;
    WHILE B[N]>0 DO
    BEGIN
        DOORG:=1;

```

```

        WRITELN(' B',INN,N,' ','PLAN',' ','A',T);
        N:=N+1;
        T:=T+1;
    END;
END;
K:=N-1;
FOR P:=1 TO K DO
BEGIN
    WRITELN(' CO',P,' ','PLAN',' ','C',P);
END;

WRITELN('RESTR');
INN:=0;N:=0;
DOORG:=1;T:=1;
WHILE DOORG=1 DO
BEGIN
    DOORG:=0;
    INN:=INN+1;
    N:=INN;
    WHILE B[N]>0 DO
    BEGIN
        DOORG:=1;
        IF T>1 THEN BEGIN WRITELN(' A',T,':ZEROONE'); END;
        N:=N+1;
        T:=T+1;
    END;
END;
FOR P:=1 TO K DO
BEGIN
    WRITELN(' C',P,':ZEROONE');
END;

FOR X:=1 TO K DO
BEGIN
    S:=0;
    FOR Y:=1 TO K+1-X DO
    BEGIN
        IF Y=1 THEN BEGIN WRITE(' A',K+1-X+S); S:=K-1; O:=S; END
        ELSE BEGIN WRITE('+A',K+1-X+S); S:=S+O; END;
        O:=O-1;
    END;
    WRITELN('=1');
END;

S:=1;
FOR X:=1 TO K DO
BEGIN
    Y:=K-X+1;
    WRITE(' ',Y,'*C',K+1-Y);
    FOR P:=1 TO Y DO
    BEGIN
        WRITE('-A',S);
        S:=S+1
    END;
    WRITELN('>=0');
END;

```

```

WRITELN;
WRITELN('PROCES PLAN');
WRITELN('INPUT');
INN:=0;N:=0;
DOORG:=1;T:=1;
WHILE DOORG=1 DO
BEGIN
  DOORG:=0;
  INN:=INN+1;
  N:=INN;

  WHILE B[N]>0 DO
  BEGIN
    DOORG:=1;
    WRITELN(' B',INN,N,'    ','BEREKEN','    ','A',T);
    N:=N+1;
    T:=T+1;
  END;
END;
FOR P:=1 TO K DO
BEGIN
  WRITELN(' CO',P,'    ','BEREKEN','    ','C',P);
END;

WRITELN;
WRITELN('COST');
INN:=0;N:=0;
DOORG:=1;T:=1;
WHILE DOORG=1 DO
BEGIN
  DOORG:=0;
  INN:=INN+1;
  N:=INN;
  WHILE B[N]>0 DO
  BEGIN
    DOORG:=1;
    D:=A[INN]*TRUNC(A[N]/A[INN]);
    WRITELN(' B',INN,N,'    BEREKEN    PLAN    ',
    TRUNC(B[N]/D),'. ',ROUND(100*FRAC(B[N]/D)));
    N:=N+1;
    T:=T+1;
  END;
END;
FOR P:=1 TO K DO
BEGIN
  WRITELN(' CO',P,'    BEREKEN    PLAN    ',
    TRUNC(SETUP/A[P]),'. ',ROUND(100*FRAC(SETUP/A[P])));
END;
WRITELN('END')
END.

```

OPMERKING:  
 INDIEN HET VET GEDRUKTE STUK IN DE REGEL  
 $D:=A[INN]*TRUNC(A[N]/A[INN])$  WEGGELATEN WORDT  
 DAN HEBBEN WE HET PROGRAMMA VOOR GEVAL 2



OPLOSSING VAN GEVAL 1 (OUTPUT NATHALIE)

waarde van het optimum: 11.56000

proces bereken			amount	reduced
cost				
output				
b11	plan	a1	1.00	2.14
b12	plan	a2	1.00	2.86
b13	plan	a3	0.00	2.86
b14	plan	a4	1.00	1.67
b22	plan	a5	0.00	2.22
b23	plan	a6	0.00	2.22
b24	plan	a7	0.00	1.94
b33	plan	a8	1.00	2.00
b34	plan	a9	0.00	1.75
b44	plan	a10	0.00	1.35
c01	plan	c1	1.00	2.14
c02	plan	c2	0.00	1.67
c03	plan	c3	1.00	0.75
c04	plan	c4	0.00	0.58
restr				
a2:zeroone				
a3:zeroone				
a4:zeroone				
a5:zeroone				
a6:zeroone				
a7:zeroone				
a8:zeroone				
a9:zeroone				
a10:zeroone				
c1:zeroone				
c2:zeroone				
c3:zeroone				
c4:zeroone				
a4+a7+a9+a10=1			1.00	0.00
a3+a6+a8=1			1.00	0.00
a2+a5=1			1.00	0.00
a1=1				
4*c1-a1-a2-a3-a4>=0			1.00	0.00
3*c2-a5-a6-a7>=0			0.00	0.00
2*c3-a8-a9>=0			1.00	0.00
1*c4-a10>=0			0.00	0.00

proces plan			amount	reduced
cost				
input				
b11	bereken	a1	1.00	2.14
b12	bereken	a2	1.00	2.86
b13	bereken	a3	0.00	2.86
b14	bereken	a4	1.00	1.67
b22	bereken	a5	0.00	2.22
b23	bereken	a6	0.00	2.22
b24	bereken	a7	0.00	1.94

b33	bereken	a8	1.00	2.00
b34	bereken	a9	0.00	1.75
b44	bereken	a10	0.00	1.35
c01	bereken	c1	1.00	2.14
c02	bereken	c2	0.00	1.67
c03	bereken	c3	1.00	0.75
c04	bereken	c4	0.00	0.58
cost				
b11	bereken	plan	2.14	
b12	bereken	plan	2.86	
b13	bereken	plan	2.86	
b14	bereken	plan	1.67	
b22	bereken	plan	2.22	
b23	bereken	plan	2.22	
b24	bereken	plan	1.94	
b33	bereken	plan	2.0	
b34	bereken	plan	1.75	
b44	bereken	plan	1.35	
c01	bereken	plan	2.14	
c02	bereken	plan	1.67	
c03	bereken	plan	0.75	
c04	bereken	plan	0.58	
end				

OPLOSSING GEVAL 2 (OUTPUT NATHALIE)

waarde van het optimum: 11.64000

proces bereken			amount	reduced
cost				
output				
b11	plan	a1	1.00	2.14
b12	plan	a2	1.00	2.86
b13	plan	a3	0.00	5.71
b14	plan	a4	0.00	5.00
b22	plan	a5	0.00	2.22
b23	plan	a6	0.00	4.44
b24	plan	a7	0.00	3.89
b33	plan	a8	1.00	2.00
b34	plan	a9	1.00	1.75
b44	plan	a10	0.00	1.35
c01	plan	c1	1.00	2.14
c02	plan	c2	0.00	1.67
c03	plan	c3	1.00	0.75
c04	plan	c4	0.00	0.58
restr				
a2:zeroone				
a3:zeroone				
a4:zeroone				
a5:zeroone				
a6:zeroone				
a7:zeroone				
a8:zeroone				

a9:zeroone  
 a10:zeroone  
 c1:zeroone  
 c2:zeroone  
 c3:zeroone  
 c4:zeroone

a4+a7+a9+a10=1	1.00	0.00
a3+a6+a8=1	1.00	0.00
a2+a5=1	1.00	0.00
a1=1		
4*c1-a1-a2-a3-a4>=0	2.00	0.00
3*c2-a5-a6-a7>=0	0.00	0.00
2*c3-a8-a9>=0	0.00	0.00
1*c4-a10>=0	0.00	0.00

proces plan			amount	reduced
cost				
input				
b11	bereken	a1	1.00	2.14
b12	bereken	a2	1.00	2.86
b13	bereken	a3	0.00	5.71
b14	bereken	a4	0.00	5.00
b22	bereken	a5	0.00	2.22
b23	bereken	a6	0.00	4.44
b24	bereken	a7	0.00	3.89
b33	bereken	a8	1.00	2.00
b34	bereken	a9	1.00	1.75
b44	bereken	a10	0.00	1.35
c01	bereken	c1	1.00	2.14
c02	bereken	c2	0.00	1.67
c03	bereken	c3	1.00	0.75
c04	bereken	c4	0.00	0.58

cost			
b11	bereken	plan	2.14
b12	bereken	plan	2.86
b13	bereken	plan	5.71
b14	bereken	plan	5.0
b22	bereken	plan	2.22
b23	bereken	plan	4.44
b24	bereken	plan	3.89
b33	bereken	plan	2.0
b34	bereken	plan	1.75
b44	bereken	plan	1.35
c01	bereken	plan	2.14
c02	bereken	plan	1.67
c03	bereken	plan	0.75
c04	bereken	plan	0.58

end

## BIJLAGE 9: Een uitgewerkt onderhoudsconcept

### \* Keuze technisch systeem voor het opstellen van een OHC

Om het maken van een onderhoudsconcept te demonstreren moet een keuze gemaakt worden voor een technisch systeem. Gekozen is voor de centrifuge die gebruikt wordt voor de droging van de PVC. De reden hiervoor was dat de centrifuge de laatste tijd de oorzaak was van hoge onderhoudskosten en veel produktievering. Binnen de PVC fabriek zijn 4 van dergelijke centrifuges aanwezig (voor elke straat één). Een uitgebreide beschrijving van de centrifuge kan men vinden in het archief van de ODG ABS/PVC.

### \* De verschillende storingen en storingsoorzaken

Bij decompositie van de centrifuge kunnen we de volgende onderdelen onderscheiden: hoofdlagers, bronzen lagers, lint, lint assen, holle assen, labyrinten, simmeringen, lagers aandrijving, V-snaren, lagers tussenassen, vloeistof koppeling en de planetenkast.

Deze onderdelen bepalen samen met de mogelijke storingen en storingsoorzaken de verschillende elementaire storingen die in de volgende tabel zijn weergegeven.

**Tabel 1: De verschillende elementaire storingen**

		OORZAKEN (NORMAAL/EXTERN)	
ONDERDEEL	STORING	NORM.	EXTERN
HOOFD-LAGERS	- GELUID EN TRILLINGEN	JA	JA - ONBALANS - KAPOT BRZ. LAGER
BRONZEN LAGERS	- GELUID EN TRILLINGEN	JA	JA - ONBALANS - KAPOT HOOFDLAGER
LINT	- CORROSIE	JA	--
LINT ASSEN	- BESCHADIGING	--	JA - KAPOT HOOFDLAGER - KAPOT BRZ. LAGER
HOLLE ASSEN	- BESCHADIGING	--	JA - KAPOT HOOFDLAGER - KAPOT BRZ. LAGER
LABYRINTEN	- BESCHADIGING	--	JA - KAPOT HOOFDLAGER - KAPOT BRZ. LAGER
SIMMERINGEN	- LEKKAGE	JA	JA - KAPOT HOOFDLAGER - KAPOT BRZ. LAGER
LAGERS AANDRIJV.	- GELUID EN TRILLINGEN	JA	JA - V-SNAREN TE STRAK
V-SNAREN	- BREUKVLAKKEN	JA	JA - V-SNAREN TE STRAK

		OORZAKEN (NORMAAL/EXTERN)	
ONDERDEEL	STORING	NORM.	EXTERN
LAGERS TUSSENAS	- GELUID EN TRILLINGEN	JA	JA - V-SNAREN TE STRAK
VLOEISTOF KOPPELING	- GELUID EN TRILLINGEN	JA	JA - SLECHT UITGELIJND
PLANETEN KAST	- GELUID EN TRILLINGEN	JA	--

Onderdelen die alleen kunnen sneuvelen als gevolg van externe oorzaken spelen in het onderhoudsconcept verder geen rol.

#### Opmerking

Naast de genoemde elementaire storingen bestaat er binnen de ODG ABS/PVC sterk het vermoeden dat er nog een aantal andere storingen zijn die vooral het trillingsniveau van de centrifuge beïnvloeden. (Hierbij zou men kunnen denken aan b.v. afgebroken/losgetrilde fundatiebouten, een gescheurd frame, etc.) Omdat de gevolgen van een verhoogd trillingsniveau meestal pas op een later tijdstip merkbaar worden (o.a. versnelde slijtage v/d lagers) wil men de betreffende storingen zo snel mogelijke opsporen. Daarom gaat men in de toekomst trillingsmetingen aan de centrifuge uitvoeren. Mocht hierbij blijken dat bepaalde storingen herhaaldelijk optreden dan kan men ze als elementaire storing beschouwen en ervoor een passende onderhoudsregel opstellen.

#### \* De onderhoudskosten

Vervolgens bekijken we hoe hoog de verschillende reparatiekosten zijn. Deze staan weergegeven in de volgende tabel waarbij ook is aangeven of een eventuele set-up activiteit nodig is.

**Tabel 2: De reparatiekosten**

ONDERDEEL	SET-UP ACTIVITEIT	REPARATIE KOSTEN (INCLUSIEF LOON)
HOOFDLAGERS	A	FL 2000,-
BRONZEN LAGERS	A	FL 8000,- (+holle/lint as)
SIMMERINGEN	A	< FL 500,-
LINT	A	> FL 100000,-
1 LABYRINT	A	FL 1500,-

ONDERDEEL	SET-UP ACTIVITEIT	REPARATIE KOSTEN (INCLUSIEF LOON)
LAGERS AANDRIJV.		FL 1500,-
V-SNAREN		FL 1200,-
LAGERS TUSSENAS		FL 1000,-
VLOEISTOF KOPPELING		FL 1500,- (REVISIE)
PLANETEN KAST		FL 25000,- (REVISIE)

Set-up activiteit A bestaat uit:

- balanceren
  - hijswerkzaamheden
  - overige montage en demontage werkzaamheden
- De kosten hiervan bedragen ongeveer FL 5500,-

**\* De verschillende storingsgegevens**

De storingsgegevens van de verschillende elementaire storings (eenvoudigshalve wordt in het vervolg elke elementaire storing aangeduid door het bijbehorende onderdeel) staan weergegeven in de volgende tabel. Berekening van storingsgraad, levensduur en spreiding was niet mogelijk doordat van de centrifuge geen goede objecthistorie aanwezig was. Hierdoor moesten de storingsgegevens bepaald worden aan de hand van schattingen door o.a. monteurs, ME en WVB.

**Tabel 3: Storingsgegevens van de elementaire storings**

ONDERDEEL	STIJGENDE STORINGSRD.	- LEVENSD. - SPREIDING	STORINGVOORSPELL. GROOTHEID
HOOFDLAGERS	JA	- ? > 4 j. - ?	- METAAL IN OLIE - SPM
BRONZEN LAGERS	JA	- ? 4 j. - ?	- ?
SIMMERINGEN	JA	- ? > 4 j. - ?	- ?
LINT	JA	- ? - ?	- CORROSIEVORMING (DEMONTAGE CENTR)
LAGERS AANDRIJVING	JA	- ? > 4 j. - ?	- ?
V-SNAREN	JA	- ? 1 j. - ?	- BREUKJES IN SNAAR

ONDERDEEL	STIJGENDE STORINGSRD.	- LEVENSD. - SPREIDING	STORINGVOORSPELL. GROOTHEID
LAGERS TUSSENAS	JA	- ? > 4 j. - ?	- SPM
VLOEISTOF KOPPELING	JA	- ? > 4 j. - ?	- ?
PLANETEN KAST	JA	- ? > 4 j. - ?	- ? METAAL IN OLIE

**\* De gevolgen van een storing**

In tabel 4 staan de verschillende gevolgen van een storing weergegeven t.a.v. produktiederving, produktkwaliteit, veiligheid en overige gevolgschade.

**Tabel 4: De gevolgen van een storing**

ONDERDEEL	PRODUKTIE- DERVING	PRODUKT- KWALITEIT	VEILIGHEID	GEVOLG- SCHADE
HOOFDLAGERS	GROOT	NEE	NEE	GROOT
BRONZEN LAGERS	GROOT	NEE	NEE	GROOT
SIMMERINGEN	GROOT	JA	NEE	?
LINT	GROOT	NEE	?	GROOT
LAGERS AANDRIJVING	KLEIN	NEE	NEE	NEE
V-SNAREN	KLEIN	NEE	NEE	NEE
LAGERS TUSSENAS	KLEIN	NEE	NEE	NEE
VLOEISTOF KOPPELING	KLEIN	NEE	NEE	NEE
PLANETEN KAST	KLEIN	NEE	NEE	NEE

**\* De keuze van de verschillende onderhoudsregels**

Aan de hand van de verzamelde gegevens kan men nu voor elke elementaire storing een onderhoudsregel bepalen volgens de methode beschreven in hoofdstuk 5.1.2 (zie tabel 5).



**Tabel 5: Keuze van een onderhoudsregel**

ONDERDEEL	REGEL	MOGELIJK	VOORKEUR	KEUZE	INTERVAL
HOOFD LAGER	SAO	GOED	3		
	TAO	GOED	1	TAO	MAAND
	GAO	REDELIJK	2		
BRONZEN LAGER	SAO	GOED	3		
	TAO	-	1		
	GAO	REDELIJK	2	GAO	4 JAAR
SIMMERING	SAO	GOED	3		
	TAO	-	1		
	GAO	REDELIJK	2	GAO	4 JAAR
LINT	SAO	GOED	3		
	TAO	REDELIJK	1	TAO	4 JAAR
	GAO	REDELIJK	2		
LAGERS AANDRIJV.	SAO	GOED	3 (1)	(SAO)	
	TAO	-	1 (2)		
	GAO	REDELIJK	2 (3)	GAO	4 JAAR
V-SNAREN	SAO	GOED	3 (1)	(SAO)	
	TAO	GOED	1 (2)	TAO	MAAND
	GAO	REDELIJK	2 (3)		
LAGERS TUSSENAS	SAO	GOED	3 (1)	(SAO)	
	TAO	GOED	1 (2)	TAO	MAAND
	GAO	REDELIJK	2 (3)		
VLOEISTOF KOPPELING	SAO	GOED	3 (1)	(SAO)	
	TAO	NIET	1 (2)		
	GAO	REDELIJK	2 (3)	GAO	4 JAAR
PLANETEN KAST	SAO	GOED	3 (1)	(SAO)	
	TAO	?	1 (2)	(TAO ?)	
	GAO	REDELIJK	2 (3)	GAO	4 JAAR

Gezien de geringe storingsconsequenties van een storing aan de V-snaren, lagers v/d tussenas, vloeistofkoppeling en planetenkast gaat hier in principe de eerste voorkeur uit naar SAO. Gekozen is echter voor preventief onderhoud als eerste voor-

keur. De reden hiervoor is dat men bij de centrifuge onderbrekingen als gevolg van storingen zo veel mogelijk wilde voorkomen.

#### **\* Samenvoegen van de verschillende regels**

In deze stap worden de verschillende regels samengevoegd. Hierbij is te werk gegaan volgens methode 2 zoals beschreven in hfdst 5.1.4. Gezien de levensduur (zie tabel 3) van de verschillende onderdelen wordt in eerste instantie gekozen voor het uitvoeren van set-up activiteit A om de 4 jaar. De planning hierbij is om dan de volgende onderhoudswerkzaamheden uit te voeren:

- vervangen van de bronzen lagers
- vervangen van de hoofdlagers
- vervangen van de simmeringen
- controleren + e.v.t. vervangen van het lint

#### **Opmerkingen:**

- Om eventuele onverwachte slijtage aan de hoofdlagers vroegtijdig te kunnen opsporen vinden er maandelijks SPM metingen aan deze lagers plaats. De voorspellende waarde van SPM m.b.t. de resterende levensduur van de hoofdlagers is echter te gering om bij de 4 jaarlijkse beurt te besluiten deze hoofdlagers niet te vervangen.
- Treedt er tussentijds aan een van deze onderdelen een storing op, dan zal men op dat moment moeten bepalen welke onderdelen men gaat vervangen. Bovendien moet men dan het tijdstip vaststellen waarop men de volgende keer de set-up activiteit uitvoert.
- Indien blijkt dat het gekozen interval van 4 jaar te optimistisch of te pessimistisch is dan zal bijstelling van dit interval en de dan uit te voeren onderhoudswerkzaamheden noodzakelijk zijn. Om hier zinnige uitspraken over te kunnen doen is echter een goede storingsregistratie noodzakelijk.

Voor de overige onderhoudswerkzaamheden die uitgevoerd moeten worden is geen samenvoeging noodzakelijk. We kunnen hier onderscheiden:

- lagers aandrijving ---> vervangen om de 4 jaar tijdens een straatstop
- vloeistof koppeling ---> vervangen om de 4 jaar tijdens een straatstop
- planetenkast ---> vervangen om de 4 jaar tijdens een straatstop
- de V-snaren ---> uitvoeren van een visuele toestandsinspectie in een straatstop, indien noodzakelijk vervangen
- lagers tussenassen ---> uitvoeren van een toestandsinspectie (d.m.v. een maandelijks SPM meting), indien noodzakelijk vervangen in een straatstop

Daarnaast zijn er nog een aantal andere onderhoudsregels die noodzakelijk zijn voor de normale bedrijfsvoering:

- \* smeerwerkzaamheden aan lagers en assen
- \* verwisselen van olie vloeistofkoppeling, planetenkast en carter

Tenslotte wil men, zoals in het begin is opgemerkt, trillingsmetingen gaan uitvoeren. De intervallen hiervoor staan echter nog niet vast.

Verdere samenvoeging van de regels tot pakketten was niet noodzakelijk. Na evaluatie bleken de hierboven gehanteerde regels aanvaardbaar, zodat deze samen het onderhoudsconcept weergeven.

#### **\* Het onderhoudsconcept opgesteld door DSM**

Het onderhoudsconcept dat door DSM was opgesteld voor de centrifuge bestond uit:

- 1) een preventieve revisie om de 4 jaar met daarin de volgende werkzaamheden:
  - vervangen van de bronzen lagers
  - vervangen van de hoofdlagers
  - vervangen van de simmeringen
  - vervangen lagers aandrijving
  - vervangen lagers tussenas
  - controleren + e.v.t. vervangen van het lint

#### **Opmerking**

Ook indien men door een storing het tijdstip van de volgende preventieve revisie niet haalt worden de hierboven omschreven vervangingswerkzaamheden allemaal uitgevoerd. Dit gebeurt onafhankelijk van de tijd die verstreken is vanaf de vorige preventieve revisie

- 2) vervangen om de 4 jaar van:
  - de vloeistofkoppeling
  - de planetenkast
- 3) vervangen van de V-snaren indien noodzakelijk
- 4) overige werkzaamheden zoals:
  - smeerwerkzaamheden aan lagers en assen
  - verwisselen van olie vloeistofkoppeling, planetenkast en carter