

MASTER

De PF/PA-methode

voorstel voor een methode om afwijkingen van de technische specificatie als gevolg van montage te voorkomen via het productontwerp

Goes, Winfried E.

Award date:
1997

[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



De PF/PA-methode

Voorstel voor een methode om afwijkingen van de technische specificatie als gevolg van montage te voorkomen via het productontwerp.

Eindverslag van een afstudeeropdracht in het kader van de studie Technische Bedrijfskunde aan de Technische Universiteit Eindhoven.

W.E. Goes
augustus 1997

Onder begeleiding van : **Dhr. A.A.M. Sleenhoff**
 Ir. C.J. Daams
 Dr. Ir. H.H. van Mal
 Dhr. Brombacher
 Dhr. Kleine

Uitgevoerd bij: **DAF Trucks N.V.**
 Hugo van der Goeslaan 1
 5600 PT Eindhoven

Technische Universiteit Eindhoven
Faculteit Technologie Management
Studierichting Technische Bedrijfskunde
Vakgroep Fabricagetechnologie

Gehele of gedeeltelijke overneming of reproductie van de inhoud van deze uitgave, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DAF Trucks N.V. is verboden, behoudens de beperkingen bij de wet gesteld.

Abstract

In this report a method is proposed for reducing the number of engine defects which are caused by manual assembly operations at DAF Trucks N.V., a producer of medium and heavy weight trucks. This product function-/process analysis method should be used in the concept phase of product development to secure the customer quality in the product design.

Voorwoord

Dit rapport is geschreven ter afronding van het door mij uitgevoerde afstudeerproject van de vakgroep Fabricagetechnologie, studierichting Technische Bedrijfskunde, faculteit Technologie Management, Technische Universiteit Eindhoven. Het project behoort tot het vaste deel van het post-propeadeutisch studieprogramma en vormt het afsluitende onderdeel van de opleiding tot bedrijfskundig ingenieur. Het afstudeerproject is uitgevoerd bij DAF Trucks N.V. te Eindhoven. Via deze weg wil ik het bedrijf bedanken voor de mogelijkheid die mij geboden is om hier af te mogen studeren. In het bijzonder wil ik mijn bedrijfsbegeleider, A. Sleenhoff, en mijn begeleiders van de Technische Universiteit Eindhoven, de heren Daams en Van Mal danken voor de wijze waarop zij mij de afgelopen acht maanden met raad en daad terzijde hebben gestaan.

Voor de uitvoering van mijn afstudeeronderzoek was ik aangewezen op de bereidheid tot medewerking en inzet van een groot aantal medewerkers van verschillende afdelingen van DAF Trucks N.V., waarvoor dank. Als laatste wil ik de collega's van de afdeling Methodes en Technieken bedanken voor de plezierige werksfeer.

Winfried Goes

Eindhoven, augustus 1997

Management Summary

1 Introduction

DAF Trucks N.V. concentrates on developing, producing and selling medium and heavy weight trucks. By using a system of building to order and the flexibility of its people and suppliers DAF strives for maintaining a lean concept. DAF tries to promote itself as a service organisation in the transportbranche, where the customer is number one. In this highly competitive branche it is increasingly important to deliver high quality products. DAF has realized that customer quality should already be established during the development process and has therefore restructured its product creation process so that it will become an integral part of the organisation. To increase the efficiency of the product creation process and with that the quality of the products, a number of methods will be applied, amongst others Design for Assembly (DFA).

2 Aim of the project

Design for Assembly is mainly aimed at the reduction of time and cost for the assembly of products. A lot of defects however, arise from the assembly of products. In case of manual assembly this is called 'man dependence'¹. Since DFA doesn't specifically influence the customer quality, a way should be found to improve the customer quality during the development process by reducing the man dependence. Because DAF has started the pre-development of a new heavy duty engine (MX engine) for the year 2003 the goal of the project is:

- Develop a method by which engines defects can be translated to assembly operations and by which improvement of customer quality can be established during the concept phase of the development process.
- Deduce a set of design principles for the assembly of engines, which will help to improve the customer quality of the new MX engine.

To be effective the method should be a part of the methods prescribed in the product creation process. This is not possible as long as the method only is suited for the development of engines. So the method should be designed in such a way that it can also be used for the other main components of a truck. Speed of execution is another requirement for a method to be effective, as well as multidisciplinary execution.

¹ Man dependence can be characterised as followed:

- a part isn't assembled;
- a wrong part is assembled;
- a part is assembled wrong;
- a part is assembled insufficient.

3 Product function/process analyses

Three product function/process analyses (PF/P analyses) have been held to develop a method which will overcome defects which arise as a result of assembly operations. A waterpump, an oilpan and an engine wire tree have been analysed in three separate meetings. These meetings have been structured according to the problem solving cycle (figure 3.1). The problem solving process consists of the following six steps:

1. Identify the problem.
2. Analyse the problem.
3. Generate potential solutions.
4. Select and realize a solution.
5. Implement the solution.
6. Evaluate the solution.

Only the first three steps of the problem solving cycle will be executed during the project. Step 4 won't be executed because selection and realization depends on the criteria of the Product Development Department. Implementation of the solution is the job of the product designer and evaluation of the solution isn't attainable because of the time constraints of the project. Especially the last step is very important, because the experiences of a project should be used for new projects.

Identification of products for analysis has been done by screening a number of DAF quality registrations, namely:

- Auditsystem Quality department Engine Assembly & Test;
- Fault registration Engine test;
- Registration system Truck Assembly cell 14 'engine drop';
- Registration system 60 meter testline/rolling road;
- Registration system Quality department Truck Assembly;
- Registration system FBU audit Truck Assembly;
- Cost registration Service and Warranty.

Depending on the nature, frequency and seriousness of the registered defects, products for analysis have been selected. The second step, analysis of the problem, has been carried out based on further specific information about the product and its assembly process. This information consists of:

- product drawings;
- video recordings;
- the physical product;
- assembly instructions.

To specify the problem a Fault Tree Analysis has been carried out to determine which components fail, whether the root causes of failing are man dependent and which assembly operations (preparation, orientation, insertion, joining) are responsible for the problem.

The generation of potential solutions has been done by giving the participants the possibility to think of as much solutions as possible.

4 The product function-/process analysis method

Based on the product function-/ process analyses the product function-/process analysis method (PF/PA method) is proposed (figure). The PF/PA method is divided into three main phases: 'preparation', 'PF/P analysis' and 'work up & completion'. In most cases the product designer is responsible for the execution of the PF/PA method.

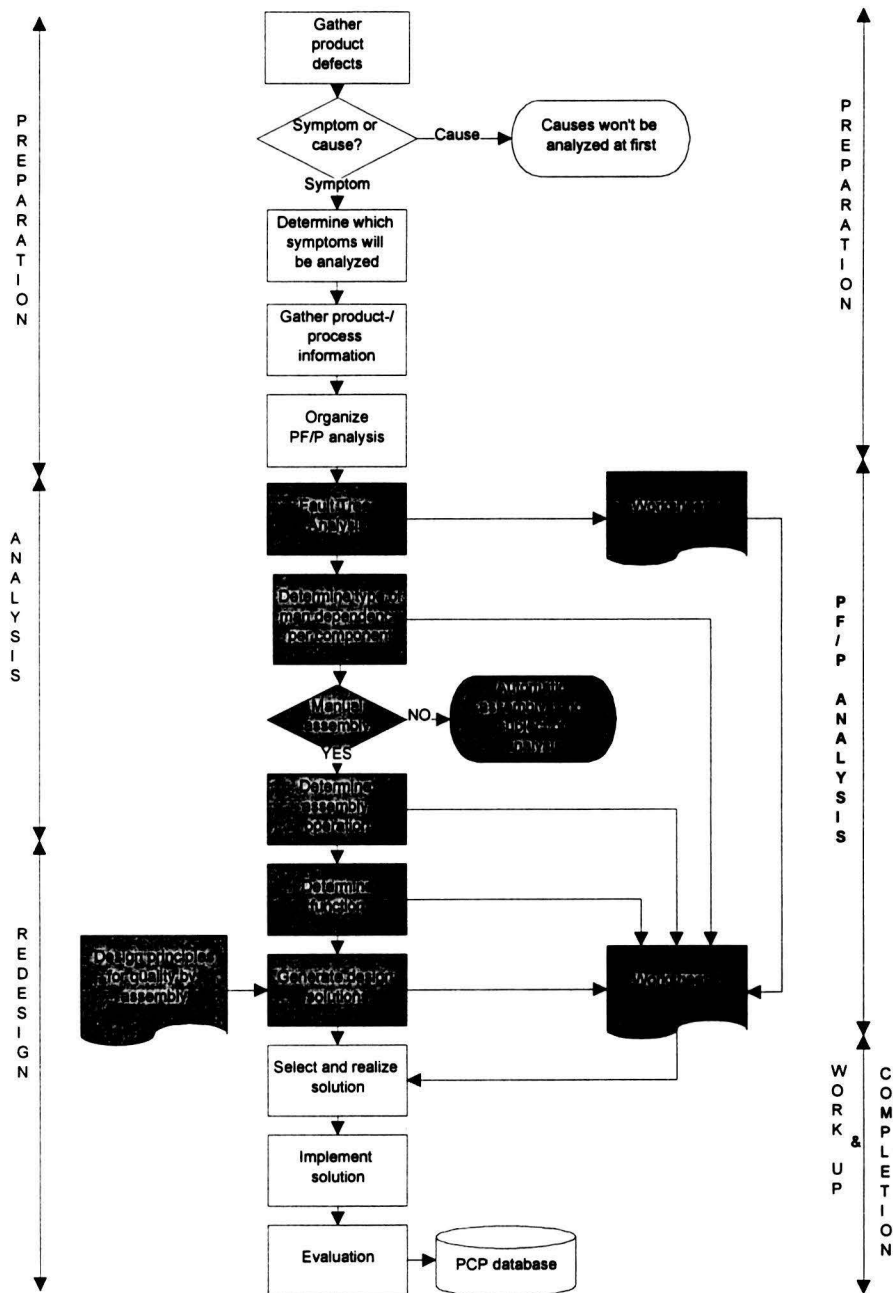


Figure: Flowchart PF/PA method

Preparation

During the preparation phase, information about the product defects is gathered. After that should be determined which symptom (failure) will be analysed in a meeting. Next, specific information about the product and its assembly process has to be collected. In the second step of the first phase, participants from Product Development, Production Engineering, Production and Quality Control have to be invited for the PF/P analysis.

The PF/P analysis

In the second phase, the product function/process analysis is held. To ascertain the root causes of failure a fault tree must be drawn, so that is made clear which components cause the failure. Then, for each rootcause is determined if man dependence is the cause of the defects. In the next step is determined if the assembly is carried out manually or automatically. In case of manual assembly, the assembly operation which causes the failure of a component is determined. After that, potential solutions, which can perform the function of the failing component, can be generated. For assistance there are two worksheets and a list with design principles available. This list with design principles, which should prevent loss of product quality as a result of assembly, has been generated based on the product function/process analyses. These design principles exist, up to now, for the following categories:

- general design principles;
- fasteners;
- electrical wire trees;
- housings;
- shafts and bearings;
- gaskets;
- rings;
- hoses.

Work up & Completion

In the last phase, the results of the PF/P analysis are reported by the chairman of the meeting. Then, the product designer should select and realize one of the potential solutions according to the product development procedures and the solution should be implemented under the product designer's responsibility. The last step of this phase is the evaluation of both the customer quality of the new design and the process of improving the customer quality by using the PF/PA method. This information can serve as input for new project.

5 Conclusion and recommendations

The PF/PA method should be seen as complementary to the methods prescribed in the product creation process of DAF. It helps to establish one of the main goals of the restructured product creation process, which is improvement of the quality of the output of the product creation process. Also can be concluded that the multidisciplinary execution of the PF/P analysis is a very strong instrument to ascertain the causes of product failure and for the generation of design solutions. The same goes for the use of the method of Fault Tree Analysis. This is a very easy and useful method for the visualisation of the causes of product failure. Contrary to the currently available process FMEA's, the DAF quality registrations are very useful as input for the PF/PA method, because they cover the largest part of all existing product defects. The list with design principles however, isn't complete yet. This list should be extended with new design principles, which will come up during new projects where the PF/PA method is used. Also the validity of the design principles should be checked, to see if they really help to reduce the number of defects caused by assembly operations. The PF/PA method has been set up to improve the customer quality of engines. It has been developed further to be suited for other main components of a truck. Therefore it is recommended that some PF/P analyses will be held for other main components, in the same way they were held for the engine.

Inhoudsopgave

Abstract	i
Voorwoord	ii
Management Summary	iii
Inhoudsopgave	viii

1 Inleiding

1.1 DAF Trucks N.V.	1
1.2 Organisatiestructuur.....	1
1.3 MONVO.....	2
1.4 Het Product Creatie Proces.....	3
1.5 Probleemgebied.....	4
1.6 Probleemstelling.....	5
1.7 Onderzoeksdoelstelling.....	5
1.8 Opbouw van het rapport.....	6

2 Probleemanalyse

2.1 Is er een doelprobleem ?.....	7
2.2 Is er een perceptieprobleem ?.....	9
2.3 Herformulering van de onderzoeksdoelstelling.....	12

3 Onderzoeksaanpak

3.1 Onderzoekstype en onderzoeksontwerp.....	13
3.2 Doelstellingen.....	13
3.3 De probleemoplossingscyclus.....	15
3.4 Werkwijze.....	16
3.4.1 Onderkenning en keuze van het probleem.....	16
3.4.2 Analyse van het probleem.....	18
3.4.3 Genereren van alternatieve ontwerp oplossingen.....	18
3.5 Samenvatting.....	19

4 Productfunctie-/procesanalyses

4.1 Waterpomp.....	20
4.2 Oliepan.....	22
4.3 Draadboom motor met DEB.....	25
4.4 Ontwerpaanwijzingen.....	29
4.5 Samenvatting.....	31

5 Voorstel voor de PF/PA-methode

5.1 Stroomdiagram van de PF/PA-methode.....	32
5.2 Toelichting op de PF/PA-methode.....	33
5.2.1 Voorbereiding.....	33
5.2.2 De PF/P-analyse.....	34
5.2.3 Rapportage.....	35
5.2.4 Selecteren en realiseren van de oplossing.....	35
5.2.5 Implementatie.....	36
5.2.6 Evaluatie.....	36
5.3 Samenvatting.....	36

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies.....	37
6.2 Aanbevelingen.....	40

Afkortingen.....	42
-------------------------	-----------

Literatuur.....	43
------------------------	-----------

Bijlagen

Bijlage 1	De historie van DAF
Bijlage 2	Organisatieschema DAF Trucks N.V.
Bijlage 3	Oorspronkelijke opdrachtomschrijving
Bijlage 4	Vooronderzoek MONVO
Bijlage 5	Product Creatie Proces
Bijlage 6	Het probleemmodel van Ackoff
Bijlage 7	Design for Assembly
Bijlage 8	General Risk Prediction Analysis
Bijlage 9	Foutenboomanalyse
Bijlage 10	Failure Mode and Effect Analysis
Bijlage 11	Waarde-analyse
Bijlage 12	Kwaliteitsregistraties
Bijlage 13	Interne rapportages PF/P-analyses
Bijlage 14	Hulpmiddelen bij de PF/PA-methode
Bijlage 15	Betekenis symbolen stroomdiagram
Bijlage 16	Standaarduitmodiging Productfunctie-/Procesanalyse
Bijlage 17	Standaardrapport Productfunctie-/Procesanalyse

1 Inleiding

In het eerste hoofdstuk van dit rapport wordt de aanleiding voor het afstudeeronderzoek beschreven. Allereerst worden de huidige activiteiten en de organisatiestructuur van DAF Trucks N.V. geschetst. Daarna wordt in paragraaf 1.3 een korte beschrijving gegeven van het 'Masterplan Onderdelenvoorbereiding', waarbinnen de opdracht aanvankelijk zou worden uitgevoerd en de redenen waarom dat niet is gebeurd. In paragraaf 1.4 wordt de aanleiding voor de uiteindelijke uit te voeren opdracht aangegeven en vervolgens in paragraaf 1.5 het probleemgebied. Daaropvolgend worden de probleemstelling, de onderzoeksdoelstelling en de opbouw van de rest van het rapport weergegeven.

1.1 DAF Trucks N.V.

De basis voor het huidige bedrijf DAF Trucks N.V. is gelegd in 1928. De historie van het bedrijf wordt beschreven in bijlage 1. Inmiddels is DAF Trucks N.V. een 100% dochter van het Amerikaanse Paccar Inc.. DAF Trucks N.V. richt zich met haar kernactiviteiten op de ontwikkeling, productie, marketing, verkoop en service van middelzware en zware bedrijfswagens. Daarnaast heeft DAF Trucks een exclusief contract met het Engelse Leyland Trucks Ltd. voor de marketing en verkoop van de door deze onderneming geproduceerde lichte bedrijfswagens in Europa. DAF Trucks levert bovendien componenten, zoals assen, motoren en cabines, aan derden, voor toepassing in onder meer bussen, speciale voertuigen, grondverzetmachines en aggregaten. Productie en assemblage van motoren, vervaardiging van plaatdelen en eindassemblage van middelzware en zware bedrijfswagens vindt plaats in Eindhoven. Fabricage van assen, alsmede assemblage van cabines gebeurt in Westerlo (België).

Bij alle activiteiten richten management en medewerkers van de organisatie, dealers en de importeurs zich naar de eisen en wensen van de klanten van de onderneming. Om de klant zo veel mogelijk toegevoegde waarde te kunnen bieden, is DAF Trucks voortdurend op zoek naar mogelijkheden om de belangrijkste bedrijfsprocessen te verbeteren ten aanzien van klantgerichtheid, kwaliteit, tijd, kosten en zorg voor het milieu.

1.2 Organisatiestructuur

In bijlage 2 staat het organisatieschema van DAF Trucks N.V. weergegeven. Dit is uiteraard niet de volledige formele organisatiestructuur. Daar waar groepen en personen in de organisatie zijn die direct belang hebben bij het afstudeeronderzoek is het schema verder uitgewerkt.

1.3 MONVO

Binnen het streven naar kwaliteit, tijd en kosten vervult de werkvoorbereiding een belangrijke rol. De werkvoorbereiding vormt de schakel tussen productontwikkeling en productie. Werkvoorbereiding wordt omschreven als het bepalen van hoe (keuze van het proces), door wie (in welke fabriek of afdeling) en met welke middelen (machines, gereedschappen, enz.) een bepaald onderdeel of werkstuk gemaakt of gemonteerd zal worden (Perremans, 1994). Getriggerd door de recentelijk verandering van de strategie van DAF Trucks heeft een heroverweging plaatsgevonden ten aanzien van een aantal primaire functies, zoals Productontwikkeling en Inkoop. Dit is eveneens gebeurd voor werkvoorbereiding. Derhalve is een onderzoek gestart, genaamd MONVO (Masterplan Onderdelen Voorbereiding), gericht op verbetering van de prestatie van de werkvoorbereidingsfunctie voor de onderdelenproductie ten aanzien van kwaliteit, tijd en kosten. Dit moet resulteren in de identificatie van de huidige en toekomstige noodzakelijke systemen ten behoeve van de taken en activiteiten van de werkvoorbereiding voor de onderdelenproductie.

De eerste stap in dit project bestond uit een zelfanalyse van de sterkten en zwakten van de werkvoorbereiding, alsmede het opstellen van een beschrijving van het werkvoorbereidingsproces voor de onderdelenproductie. Uit deze stap is een aantal centrale issues naar voren gekomen, die de input vormen voor stap 2. De tweede stap omvat een omgevingsanalyse met betrekking tot de kansen en bedreigingen voor de werkvoorbereiding voor de onderdelenproductie. Hierin wordt ook gezocht naar systemen ten behoeve van het werkvoorbereidingsproces voor de onderdelenproductie.

Het huidige werkvoorbereidingssysteem, DAF Routing, past niet meer in de strategie van DAF Trucks, dat over wil gaan op standaard softwarepakketten. In het kader van deze strategie is het productiebesturingssysteem BaaN V van het softwarehuis BaaN aangeschaft. Dit pakket is echter nog niet geheel uitontwikkeld. Daarom wordt gedurende het implementatietraject een aantal pilotprojecten uitgevoerd met BaaN IV. In diezelfde periode wordt BaaN V verder ontwikkeld tot een gereed product, o.a. op basis van bij DAF opgedane ervaringen, waarna BaaN V DAF-breed wordt geïntroduceerd (roll out). Het is echter niet mogelijk gebleken om de noodzakelijke functionaliteiten van de werkvoorbereiding voor de onderdelenproductie in het BaaN-productiebesturingssysteem te realiseren, voordat de 'roll out' van BaaN V van start gaat. Daarom is een standaard softwarepakket geselecteerd ten behoeve van de werkvoorbereiding voor de onderdelenproductie, een zogenaamd CAPP pakket (Computer Aided Process Planning). Dit pakket zal worden geïntegreerd in de BaaN software. Het geselecteerde pakket ondersteunt echter niet alle taken van het werkvoorbereidingsproces voor de onderdelenproductie, die door DAF Routing werden afgedekt en laat derhalve een aantal taken liggen. Met de CAPP-software wordt echter een zogenaamde 'Toolkit' meegeleverd. Deze Toolkit biedt gebruikers de mogelijkheid om de software toe te snijden op hun specifieke eisen en wensen. Dit biedt de gebruiker de nodige flexibiliteit en diverse mogelijkheden die verbetering van de huidige werkvoorbereiding mogelijk kunnen maken.

In een vooronderzoek (bijlage 4) zijn de taken die niet worden ondersteund en diverse verbeteringsmogelijkheden in kaart gebracht. Vervolgens is nagegaan of, en hoe deze taken, al dan niet met behulp van de CAPP-software, kunnen worden opgelost en of er binnen de organisatie behoefte bestaat aan het realiseren van verbeteringsmogelijkheden. Tevens is nagegaan wat daarbij de beperkende factoren zijn ten aanzien van de oplossing van de deelproblemen, dan wel de realisatie van verbeteringsopties. De deelgebieden die in het vooronderzoek aan de orde zijn gekomen, zijn vastgesteld op basis van discussie binnen de MONVO werkgroep. Het betreft hier de volgende onderwerpen:

- gereedschapbeheer;
- ontbrekende ondersteuning van taken.

Daarnaast bestaan de volgende mogelijkheden ter verbetering van de werkvoorbereidingsfunctie:

- snelle kostprijsbepaling ten behoeve van Design for Manufacture and Assembly (DFMA) en ten behoeve van inkoopondersteuning;
- automatisch genereren van routings;
- berekenbladen voor normtijden;
- procesanalyse van de werkvoorbereidingsstaken;
- voorschriftenbeheer.

De resultaten van het vooronderzoek hebben geleid tot een voorstel aan de MONVO werkgroep ten aanzien van de aan te pakken deelgebieden en een prioriteitsstelling voor betreffende deelgebieden. Aanvankelijk zou de afstudeeropdracht zich gaan richten op één van de genoemde deelgebieden (bijlage 3). Hiervoor was het echter beslist noodzakelijk dat de Toolkit van de CAPP module tijdig beschikbaar zou zijn, omdat anders de planning van het afstudeeronderzoek onder zware druk zou komen te staan en wellicht niet gehaald zou worden. Op dat moment ontstond er een commercieel geschil tussen DAF Trucks en BaaN Company. Al snel bleek dat de oplossing van dit conflict meerder maanden in beslag zou gaan nemen, wat onder andere tot gevolg had dat de CAPP module voorlopig niet beschikbaar zou komen. Door deze ontwikkelingen tijdig te onderkennen, kon de afstudeeropdracht gewijzigd worden zonder al te veel uit de planning te lopen. Het vervolg van dit verslag is een weergave van deze gewijzigde opdracht.

1.4 Het Product Creatie Proces

Eén van DAF's kernactiviteiten is het Product Creatie Proces (PCP), met als doel het ontwikkelen van middelzware en zware bedrijfswagens en het zeker stellen van directe toegang tot technologieën die benodigd zijn voor het ontwerpen van trucks. Beheersing van het PCP is een belangrijk middel bij de realisatie van deze doelen. Continue verbetering van het PCP zorgt voor een steeds betere beheersing van de productkwaliteit voor de klant, de productkosten, de doorlooptijd van het ontwikkelingstraject en het

projectbudget. Met name productkwaliteit voor de klant neemt in de strategie van DAF Trucks een prominente plaats in. Kwaliteit wordt door het topmanagement gezien als een belangrijk concurrentiemiddel in de truckmarkt.

Op basis van de strategische visie op het PCP is een verbeteringsproject van het PCP gestart, dat er op is gericht, via een gestructureerde aanpak, productontwikkeling in te bedden in de organisatie. Dit heeft geresulteerd in een voorstel voor herinrichting van het PCP (bijlage 5), met als doel het leveren van een bijdrage aan het oplossen van knelpunten en het aandragen van verbeteringen op onder andere de volgende gebieden:

- meer toepassing van simultaneous engineering;
- vroege ontwerpwijzigingen;
- minder Kwaliteits Actie Formulieren.

Ter verhoging van de doelmatigheid van het PCP en daarmee de kwaliteit van het product zal een aantal methoden en technieken worden toegepast, waaronder Design for Assembly (DFA).

1.5 Probleemgebied

Design for Assembly (bijlage 7) is een methode om nieuwe producten in een vroeg stadium in de ontwerpfase te beoordelen op assemblage(on)vriendelijkheid (Walravens, 1995). Deze methode, die kan leiden tot tijd- en kostenbesparing, is in de tachtiger jaren gepubliceerd door Boothroyd en Dewhurst van de universiteit van Rhode Island (USA). Het doel is kostprijsbesparing te realiseren door een beter doordacht samengesteld product te ontwerpen. De analyse richt zich op het aanvoeren en monteren van onderdelen en op montagebewerkingen voor zowel handmontage, als automatische montage (met name in de elektronische industrie). De basis voor kwantificering en redesign wordt gevormd door tabellen met tijden voor handmontage, grijpen en voorrichten en door een montageschema van het product. De kracht van de methode is de analytische wijze waarop gepoogd wordt het aantal onderdelen van een product te verminderen. De gedachte is dat reductie van het aantal onderdelen in een product leidt tot minder materiaalkosten, minder bewerkingskosten en minder montagekosten. Neveneffecten hiervan zijn ook daling van de beheerskosten, doordat bijvoorbeeld minder tekeningen hoeven te worden gemaakt, minder productiemachines nodig zijn, de logistieke besturing eenvoudiger wordt, minder geïnvesteerd hoeft te worden in matrijzen en gereedschappen, kortere montagelijnen nodig zijn, minder toeleveranciers, inkooporders en facturen nodig zijn en de inleercurve voor medewerkers in montageafdelingen korter wordt. Doordat het aantal onderdelen afneemt, daalt de kans op het maken van fouten bij productie en montage. Hetzelfde geldt voor de logistiek. Minder onderdelen leidt onder andere tot minder voorraden, minder intern transport en verbetering van de leveringsbetrouwbaarheid door een lagere kans op buiten voorraad raken van onderdelen.

De DFA-methode is gericht op tijd- en kostenbesparing en niet op verbetering van de kwaliteit van het product of verbetering van de logistiek. Verbetering van de kwaliteit van het product en verbetering van de logistiek zijn positieve neveneffecten, maar vallen niet binnen het aandachtsgebied van Design for Assembly. De methode biedt blijkbaar wel mogelijkheden om de productkwaliteit en de logistiek in de conceptfase van het ontwerpproces te beïnvloeden, maar bij toepassing van DFA op de conventionele manier worden deze mogelijkheden niet bewust benut. De doelstelling van het toepassen van methoden en technieken in het PCP is verhoging van de doeltreffendheid van het PCP en daarmee verbetering van de productkwaliteit. Verbetering van de logistiek is primair geen aandachtspunt van het PCP. Daarnaast is uit gesprekken met logistieke medewerkers van DAF gebleken dat er ten aanzien van logistiek geen urgente problemen met betrekking tot het productontwerp bestaan, in tegenstelling tot de situatie bij de kwaliteitsdienst. DAF Trucks is bijvoorbeeld onlangs gestart met de ontwikkeling van een nieuwe zware motor (DAF MX-motor), die in het jaar 2003 of 2004 op de markt moet komen. De kwaliteitsdienst van de motorenfabriek acht verbetering van het productontwerp met betrekking tot de samenbouw noodzakelijk, om de kwaliteitsdoelstellingen te halen.

1.6 Probleemstelling

Uit de beschrijving van de bedrijfssituatie en het probleemgebied kwam naar voren dat de productkwaliteit voor de klant en de logistiek te verbeteren zijn door in ontwerpfase al rekening te houden met montage van het product. Op basis van vooronderzoek is besloten om aan verbetering van de logistiek met behulp van de DFA-methode in het vervolg van het onderzoek geen aandacht meer te besteden. De probleemstelling van het onderzoek luidt derhalve:

Toepassing van Design for Assembly beïnvloedt de productkwaliteit niet zonder meer gericht.

Hierbij wordt het begrip productkwaliteit gedefinieerd als: “de mate waarin het product aan de technische specificaties voldoet.”

1.7 Onderzoeksdoelstelling

Op basis van bovenstaande probleemstelling wordt de onderzoeksdoelstelling nu als volgt geformuleerd:

Bepaal welke ontwerpinformatie met betrekking tot assemblage, in de conceptfase van het ontwerpproces van de nieuwe zware motor aan productontwikkeling kan worden verschaft, opdat door productontwikkeling gericht aandacht wordt besteed aan verbetering van de productkwaliteit.

1.8 Opbouw van het rapport

Het vervolg van het onderzoek is onder te verdelen in een diagnostische fase en een oplossingsfase. In de diagnosefase wordt bovenstaand probleem geanalyseerd aan de hand van het probleemmodel van Ackoff (bijlage 6). Op basis daarvan volgt de formulering van de definitieve opdracht, waarna de oplossingsfase start. In hoofdstuk 3 wordt het plan van aanpak voor de uitvoering van het onderzoek gepresenteerd. In hoofdstuk 4 worden de onderzoeksresultaten beschreven. In hoofdstuk 5 wordt een voorstel gedaan voor een methode waarmee de productkwaliteit verbeterd kan worden door in de conceptfase van het ontwerpproces al rekening te houden met assemblage van componenten. In hoofdstuk 6 wordt afgesloten met de conclusies en de aanbevelingen.

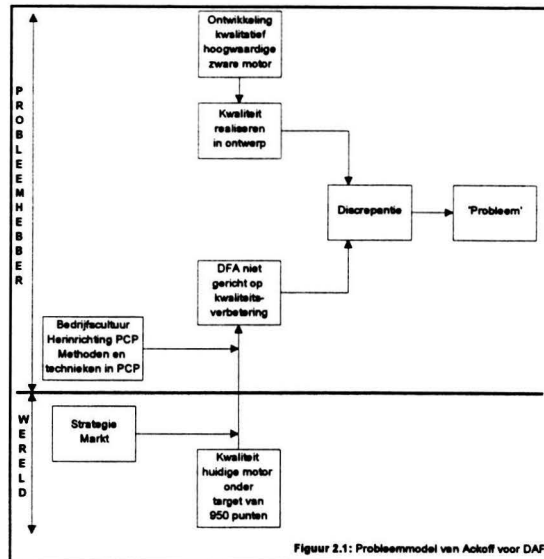
Bij DAF Trucks worden de begrippen assemblage en montage willekeurig gebezigd. In dit verslag zal over assemblage worden gesproken als een product uit een aantal, in omvang, min of meer gelijkwaardige componenten in elkaar wordt gezet.

Het begrip montage wordt gebruikt als bij het in elkaar zetten van een product wordt uitgegaan van één dominant component, dat in omvang ook duidelijk verschilt van de overige componenten van de samenstelling.

Omdat dit verslag zich beperkt tot de motoren zal worden gesproken over montage, omdat bij het in elkaar zetten van motoren wordt uitgegaan van het motorblok als dominant component waarin en waarop allerlei andere componenten worden gemonteerd. Wanneer wordt gesproken over het in elkaar zetten van trucks wordt gesproken over assemblage, omdat een truck grofweg wordt samengesteld uit een aantal assen, een cabine, een motor en een chassis. Delen die min of meer gelijkwaardig aan elkaar zijn qua omvang.

2 Probleemanalyse

In de diagnostische fase wordt nagegaan wat de aard van het probleem en wat de belangrijkste belemmeringen zijn voor de oplossing van het probleem. Figuur 2.1 is een vertaling van het probleemmodel van Ackoff naar de DAF situatie. Aan de hand van dit model wordt nagegaan of er sprake is van een perceptieprobleem, een doelprobleem of een reëel probleem. In paragraaf 2.1 wordt nagegaan of het probleem een doelprobleem is. In paragraaf 2.2 wordt vastgesteld of er een perceptieprobleem bestaat. Als het probleem noch een doelprobleem, noch een perceptieprobleem is, kan er vervolgens automatisch



Figuur 2.1: Probleemmodel van Ackoff voor DAF.

geconcludeerd worden dat er een realiteitsprobleem bestaat. Als de aard van het probleem is vastgesteld, kan worden bepaald welke maatregelen er genomen moeten worden om het probleem op te lossen. In paragraaf 2.3 volgt de herformulering van de onderzoeksdoelstelling.

2.1 Is er een doelprobleem?

In deze paragraaf wordt nagegaan of het gestelde probleem veroorzaakt wordt doordat het doel van het systeem niet gerechtvaardigd is. Het systeem dat in dit geval wordt beschouwd is de DAF organisatie, die in feite de rol van probleemhebber vervult. Het aspect productkwaliteit vormt binnen dit systeem de scope van het onderzoek. Dat productkwaliteit een belangrijke plaats inneemt in de DAF organisatie blijkt uit de missie van DAF Trucks:

- ⇒ “DAF is a quality player in the European truck industry.....’Customer-first’ is the foundation of DAF’s success.”
- ⇒ “DAF continuously looks for opportunities to redesign its key business processes for greater customer orientation, quality, efficiency and environmental care. ‘Getting the basics right’ in terms of total quality in every single process is a prerequisite.”

Deze uitspraken geven echter nog niet aan hoe een kwalitatief hoogwaardig product tot stand dient te komen. Daarvoor zal gekeken moeten worden naar de, van de DAF strategie afgeleide, Product Creation Vision. Hierin staat onder andere:

⇒ “We constantly introduce process improvements that help us better control product quality/performance, product cost, development lead-time and project budget.”

Hier valt uit af te leiden dat Productontwikkeling zich zelf tot doel heeft gesteld de kwaliteit voor de klant van nieuw te ontwikkelen producten zeker te stellen in het ontwerpproces. Eén van de concrete maatregelen die in dit perspectief is genomen, is de herinrichting van het Product Creatie Proces (PCP). Door structuur aan te brengen in het PCP beoogt DAF alle ontwikkelingsafdelingen op een eenduidige manier hun activiteiten te laten verrichten, teneinde een betere beheersing te realiseren van kwaliteit, kosten, doorlooptijd en leveringsbetrouwbaarheid. Om de doorlooptijd van het PCP te verkorten, wordt onder andere simultaneous engineering toegepast en wordt gebruik gemaakt van geselecteerde methoden en technieken. Welke methoden en technieken op welk moment in het PCP en voor welke componenten worden toegepast, wordt bepaald aan de hand van een globale risicoanalyse (GRPA, bijlage 8) op de onderdelen van het te ontwerpen hoofdcomponent. Door het structureel toepassen van methoden en technieken in het PCP wordt beoogd alle betrokken disciplines vanaf de start van een project een bijdrage te laten leveren aan de totstandkoming van een kwaliteitsproduct voor de klant.

Ook uit de rapportage van de kwaliteitsdienst van de motorenfabriek (KD Motor) over 1996 blijkt dat KD Motor zich op basis van de DAF visie een aantal doelen heeft gesteld. Voor 1997 is het doel een motor met een score van 950 punten¹ te produceren, afgeleid van een score van 990 punten voor een af te leveren truck. In 1996 werd een score van gemiddeld 858 punten over alle motortypes gerealiseerd. Bij een gelijkblijvende toestand zal het doel voor 1997 dus niet worden gehaald. Om dit doel toch te kunnen realiseren wordt in de genoemde rapportage een aantal maatregelen voor 1997 aangedragen om de huidige kwaliteit te kunnen borgen en te verbeteren. Maatregelen om kwaliteitsborging en kwaliteitsverbetering zeker te stellen, zijn onder andere het opstellen van een eisenpakket waar rekening mee moet worden gehouden bij de herinrichting van de motorenfabriek en de testhal, het zogenaamde Masterplan Assemblage & Test. Dit eisenpakket (Masterplan Kwaliteitszekerstelling Motoren Assemblage & Test) is gebaseerd op, in verschillende kwaliteitsregistraties, geconstateerde afwijkingen van de technische specificatie. In het Masterplan Kwaliteitszekerstelling Motoren Assemblage & Test wordt ondermeer gesteld dat de kwaliteitsborgingssystematiek in de volgende prioriteitsvolgorde dient te verlopen:

1. In het ontwerp;
2. In het proces;
3. Manonafhankelijke in-process control;
4. Manafhankelijke zelfcontrole;
5. Manafhankelijke vervolcontrole.

¹ DAF drukt het kwaliteitsniveau van producten uit in punten. Uitgaande van een maximale score van 1000 punten vindt puntenaftrek plaats indien een te meten item niet de vereiste kwaliteit heeft. Dit gebeurt voor een af te leveren voertuig en voor de hoofdcomponenten: as, motor en cabine.

Ook de algemene opvatting buiten DAF is, dat de kwaliteit in het productontwerp geborgd dient te worden, gegeven de NEN-ISO 9004 definitie van 'kwaliteit in de ontwerpfunctie':

De bijdrage van de specificatie en het ontwerp aan de kwaliteit:

Bij de functiespecificatie en het ontwerp dient er zorg voor te worden gedragen dat de behoeften van de afnemer, uitgedrukt in de productbeschrijving, zijn vertaald in technische specificaties voor materialen, producten en processen. Dit dient te leiden tot een product dat de afnemer tevreden stelt tegen een aanvaardbare prijs en het bedrijf een voldoende opbrengst van investeringen oplevert. Het ontwerp dient zo te zijn dat het product of de dienst realiseerbaar, verifieerbaar en beheersbaar is onder de voorgestelde omstandigheden met betrekking tot het vervaardigen, installeren, in werking stellen of gebruiken.

Er vanuitgaande dat er in de markt over 5 à 6 jaar inderdaad behoefte bestaat aan een kwalitatief hoogwaardige motor van meer dan 13 liter en het puntensysteem een goede vertaling is van wat de klant wil, kan gesteld worden dat het doel om de kwaliteit van het product in het ontwerp zeker te stellen te rechtvaardigen is en er dus geen doelprobleem bestaat.

2.2 Is er een perceptieprobleem?

Als perceptie van de realiteit wordt aangegeven dat door toepassing van de Design for Assembly-methode (DFA), zoals beschreven door Boothroyd en Dewhurst, de productkwaliteit niet zonder meer gericht wordt beïnvloed. Door de DFA-methode aan een nader onderzoek te onderwerpen, kan worden bepaald of dit inderdaad het geval is.

De DFA-methode bestaat uit een analyse- en een redesignfase. In de analysefase wordt nagegaan welke onderdelen verdacht zijn en derhalve in aanmerking komen voor herontwerp. Voor het herontwerp van een onderdeel worden door Boothroyd en Dewhurst geen concrete ontwerpregels aangegeven. Weliswaar bestaan er regels die de monteerbaarheid van het productontwerp verbeteren, maar die zijn ongestructureerd en er bestaat geen systematiek voor het toepassen van dergelijke ontwerpaanwijzingen (Syan, 1994). Na herontwerp bestaat een product uit minder onderdelen die eenvoudiger te pakken, oriënteren, plaatsen en bevestigen zijn. In principe zou het nieuwe product dus minder afwijkingen van de technische specificatie moeten vertonen, omdat met minder onderdelen en een lagere moeilijkheidsgraad de kans op het maken van fouten lager is. De analyse is echter uitgevoerd op basis van het aantal onderdelen en de tijd die nodig is om onderdelen te grijpen, voorrichten, plaatsen en bevestigen. Hierdoor blijft de kwaliteit buiten beschouwing. Ter illustratie een voorbeeld:

Zo'n 12 jaar geleden produceerde DAF 3 typen motoren; een zware, een middelzware en een lichte motor. In elk van deze motoren zat een andere nokkenas. Door veranderende technologie verdubbelde in korte tijd het aantal nokkenassen. De nieuwe typen nokkenassen hadden iets andere nokken ten opzichte van de oude nokkenassen, maar voor een montagemedewerker was dit onderscheid nauwelijks waar te nemen, zodat het regelmatig gebeurde dat er een verkeerde nokkenas in een motor gemonteerd werd, waardoor de motor bij de eerste de beste test in elkaar liep. Pas nadat de nieuwe typen nokkenassen waren voorzien van een duidelijk kenmerk, kwam het probleem niet meer voor.

Dergelijke afwijkingen van de technische specificatie komen niet aan het licht bij een conventionele DFA-analyse, omdat het aantal onderdelen en de montagetijd gelijk bleven ten opzichte van de oude situatie, terwijl het probleem met een DFA-ontwerpregel had kunnen worden voorkomen. De DFA-methode biedt blijkbaar wel mogelijkheden om de productkwaliteit voor de klant in de conceptfase van het ontwerpproces te beïnvloeden, maar bij toepassing van DFA op de conventionele manier worden deze mogelijkheden niet bewust benut.

Aan de hand van de vier M's: mens, methode, machine en materiaal, kan worden nagegaan wat DFA laat liggen ten aanzien van kwaliteitsverbetering voor de klant en op welk(e) gebied(en) mogelijkheden liggen, die leiden tot vermindering van het aantal afwijkingen van de technische specificatie van het product.

Mens

Montage van onderdelen kan vaak niet conform de gestelde kwaliteitseisen worden uitgevoerd doordat het productontwerp en de daaruit voortvloeiende montagemethode dit niet toelaten. In het geval van DAF betreft het hier voornamelijk handmatige montage en slechts in enkele gevallen is de montage gedeeltelijk geautomatiseerd. Dit houdt in dat de geleverde kwaliteit hoofdzakelijk afhankelijk is van menselijk handelen. De invloed van productiemedewerkers op de uitvoering van het proces en daarmee de productkwaliteit staat bij DAF te boek als manafhankelijkheid. Dit moet echter niet geïnterpreteerd worden alsof productiemedewerkers de oorzaak zijn van het niet voldoen aan de technische specificaties van het product. Als goed over het product- of procesontwerp is nagedacht, zullen de mensen op de vloer, normaal gesproken, geen fouten kunnen maken. Manafhankelijkheid bestaat uit de volgende factoren (DAF Masterplan Assemblage & Test, 1996):

1. een onderdeel wordt niet gemonteerd. De medewerker vergeet bijvoorbeeld een onderdeel te monteren.
2. er wordt een foutief onderdeel gemonteerd. De turbo van een lichte motor wordt op een middelzware motor gemonteerd.
3. een onderdeel wordt foutief gemonteerd. Een brandstofslang wordt achterstevoren gemonteerd.

4. een onderdeel wordt onvoldoende gemonteerd. Bouten worden bijvoorbeeld niet vast genoeg aangedraaid.

Geen van deze factoren komt expliciet tot uiting in de analysefase van de DFA-methode. Als veel tijd nodig is voor montage van bepaalde onderdelen is dit geen indicatie voor de manafhankelijkheid van de montage. Slechts de factor 'onvoldoende montage van een onderdeel' kan moeilijk uit te voeren montage als mogelijke oorzaak hebben. In dat geval is voor het betreffende onderdeel een lange tijd op het werkblad ingevuld en wordt het als probleem op het montageschema aangegeven. Een onderdeel dat echter snel en eenvoudig kan worden gemonteerd, kan ook op onvoldoende wijze worden gemonteerd. Uit de op het werkblad ingevulde tijd blijkt dan niet dat er zich problemen voordoen met het betreffende onderdeel.

Methode

DFA doet in de redesignfase geen aanbevelingen ten aanzien van handmatige of automatische montage van onderdelen. Analyse van handmatige en automatische montage zijn bij de DFA-methode volgens Boothroyd en Dewhurst zelfs gescheiden. DFA probeert door wijziging van onderdelen het grijpen, positioneren, plaatsen en bevestigen van onderdelen te vereenvoudigen, d.w.z. te versnellen, om zodoende de montagekosten te verlagen. Montage van een product is opgebouwd uit de volgende stappen (Andreassen e.a., 1988):

1. voorbereiden;
2. positioneren;
3. plaatsen;
4. bevestigen.

Bij handmatige montage kunnen bij elk van deze stappen fouten worden gemaakt. Er is dus een grote overlap met de categorie 'mens'. Meer ervaren mensen kunnen namelijk met minder beheerste methoden toch een beheerst resultaat bereiken.

Machine

Deze categorie speelt binnen DFA-analyse een beperkte rol, vanwege de lage mechanisatiegraad bij DAF. Bij de montage van onderdelen wordt wel gebruik gemaakt van hulpgereedschappen. Het gebruik van hulpgereedschappen leidt tot langere tijden op het werkblad en wordt dus als probleem op het montageschema aangegeven. Beschadigingen die veroorzaakt worden door onjuist gebruik van apparatuur blijken echter niet uit het werkblad, maar zijn wellicht te voorkomen door verbetering van het ontwerp. Ook deze categorie vertoont overlap met de categorie 'mens'.

Materiaal

Het belangrijkste probleem met betrekking tot materialen betreft, in de DAF-situatie, vervuiling. Dit probleem vormt geen onderwerp van de DFA-analyse, omdat het niet of nauwelijks wordt veroorzaakt

door montagehandelingen. Kwaliteitsproblemen als gevolg van vervuiling zijn eveneens niet te herleiden tot de montage en worden dus in het vervolg van het onderzoek niet meegenomen.

DFA is gericht op verlaging van de productiekosten door enerzijds het aantal onderdelen te verminderen en anderzijds de montagetijd te verlagen. Terugdringen van de manafhankelijkheid lukt, blijkens de 4M-analyse, niet met behulp van DFA. De methode is voortgekomen uit de consumentenelectronica-industrie. Met die afkomst in het achterhoofd moet goed worden overwogen om een dergelijke methode toe te passen in de automotive-industrie, omdat integratie van onderdelen daar door de omvang en het gewicht van de onderdelen en de krachten op die onderdelen veel moeilijker is dan in de consumentenelectronica-industrie. De verbetering van de kwaliteit voor de klant die DFA voorstaat, wordt daarmee nog onzekerder, omdat het in de automotive-industrie dus minder vanzelfsprekend zal zijn dat er veel onderdelen geïntegreerd kunnen worden.

Uit het voorgaande blijkt dat de DFA methode niet zonder meer gerichte kwaliteitsverbetering bewerkstelligt en er dus geen sprake is van een perceptieprobleem. Daar in paragraaf 2.1 is geconstateerd dat er ook geen doelprobleem bestaat, kan de conclusie worden getrokken dat het probleem een realiteitsprobleem is. Dat betekent dat te nemen maatregelen gericht moeten zijn op het wijzigen van de realiteit.

2.3 Herformulering van de onderzoeksdoelstelling

Uit voorgaande analyse blijkt dat er een tweetal problemen moet worden opgelost. Enerzijds moet bepaald worden welke afwijkingen van de technische specificatie, die veroorzaakt worden door montagefouten, kunnen worden opgelost door het productontwerp aan te passen. Anderzijds moet bepaald worden hoe deze problemen kunnen worden opgelost. Voor oplossing van het eerste probleem moet in beeld worden gebracht welke problemen het gevolg zijn van de manafhankelijkheid van het proces en vervolgens door welke montagehandeling het probleem veroorzaakt wordt. Het tweede punt moet betreffen het genereren van een verzameling ontwerpregels, die de constructeur in de conceptfase van het ontwerpproces moet ondersteunen bij het ontwerpen van een onderdeel, dat minder afwijkingen van de technische specificatie kent als gevolg van montagefouten.

Op basis van de probleemanalyse luidt de herformulering van de onderzoeksdoelstelling:

- *Ontwikkel een methode waarmee afwijkingen van de technische specificatie van motoren kunnen worden vertaald naar montage-handelingen en waarmee kwaliteitsverbetering voor de klant wordt bewerkstelligd in de conceptfase van het ontwerpproces.*
- *Leid ontwerpaanwijzingen af voor de montage van motoren, die verbetering van de productkwaliteit voor de klant van de nieuw te ontwikkelen motorengeneratie bewerkstelligen.*

3 Onderzoeksaanpak

In de eerste paragraaf van dit hoofdstuk wordt aangegeven voor welk type onderzoek en voor welk onderzoeksontwerp is gekozen. Vervolgens wordt in paragraaf 3.2 een aantal doelstellingen met betrekking tot de te volgen werkwijze opgesomd waarbij met de ontwikkeling van de methode en de ontwerprichtlijnen rekening moet worden gehouden. Op basis daarvan wordt in paragraaf 3.4 de onderzoeksaanpak beschreven. Bij de onderzoeksaanpak is uitgegaan van de probleemoplossingscyclus, die in paragraaf 3.3 wordt toegelicht. In paragraaf 3.5 wordt dit hoofdstuk nog even kort samengevat.

3.1 Onderzoekstype en onderzoeksontwerp

Een methode om voor nieuwe producten, vermindering van het aantal kwaliteitsfouten in de fabriek te borgen in het productontwerp, en daarmee samenhangend een verzameling ontwerprichtlijnen, ontstaat niet van de ene op de andere dag. Ook is vooraf niet bekend hoe een dergelijke methode er uit moet zien en moet worden ingericht. De werkwijze voor het ontwikkelen van een methode wordt niet van tevoren vastgelegd. Onder het motto: “al doende leert men”, zal geleidelijk aan een toepasbare methode met praktische ontwerpaanwijzingen ontstaan, waarbij het er op aan komt het onderzoeksmateriaal voor zichzelf te laten spreken en er uit te halen wat er in zit. Het type onderzoek zal daarom exploratief van aard zijn (Baarda, 1995).

Voor de concrete ontwikkeling van een methode is gekozen voor het gebruik van case-studies, omdat een case-study als oogmerk heeft een overzichtelijk systeem of proces te beschrijven, zonder dat een specifieke probleemstelling is uitgewerkt, zoals in dit project het geval is. De probleemstelling geeft aan dat Design for Assembly de productkwaliteit voor de klant niet zonder meer gericht beïnvloedt, maar hoe die productkwaliteit dan wel moet worden beïnvloed, is op dat moment nog niet bekend. Omdat niet bekend is hoe een methode er precies uit moet komen te zien, worden case-studies, in dit geval productfunctie-/procesanalyses (PF/P-analyses) genoemd, uitgevoerd om te bestuderen welke factoren er een bevorderende of belemmerende rol spelen. Door middel van participerende observatie en open (groeps)interviews worden gegevens verzameld. In de regel zijn de resultaten van een case-study niet te generaliseren naar andere plaatsen en tijden. Om toch na te kunnen gaan of er een breed toepasbare methode te ontwikkelen is, worden meerdere PF/P-analyses uitgevoerd om zoedoende door onderlinge vergelijking tot breder toepasbare kennis te komen.

3.2 Doelstellingen

Door PF/P-analyses te houden, zal getracht worden een hanteerbare methode te vinden, die uitgaande van afwijkingen van de technische specificatie als gevolg van de montage van motoren, kwaliteitsverbetering

van een nieuwe generatie zware motoren moet realiseren. Ten aanzien van de uiteindelijke methode is een aantal doelstellingen geformuleerd. Voor het eerste deel van de onderzoeksdoelstelling zijn dit:

Voor het bedrijf

- Op basis van een GRPA, die wordt uitgevoerd in het kader van het PCP, wordt bepaald welke nieuwe of te herontwerpen componenten worden geanalyseerd teneinde kwaliteitsverbetering door middel van een montagegericht ontwerp te realiseren.
- Een steeds terugkerende afwijking van de technische specificatie die het gevolg is van een montagehandeling moet door aanpassing van het ontwerp worden opgelost.

Voor het onderzoek

- Een methode die voor motoren ontwikkeld wordt, dient overdraagbaar te zijn naar andere hoofdcomponenten (cabine en as) van een truck.

Met betrekking tot de uitgangspunten

- Ondanks dat de methode bij de voorontwikkeling van nieuwe producten zal worden toegepast, kan gebruik worden gemaakt van afwijkingen van de technische specificatie met bestaande onderdelen van voorgaande motorgeneraties. Dit is mogelijk, omdat de motortechnologie zich, historisch gezien, niet snel ontwikkelt, wat betekent dat een nieuw motorontwerp voornamelijk herontworpen componenten bevat. Derhalve kunnen bestaande afwijkingen van de technische specificatie met vergelijkbare onderdelen uit eerdere motorgeneraties als input worden gebruikt om deze problemen in een nieuw ontwerp te elimineren.
- Problemen worden bij DAF, met name door technici, bij voorkeur opgelost door zo snel mogelijk een afdoende oplossing voor het probleem te bedenken. Een probleem zal zelden grondig geanalyseerd worden, omdat de volgende problemen zich op dat moment alweer aandienen. Van een geregistreerde afwijking van de technische specificatie moet daarom op eenvoudige en systematische wijze kunnen worden bepaald welke montagehandeling ten grondslag ligt aan het probleem, zodat gericht naar ontwerp oplossingen kan worden gezocht.

Voor de werkwijze

- Een Productfunctie-/Procesanalyse (PF/P-analyse) moet snel kunnen worden uitgevoerd. Een sessie mag niet langer duren dan 2 à 3 uur.
- Een PF/P-analyse van de montage van een onderdeel moet methodisch worden aangepakt. De uitvoering van de PF/P-analyses moet goed worden gedocumenteerd om uit de resultaten van het herontwerp van een onderdeel een aantal ontwerpaanwijzingen af te kunnen leiden.
- Er moeten PF/P-analyses op meerdere verschillende onderdelen worden uitgevoerd om een aantal meer generieke ontwerpaanwijzingen af te kunnen leiden.
- PF/P-analyses van producten dient in multidisciplinair verband uitgevoerd te worden, zodat het probleem van verschillende kanten benaderd wordt en een realiseerbare oplossingen worden geopperd. Daarnaast is dit noodzakelijk ter bevordering van Simultaneous Engineering bij DAF.

Doordat verscheidene betrokkenen gezamenlijk en tegelijkertijd aan hetzelfde probleem werken, wordt dubbel werk voorkomen, waardoor de doorlooptijd van een productontwikkelingsproject korter wordt.

Met betrekking tot de voorwaarden

- Informatiebronnen met betrekking tot afwijkingen van de technische specificatie moeten doorlopende registraties zijn om te voorkomen dat uit wordt gegaan van afwijkingen van de technische specificatie die niet meer aan de orde zijn. Derhalve is het voldoende om naar de kwaliteitsregistraties van de aan de analyse voorafgaande twee jaar te kijken.

Met betrekking tot het tweede deel van de onderzoeksdoelstelling zijn de volgende doelen gesteld:

- Ontwerpaanwijzingen mogen niet te globaal zijn. Ontwerpaanwijzingen moeten de ontwerper duidelijk maken hoe een product zodanig ontworpen kan worden, dat afwijkingen van de technische specificaties als gevolg van montagefouten worden voorkomen.
- Ontwerpaanwijzingen moeten niet te gedetailleerd zijn, om te voorkomen dat ze slechts voor één onderdeel kunnen worden toegepast.

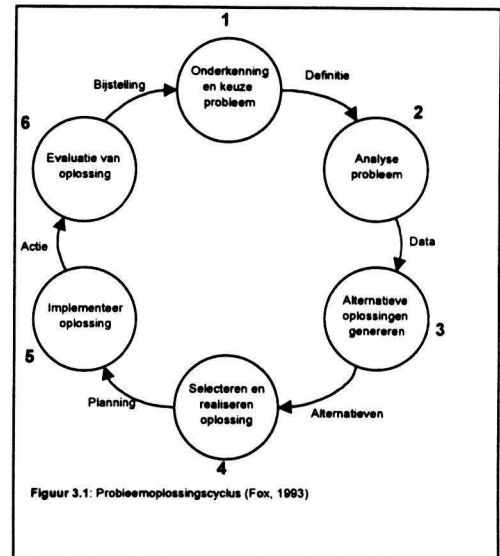
3.3 De probleemoplossingscyclus

De PF/P-analyses moeten gestructureerd worden uitgevoerd om zeker te stellen dat oorzaken van montagefouten ongedaan worden gemaakt. Omdat wordt uitgegaan van bestaande afwijkingen van de technische specificatie met onderdelen die terug zullen keren in het nieuwe ontwerp van een zware motor, worden de PF/P-analyses opgezet aan de hand van de probleemoplossingscyclus (Fox, 1993). Dit is een eenvoudig model (figuur 3.1) dat door zowel individuen als teams kan worden toegepast bij het oplossen van problemen van diverse aard. Het gebruik van de probleemoplossingscyclus voorkomt onder andere dat:

- te snel een oplossing voor het probleem wordt aangenomen, zonder dat het probleem goed is gedefinieerd;
- onvoldoende gegevens worden verzameld;
- een niet te realiseren oplossing wordt voorgesteld;
- niet alle personen bij het project worden betrokken, die bij de implementatie van de oplossing betrokken moeten zijn;
- de implementatie van de oplossing onvoldoende wordt voorbereid.

De probleemoplossingscyclus bestaat uit de volgende stappen:

1. Onderkenning en keuze van het probleem;
2. Analyse van het probleem;
3. Genereren van alternatieve ontwerp oplossingen;
4. Selecteren en realiseren van de ontwerp oplossing;
5. Implementatie van de oplossing;
6. Evaluatie van de oplossing.



Door deze cyclus voor een aantal onderdelen, waarvan bekend dat er zich afwijkingen van de technische specificatie voordoen, te doorlopen, wordt een start gemaakt met de ontwikkeling van een methode die op termijn toepasbaar is binnen het PCP. Daarnaast wordt op basis van de gekozen ontwerp oplossingen een aantal generieke ontwerpaanwijzingen afgeleid, die afwijkingen van de technische specificatie door montagefouten moeten voorkomen.

De stappen één, twee en drie van de probleemoplossingscyclus zullen binnen het onderzoek worden uitgevoerd.

De laatste drie stappen vallen niet binnen de scope van het afstudeeronderzoek, omdat selectie en realisatie van aanpassing van het ontwerp afhankelijk is van selectiecriteria die Productontwikkeling hanteert voor aanpassing van het ontwerp. Implementatie van ontwerp oplossingen valt niet binnen de beïnvloedingssfeer van de afstudeerder, omdat dit het werkgebied is van de productontwerper. Evaluatie van het nieuwe ontwerp is niet te realiseren binnen de beschikbare tijd voor de afstudeeropdracht, omdat de marktintroductie van de MX motor gepland staat voor het jaar 2003/2004. De laatste drie stappen zullen echter wel terugkomen in de methode voor kwaliteitszekerstelling in het ontwerp, maar zullen niet eerder tot ontwikkeling kunnen komen dan dat de daadwerkelijke voorontwikkeling van componenten voor de MX motor gaat lopen. Het uitvoeren van de resterende stappen is noodzakelijk om het herontwerp uit te kunnen voeren en te implementeren en de tijdens het proces optredende leereffecten te kunnen benutten bij nieuw uit te voeren projecten.

3.4 Werkwijze

3.4.1 Onderkenning en keuze van het probleem

Als eerste wordt op basis van de volgende informatiebronnen bepaald welke onderdelen afwijkingen van de technische specificatie vertonen:

- Auditsysteem Kwaliteitsdienst Motoren Assemblage & Test;
- Storingsregistratie Motoren Testhal;
- Registratiesysteem Truck Assemblage cel 14 “motordrop”;
- Registratiesysteem 60 mtr. controlelijn/”Rolling Road”;
- Registratiesysteem Kwaliteitsdienst Truck Assemblage;
- Registratiesysteem FBU-audit Truck Assemblage;
- Garantie- en servicekosten.

De aard, de frequentie en de ernst (uitgedrukt in het verlies van punten of herstelkosten) van de geregistreerde afwijkingen van de technische specificatie bepalen welk onderdeel aan een nader onderzoek zal worden onderworpen. De in de registraties vermelde afwijkingen van de technische specificatie omvatten zowel oorzaken (bijvoorbeeld: “bout niet vast”) als symptomen (bijvoorbeeld: “lekkage”). Een symptoom is een indicatie voor het niet of slechts gedeeltelijk functioneren van een product, terwijl een oorzaak de reden is van het niet of deels functioneren van een product. Bij de PF/P-analyse moet altijd een symptoom als uitgangspunt worden genomen om te voorkomen dat er oorzaken over het hoofd worden gezien. Door door te vragen naar de oorzaken van een symptoom kunnen de grondoorzaken van een symptoom achterhaald worden.

Bij PF/P-analyse dienen vertegenwoordigers van verschillende disciplines aanwezig te zijn. Bij een analyse moeten minimaal personen uit de volgende gebieden aanwezig zijn:

- Productontwikkeling, omdat de productontwerper goed bekend is met de technische specificaties van een product;
- Werkvoorbereiding, omdat de werkvoorbereider de montagemethode van het product opstelt;
- Productie, omdat monteurs over veel praktische kennis beschikken met betrekking tot de montage van een product en het best aan kunnen geven waarom bepaalde fouten gemaakt worden;
- Kwaliteitsdienst, omdat kwaliteitscontroleurs veel weten over afwijkingen van de technische specificatie van een product.

Daarnaast is het in sommige gevallen raadzaam om medewerkers van de Service Technische Dienst (STD) bij de productanalyses te betrekken, omdat de STD problemen in het veld op moet lossen en derhalve ook een mening heeft in hoeverre een probleem het gevolg is van het ontwerp en hoe het ontwerp aangepast zou moeten worden. Tijdens een PF/P-analyse zal de afwijking van de technische specificatie die het meeste afbreuk doet aan de kwaliteit voor de klant van het onderdeel, in eerste instantie worden onderzocht. Tijdens de analyse zal hier door de deelnemers overeenstemming over moeten worden bereikt.

3.4.2 Analyse van het probleem

De oorzaken van het probleem moeten door nadere analyse van de montage van het product boven water komen. De voor de analyse relevante informatie wordt verkregen uit tekeningen van het onderdeel, het fysieke onderdeel, montage-instructies en video-opnamen van het montageproces van het onderdeel. Met behulp van een foutenboomanalyse (Fault Tree Analysis, bijlage 9) kunnen mogelijke oorzaken van een probleem worden opgespoord (Delhoofen, 1994). Door toepassing van deze methode wordt een overzicht verkregen van de componenten die moeten falen om tot het beschreven eindeffect te komen. Als de falende componenten bekend zijn, dient te worden nagegaan in hoeverre de problemen met betreffende componenten veroorzaakt worden bij de montage van onderdelen. Hiertoe moet worden bepaald of het probleem het gevolg is van:

- een onderdeel dat niet gemonteerd is;
- montage van een verkeerd onderdeel;
- verkeerde montage van een onderdeel;
- onvoldoende montage van een onderdeel.

Met andere woorden: er moeten worden vastgesteld of manafankelijkheid de grondoorzaak van een symptoom is.

Vervolgens moet worden bepaald of de montage automatisch of handmatig wordt uitgevoerd. Indien de montage handmatig wordt uitgevoerd, bepaal dan welke montagehandeling ten grondslag ligt aan het probleem:

- voorbereiden;
- positioneren;
- plaatsen;
- bevestigen.

Hieropvolgend kan het probleem nader worden gespecificeerd.

3.4.3 Genereren van alternatieve ontwerp oplossingen

Na de voorgaande stappen is het probleem nu tot op het niveau van montagehandelingen gedefinieerd. Op die manier kunnen ontwerpaanpassingen worden bedacht die het probleem oplossen, dat door betreffende montagehandeling wordt veroorzaakt. Hierbij kan het nuttig zijn om eerst de functie die het onderdeel vervult vast te stellen om te voorkomen dat er tijdens het genereren van alternatieve ontwerp oplossingen procesoplossingen worden aangedragen. Door de deelnemers de vrije hand te geven bij het bedenken van mogelijke oplossingen wordt getracht een zo groot mogelijk aantal oplossingen op tafel te krijgen, die voldoen aan de functie-eisen die aan het onderdeel gesteld zijn.

3.5 Samenvatting

Door een gestructureerde aanpak kunnen de ontwikkeling van een methode voor kwaliteitsborging in het ontwerp en een verzameling ontwerpaanwijzingen gestalte krijgen. Getracht wordt, uitgaande van een aantal doelstellingen, dit te bereiken door middel van exploratief onderzoek en meerdere case-studies. De methode is ingericht aan de hand van de probleemoplossingscyclus. Sluiting van de cyclus is van belang om lering te kunnen trekken uit het proces ten behoeve van nieuwe productontwikkelingprojecten waarbij productkwaliteit in relatie tot montage een rol speelt. Tijdens het afstudeeronderzoek worden de eerste drie fasen van de probleemoplossingscyclus doorlopen. Tegen de tijd dat de methode daadwerkelijk toegepast zal worden bij de ontwikkeling van de MX motor zullen ook de overige drie stappen moeten worden uitgevoerd.

4 Productfunctie-/procesanalyses

De ontwikkeling van een methode moet gestalte krijgen via ervaringen die worden opgedaan tijdens een aantal case-studies, ofwel productfunctie-/procesanalyses (PF/P-analyses). Er zullen drie PF/P-analyses worden uitgevoerd aan de hand van de in paragraaf 3.4 geschetste aanpak. Op basis van die PF/P-analyses zal een voorstel voor een methode worden gedaan, die afwijkingen van de technische specificatie als gevolg van montage moet voorkomen door hier in de conceptfase van het ontwerpproces gericht aandacht aan te besteden. Op basis van de kwaliteitsregistraties (bijlage 12) en aanwijzingen van medewerkers van KD Motor en Productontwikkeling zijn de volgende producten als onderwerp van analyse geselecteerd: de waterpomp (paragraaf 4.1), de oliepan (paragraaf 4.2) en de draadboom van de XF-motor met DEB (DAF Engine Break) (paragraaf 4.3). De waterpomp, de oliepan en de motor draadboom zullen ook weer deel uit gaan maken van de nieuwe DAF MX-motor en daarom zullen de bestaande kwaliteitsproblemen met deze drie producten zoveel mogelijk uit de wereld moeten worden geholpen. In bijlage 13 zijn de interne rapportages van de productanalyses opgenomen. Op basis van de PF/P-analyses zal in paragraaf 4.4 een aantal meer algemene ontwerpaanwijzingen worden geformuleerd. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een samenvatting.

4.1 Waterpomp

De PF/P-analyse van de waterpomp is uitgevoerd aan de hand van de in paragraaf 3.4 beschreven aanpak, onder leiding van de afstudeerder. De deelnemers aan de PF/P-analyse zijn afkomstig uit de volgende gebieden:

- Productontwikkeling Motoren (Ontwerper van de waterpomp en Groepsleider van de groep ‘uitwendig te monteren motoronderdelen’);
- Werkvoorbereiding PE Motor (Werkvoorbereider XF-motor);
- Kwaliteitsdienst Motor (Kwaliteitscontroleur motorenfabriek);
- Productie (Monteur kettinglijn, uitwendige montage).

De deelnemers zijn uitgenodigd door de groepsleider van betreffend vakgebied de specialist met betrekking tot de waterpomp aan te laten wijzen.

Geconstateerde kwaliteitsproblemen

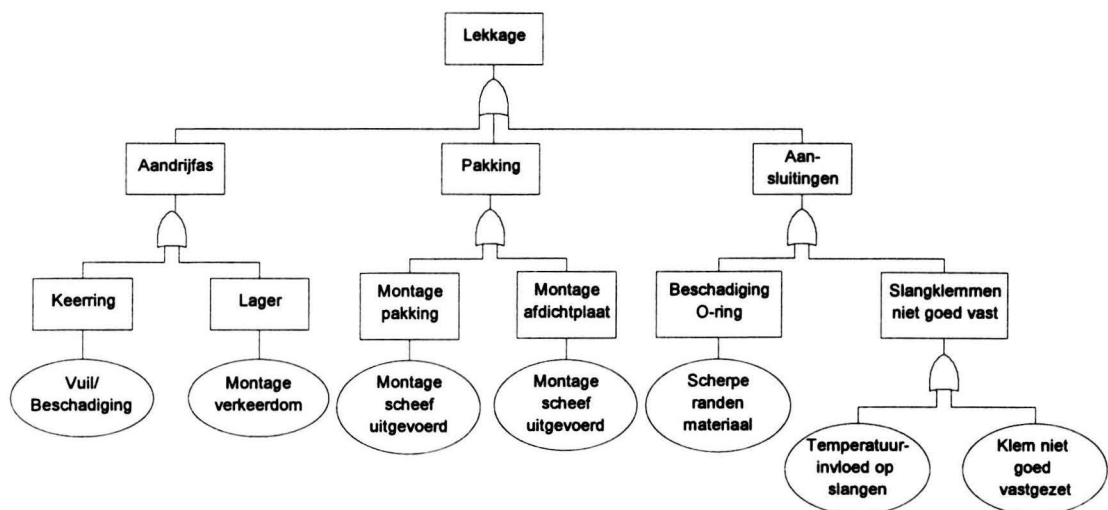
- Koelwaterlekkages (*Registratiesysteem 60 mtr. controlelijn/Rolling road Truck Assemblage*)
- Koelwaterlekkages (*Registratiesysteem Kwaliteitsdienst Truck Assemblage*)
- Uitgelopen, vastgelopen, lawaai, functioneert niet, waterlekkage (*Garantie- en servicekosten*)

Symptoom

Als gevolg van koelwaterlekkage vermindert het functioneren van de waterpomp. Het debiet wordt lager, waardoor de motorkoeling afneemt en de motor dus warmer wordt. De andere geconstateerde afwijkingen van de technische specificatie, te weten: uitgelopen, vastgelopen, lawaai en niet-functioneren zijn mogelijke oorzaken die lekkage tot gevolg kunnen hebben. Bij de PF/P-analyse van de waterpomp zal daarom worden uitgegaan van het symptoom 'lekkage'.

Foutenboomanalyse

Op basis van de, tijdens de PF/P-analyse, door de groep aangedragen oorzaken en gevolgen is de onderstaande foutenboom opgesteld.



Figuur 4.1: Foutenboom waterpomp

Falende onderdelen

Keerring.

Beschadiging en vervuiling van de keerring zijn niet manafhankelijk. In het algemeen ligt de oorzaak hiervan bij de aanlevering. Voor dit onderdeel zullen derhalve geen ontwerpoplossingen worden gezocht.

Lager.

Verkeerde montage van het lager kan gebeuren doordat het lager op twee manieren te positioneren is ten opzichte van de aandrijfjas van de waterpomp.

Pakking.

Onvoldoende montage van de pakking, doordat de pakking in schuine stand gemonteerd moet worden.

Afdichtplaat.

Onvoldoende montage van de afdichtplaat, doordat de afdichtplaat in schuine stand vastgezet moet worden.

O-ring.

Door scherpe randen op de plaats waar de O-ring moet worden geplaatst, kan de O-ring beschadigen. Montage van een beschadigde O-ring wordt beschouwd als verkeerde montage van een onderdeel.

Slangklem.

Onder invloed van temperatuurverschillen treedt werking van de waterslangen op. Lekkage ontstaat dan doordat slangklemmen altijd op hetzelfde moment worden aangedraaid, terwijl onder andere omstandigheden de klemmen vaster, dan wel losser moeten worden aangedraaid.

Mogelijke ontwerpoplossingen

Lager.

Integratie van het lager en de aandrijfjas. Hierbij komt de binnenbus van het lager te vervallen.

Pakking.

De pakking dient horizontaal gemonteerd te worden, zodat de pakking eenvoudiger gepositioneerd en geplaatst kan worden. Dit kan door het huis van de waterpomp zodanig te ontwerpen dat er een natuurlijke horizontale basis ontstaat, waarop het huis kan rusten tijdens montage.

Afdichtplaat.

De oplossing voor de pakking is ook direct een oplossing voor de montage van de afdichtplaat. Door de afdichtplaat horizontaal te monteren, kan deze eenvoudiger worden vastgezet.

O-ring.

De randen van het gat waar de O-ring geplaatst wordt, mogen niet scherp zijn.

Slangklem.

Als oplossing kunnen slangklemmen met een veertje worden toegepast, zodat de werking van de waterslangen als gevolg van temperatuurverschillen, kan worden opgevangen door de veer.

4.2 Oliepan

De PF/P-analyse van de oliepan is uitgevoerd aan de hand van de in paragraaf 3.4 beschreven aanpak onder, leiding van de afstudeerder. De deelnemers aan de PF/P-analyse zijn afkomstig uit de volgende gebieden:

- Productontwikkeling Motoren (Ontwerper van de oliepan);
- Werkvoorbereiding PE Motor (Werkvoorbereider XF-motor);

- Kwaliteitsdienst Motor (Kwaliteitscontroleur motorenfabriek);
- Productie (Monteur kettinglijn, inwendige montage).

De deelnemers zijn uitgenodigd door de groepsleider van betreffend vakgebied de specialist met betrekking tot de oliepan aan te laten wijzen.

Geconstateerde kwaliteitsproblemen

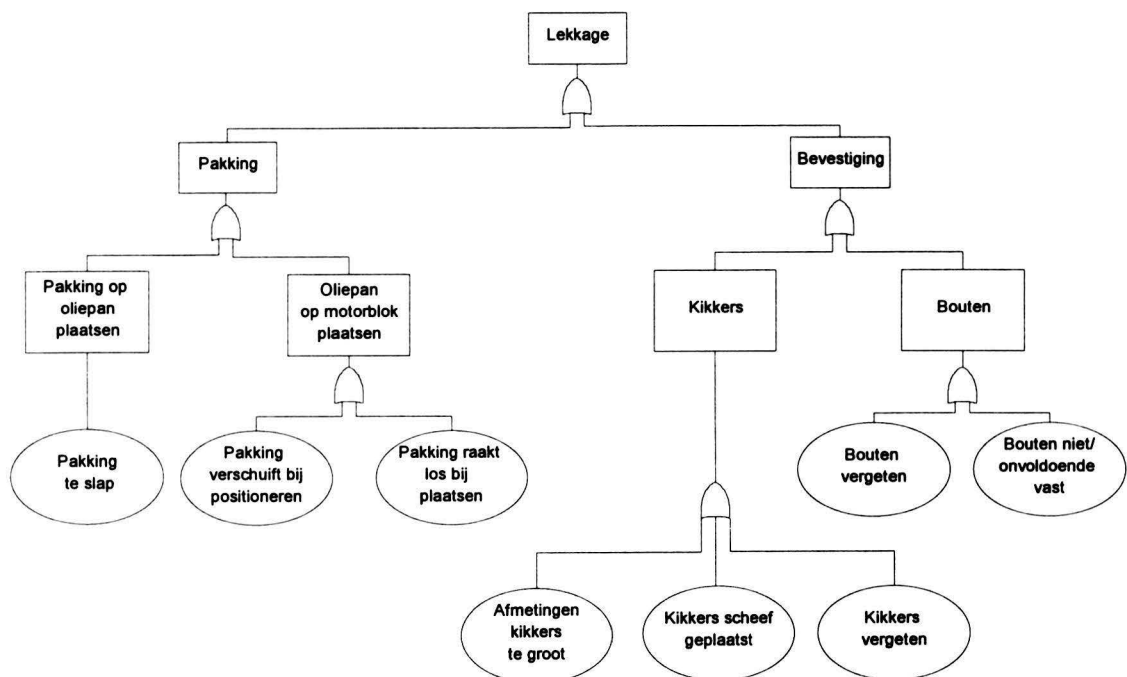
- Vuil, bout los, bout fout, bout ontbreekt (*Auditsysteem Kwaliteitsdienst Motoren Assemblage & Test*)
- Olielekkage motor (*Registratiesysteem FBU-audit Truck Assemblage*)
- Olielekkage motor (*Registratiesysteem 60 mtr. controlelijn/Rolling road Truck Assemblage*)

Symptoom

Als gevolg van olielekkage vermindert het functioneren van de motor (minder olie vermindert de koeling en de smering van de motor). De andere geconstateerde afwijkingen van de technische specificatie (vuil, bout los, bout fout, bout ontbreekt) zijn mogelijke oorzaken die lekkage tot gevolg kunnen hebben. Bij de PF/P-analyse van de oliepan zal daarom worden uitgegaan van het symptoom 'olielekkage'.

Foutenboomanalyse

Op basis van de, tijdens de PF/P-analyse, door de groep aangedragen oorzaken en gevolgen is de onderstaande foutenboom opgesteld.



Figuur 4.2: Foutenboom oliepan

Falende onderdelen

Pakking.

Bij de oliepan wordt een rubber pakking toegepast om een lager geluidsniveau te realiseren. Een rubber pakking geeft een betere geluidsisolatie dan een conventionele platte pakking. Door de geringe stijfheid van de rubber pakking is deze niet eenvoudig te positioneren ten opzichte van de oliepan, waardoor het plaatsen en vastzetten van de pakking bemoeilijkt wordt.

Bij het plaatsen van de oliepan (inclusief de voorgemonteerde pakking) op het motorblok doen zich twee problemen voor. Ten eerste kan er lekkage ontstaan doordat de oliepan met de hand bij de pakking wordt opgepakt, omgedraaid en op het blok geplaatst. Bij de volgende handeling moet de monteur zijn handen wegtrekken tussen het motorblok en de oliepan. Hierbij kan het gebeuren dat de pakking gedeeltelijk wordt meegetrokken en dan dus niet meer op die oliepan zit.

Ten tweede verschuift de pakking bij het positioneren van de oliepan, omdat de pan eerst op het blok wordt geplaatst en daarna pas wordt gepositioneerd.

Kikkers.

Lekkage ontstaat als de oliepan onvoldoende wordt vastgezet op het motorblok, doordat kikkers slecht worden gepositioneerd of worden vergeten of doordat de maatvoering van de kikkers niet goed is. Als de kikkers scheef staan of te groot zijn, kan de pakking niet helemaal worden ingedrukt wat nodig is om lekkage tegen te gaan.

Bouten.

Onvoldoende of niet vastzetten van bouten en vergeten van bouten kan olie lekkage veroorzaken.

Mogelijke ontwerpoplossingen

Pakking.

De pakking kan beter worden geplaatst door een pakking toe te passen die stijver is, doordat bijvoorbeeld een metalen strip in de pakking is meegegoten.

Toepassen van een pakking met op de hoeken paddestoelvormige pluggen, die door gaten in de hoeken van de oliepan worden gedrukt. Het plaatsen van de rest van de pakking wordt daardoor eenvoudiger, omdat de pakking nu op de hoeken gelijk goed vast zit en de rest van de pakking dus beter te hanteren is. Bij deze oplossing moeten er vier extra gaten in de oliepan worden gemaakt met extra kans op lekkage. Vulkaniseren van rubber op de oliepan door de leverancier. Dit is waarschijnlijk een wat duurdere oplossing dan de huidige constructie, maar dit moet worden afgewogen tegen de winst van de kwaliteitsverbetering en vermindering van het aantal montagehandelingen.

Weer toepassen van een platte pakking, zoals bij de WS-motor. Met dergelijke pakkingen zijn er minder lekkageproblemen. De geluidseisen zullen dan op een andere manier moeten worden gerealiseerd, bijvoorbeeld door extra isolatie.

Kikkers.

Plaatsing van de kikkers op een montagestrip. De kikkers worden dan in feite van tevoren gepositioneerd. De kikkers worden in een strip gehangen en vervolgens geplaatst en vastgezet waarna de strip wordt verwijderd. De kikkers moeten dan meer taps worden uitgevoerd dan de huidige kikkers, zodat ze in de montagestrip blijven hangen zolang ze nog niet geplaatst zijn.

De kikkers en de montagestrip kunnen ook aan elkaar vastzitten. De montagestrip blijft dan op de motor achter. De montagestrip met de kikkers daarop moet dan door de leverancier in zijn geheel worden aangeleverd.

Hoogtemaat van de kikkers mag niet te groot zijn, zodat pakking voldoende ingedrukt kan worden.

4.3 Draadboom motor met DEB

De PF/P-analyse van de draadboom van de motor met DEB is uitgevoerd aan de hand van de in paragraaf 3.4 beschreven aanpak, onder leiding van de afstudeerder. De deelnemers aan de PF/P-analyse zijn afkomstig uit de volgende gebieden:

- Productontwikkeling Motoren (Ontwerper van de motor draadboom);
- Werkvoorbereiding PE Motor (Werkvoorbereider XF-motor);
- Werkvoorbereiding PE Eindlijn (Werkvoorbereider Truck Assemblage), omdat een deel van de motor draadboom bij de eindlijn wordt gemonteerd;
- Kwaliteitsdienst Motor (Kwaliteitscontroleur motorenfabriek);
- Productie (Monteur kettinglijn, uitwendige montage).

De deelnemers zijn uitgenodigd door de groepsleider van betreffend vakgebied de specialist met betrekking tot de motor draadboom aan te laten wijzen.

Geconstateerde kwaliteitsproblemen

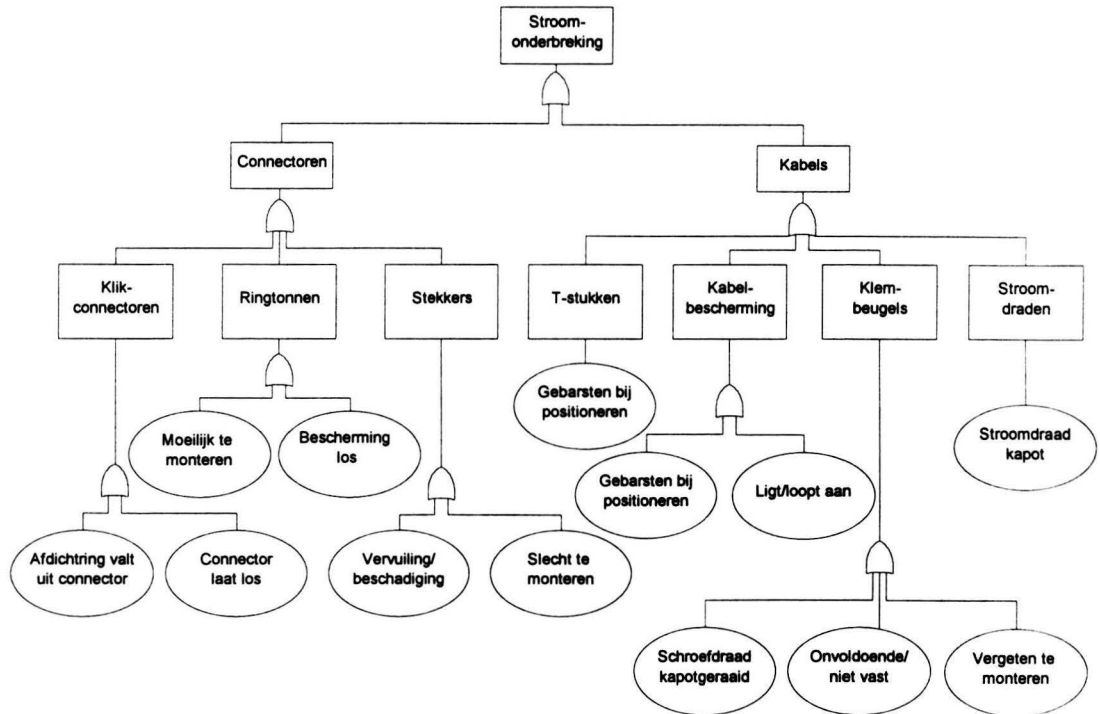
- Slordig gemonteerd, los (*Auditsysteem Kwaliteitsdienst Motoren Assemblage & Test*)
- Bedrading ligt of loopt aan (*Registratiesysteem FBU-audit Truck Assemblage*)
- Gesmolten, draadonderbreking, kortsluiting, draadboom ontbreekt, los, slecht contact, verbinding los (*Garantie-/servicekosten*)

Symptoom

Als aan alle genoemde afwijkingen van de technische specificatie niets zou worden gedaan voordat de truck de fabriek verlaat, komen afwijkingen aan het licht doordat op een gegeven moment, tijdens gebruik, één of meerdere elektrische bediende onderdelen niet meer functioneren. ‘Stroomonderbreking’ is dus het symptoom waar vanuit wordt gegaan bij de PF/P-analyse van de motor draadboom met DEB.

Foutenboomanalyse

Op basis van de, tijdens de PF/P-analyse, door de groep aangedragen oorzaken en gevolgen is de onderstaande foutenboom opgesteld.



Figuur 4.3: Foutenboom draadboom motor

Falende onderdelen

Klikconnectoren.

Klikconnectoren kunnen los raken, doordat ze op twee manieren geplaatst kunnen worden. Er is echter maar één correcte wijze van monteren. Bij verkeerde montage kan de connector makkelijk los raken. De afdichtingen in de connectoren die er voor moeten zorgen dat de aansluiting gevrijwaard blijft van vocht, vallen uit de klikconnectoren.

Ringtonnen.

Ringtonnen worden soms onvoldoende gemonteerd, omdat positioneren en plaatsen van de ringtonnen lastig is door de stugheid van de kabel en de ringtonnen maar op één manier gemonteerd kunnen worden. Daarnaast moeten de beschermkousjes met tie-rips worden vastgezet, omdat ze anders van hun plaats verschuiven. Als de tie-rips worden vergeten kunnen de kousjes los raken en is de aansluiting onbeschermd.

Stekkers.

Stekkers maken niet altijd even goed contact, doordat ze beschadigen, vuil worden of worden meegespoten (cabinestekker). Stekkers worden onvoldoende gemonteerd, doordat ze lastig geplaatst en vastgezet kunnen worden.

T-stukken.

Om de kabelstukken te positioneren worden ze gebogen ten opzichte van de T-stukken. Hierdoor kunnen de T-stukken barsten of los raken van de kabelbescherming waardoor de bedrading vrij komt te liggen en doorgesneden kan worden door schuren tegen de randen van de kabelstukken of de T-stukken, met alle gevolgen (kortsluiting, brand) van dien.

Het T-stuk boven het vliegwielhuis wordt soms niet goed gepositioneerd, wat problemen oplevert bij de Truckassemblage.

Kabelbescherming.

De montage van de beschermende kabelstukken kan fout gaan, omdat ze gebogen moeten worden om in de juiste positie gemonteerd te kunnen worden. Bij het buigen kan de kabelbescherming door zijn stijfheid barsten. Daarnaast kan de kabelbescherming beschadigen doordat deze tegen scherpe randen van het motorblok ligt of tegen draaiende of hete motordelen.

Klembeugels.

Door de bouten waarmee de klembeugels worden vastgezet scheef in het draadgat te plaatsen, kan het schroefdraad bij het aandraaien van de bouten beschadigen, waardoor de klembeugel niet goed vast kan worden gezet.

Montage van klembeugels kan worden vergeten en klembeugels kunnen onvoldoende of niet worden vastgezet.

Stroomdraden.

Stroomdraden kunnen kapot gaan doordat de bescherming niet meer op zijn plaats is. De stroomdraden kunnen dan tegen scherpe randen komen te liggen, waardoor ze langzaam doorschuren.

Mogelijke ontwerp oplossingen

Klikconnectoren.

De klikconnector moet zo worden geconstrueerd dat deze maar op één manier goed te monteren is of zo dat hij op twee manieren goed te monteren is, d.w.z. symmetrisch. De aansluiting van de appendage moet dan eveneens symmetrisch zijn.

Voor het probleem met de afdichtring kan integratie van de afdichtring in de stekker kan wellicht een oplossing bieden.

Ringtonnen.

Ringtonnen moeten symmetrisch worden geconstrueerd, zodat ze op twee manieren gemonteerd kunnen worden, waardoor het positioneren, en daarmee het plaatsen, eenvoudiger wordt, zodat de ringtonnen altijd goed vast komen te zitten. Positionering en plaatsing van de ringtonnen kan ook worden vereenvoudigd door de kabel vlak bij de aansluiting te ondersteunen waardoor het aan te sluiten deel niet meer onder spanning van de kabel hoeft te worden gemonteerd (geldt ook voor andere soorten connectoren). Daarnaast kunnen appendages worden voorgemonteerd met bedrading en een connector die dan op de draadboom kan worden aangesloten.

De kousjes die ter bescherming over de ringtonnen worden geschoven, worden momenteel vastgezet met tie-rips. Harde kunststof kapjes kunnen worden toegepast in plaats van de kousjes die nu worden gemonteerd ter bescherming van de ringtonnen.

Stekkers.

De stekker aan het kabelstuk dat bij de truckassemblage wordt gemonteerd moet met een kous worden afgeschermd om te voorkomen dat de stekker wordt meegespoten.

Stekkers dienen bij voorkeur te worden voorzien van wartels, zodat slecht of geen contact wordt voorkomen.

T-stukken.

Door toepassing van Y-stukken kan de draadboom beter in zijn natuurlijke lijn worden gemonteerd, waardoor minder problemen ontstaan met het positioneren, plaatsen en vastzetten van de draadboom en de connectoren.

Het T-stuk bij het vliegwielhuis moet naar boven worden gemonteerd, omdat dit anders problemen oplevert bij Truckassemblage.

Kabelbescherming.

Positionering van de draadboom kan gebeuren door middel van kabelgoten of door de kabelbescherming in de gewenste starre vorm aan te leveren.

Probeer scherpe randen aan het blok zoveel mogelijk te voorkomen of te omzeilen, zodat de draadboom niet kan worden beschadigd en zorg voor een duidelijke positionering, door op plaatsen waar de positionering kritisch is de draadboom te merken op de posities waar een klembeugel moet komen.

Klembeugels.

Het vastzetten van de draadboom kan worden verbeterd door bouten te gebruiken met een taps uiteinde waar ook schroefdraad op zit, zodat een scheef geplaatste bout zichzelf recht trekt op het moment dat deze wordt aangedraaid. Het positioneren van de draadboom wordt eenvoudiger door op de draadboom met een gekleurd stukje tape aan te geven waar klembeugels geplaatst moeten worden.

4.4 Ontwerpaanwijzingen

Op basis van de beschreven PF/P-analyses kan een aantal meer algemene ontwerpaanwijzingen worden geformuleerd, die breder toepasbaar zijn dan alleen voor de waterpomp, de oliepan en de motor draadboom. De ontwerpaanwijzingen zijn naar het inzicht van de afstudeerder geclusterd, waarbij zoveel mogelijk rekening is gehouden met de huidige onderdelenclassificatie bij DAF Trucks.

Algemeen

- Zorg dat een onderdeel goed gepositioneerd wordt voordat het geplaatst wordt, omdat doorverbindingen of afdichtingen niet goed tot stand komen als met een reeds geplaatst onderdeel weer geschoven moet worden.
- Zorg voor goede toegankelijkheid en zichtbaarheid van de plek waar een onderdeel gemonteerd wordt.

Bevestigingsmiddelen (bouten, moeren, kikkers, slangklemmen, klembeugels)

- Houd rekening met de maatvoering van bevestigingsmiddelen. Bij een verkeerde maatvoering kan de klemmende werking niet goed worden vervuld.
- Pas bouten toe met een taps uiteinde, dat voorzien is van schroefdraad, zodat de bout zichzelf positioneert bij het vastdraaien.
- Pas slangklemmen toe met een veer, die de werking van de slang als gevolg van de temperatuur opvangt.
- Bij de montage van meerdere bevestigingsmiddelen op rij kunnen montagestrips waarin de bevestigingsmiddelen van tevoren worden geplaatst, worden toegepast, waardoor de positionering wordt geborgd en voorkomen wordt, dat bevestigingsmiddelen worden vergeten.

Electrische leidingbomen

- Pas, afhankelijk van de natuurlijke ligging van de draadboom, Y-stukken, dan wel T-stukken toe.
- Positioneer de kabelboom met behulp van kabelgoten.
- Gebruik flexibele kabelbescherming, zodat zowel de draadboom als de connectoren eenvoudig gepositioneerd en geplaatst kunnen worden.
- Ondersteuning van de draadboom nabij connectoren vergemakkelijkt de positionering en plaatsing van connectoren.
- Voormontage van appendages met een deel van de bedrading en een connector vereenvoudigt positionering en plaatsing van connectoren.
- Door middel van een stukje gekleurd tape op de draadboom kunnen de kritische plaatsen worden aangegeven waar de draadboom moet worden vastgezet.
- Standaardiseer kabelbomen zo veel mogelijk, zodat de kans op het monteren van een verkeerde draadboom afneemt.
- Zorg dat connectoren 180° symmetrisch te bevestigen zijn, zodat de positionering eenvoudiger wordt.

- Pas connectoren met een borging tegen losschieten (bijvoorbeeld wartels) toe. Hierdoor kunnen connectoren niet los laten.
- Maak de bescherming van connectoren zelfbevestigend, bijvoorbeeld met behulp van harde kunststof kapjes.

Huizen

- Ontwerp behuizingen zodanig dat de resterende onderdelen, zonder montagemallen, in horizontale stand gemonteerd kunnen worden.
- Voorkom scherpe randen aan huizen, zodat pakkingen, O-ringen, etc. bij plaatsing niet kunnen beschadigen.

Lagers en assen

- Integreer kogel- en rollagers met de te lagers as. Als een lager niet apart gemonteerd hoeft te worden, kan de montage niet fout worden uitgevoerd.

Pakkingen

- Platte pakkingen geven minder kans op lekkage, omdat ze eenvoudiger te positioneren en te plaatsen zijn.
- Stijve pakkingen zijn beter te plaatsen, doordat ze eenvoudiger te hanteren zijn.
- Integratie van rubber pakkingen voorkomt problemen met zowel positionering als plaatsing van pakkingen.
- Paddestoelvormige pluggen vergemakkelijken het positioneren en het plaatsen van pakkingen.

Ringen

- Ga de noodzaak voor borgringen na, indien deze worden toegepast als controlemiddel voor het op juiste wijze monteren van onderdelen.

Slangen

- Door middel van een stukje gekleurd tape op slangen kunnen de kritische plaatsen worden aangegeven waar slangen moeten worden vastgezet.
- Flexibele slangen zijn beter te positioneren.
- Ondersteuning van slangen dicht bij aansluitingen vergemakkelijkt de positionering en plaatsing van aansluitingen.
- Voormontage van appendages met een deel van de slang waarvan de aansluiting aan het uiteinde zit, vereenvoudigt positionering en plaatsing van de slang op de uit-/inlaatopening.

Bovengenoemde ontwerpaanwijzingen kunnen als input dienen voor de methode voor kwaliteitszekerstelling in het ontwerp, die in het volgende hoofdstuk aan de orde komt. Deze ontwerpaanwijzingen zijn afgeleid van de PF/P-analyse van motoronderdelen. Een deel van de ontwerpaanwijzingen is ook toepasbaar voor andere hoofdcomponenten van een truck. Voor de

verschillende hoofdcomponenten bestaan er nog meer ontwerpaanwijzingen, maar aangezien de motor de scope van onderzoek vormt, is hier geen onderzoek naar gedaan. Ook zullen er meer dan de bovenstaande ontwerpaanwijzingen voor motoren bestaan, die afwijkingen van de technische specificatie als gevolg van de montage kunnen voorkomen. Deze zullen echter in de loop van de tijd, al doende, boven water komen en vervolgens in de bovenstaande lijst worden opgenomen.

4.5 Samenvatting

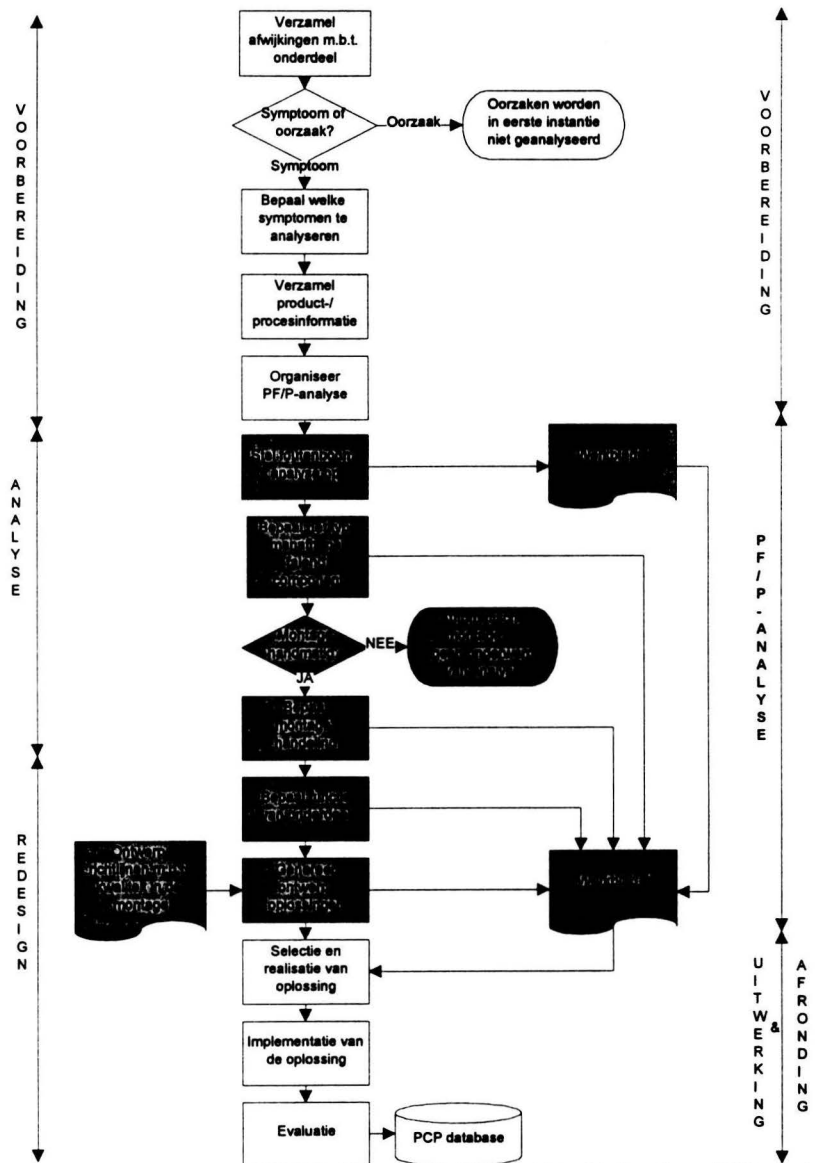
In dit hoofdstuk is een drietal case-studies beschreven van de waterpomp, de oliepan en de motor draadboom met DEB van de zwaarste motor die DAF maakt. Naar aanleiding van de resultaten van de case-studies is een aantal, breder toepasbare, ontwerpaanwijzingen afgeleid, waarvan een deel wellicht ook toepasbaar is voor andere hoofdcomponenten van een truck. De ontwerpaanwijzingen kunnen als input dienen bij de productfunctie-/procesanalyse methode (PF/PA-methode) die ervoor moet zorgen dat afwijkingen van de technische specificatie als gevolg van de montage, in een volgend ontwerp worden voorkomen.

5 Voorstel voor de PF/PA-methode

Er vanuitgaand dat de ProductFunctie-/ProcesAnalyse-methode (PF/PA-methode) binnen DAF wordt geaccepteerd en wordt opgenomen in het PCP kan in de conceptfase van het Product Creatie Proces voor de MX motor uit de General Risk Prediction Analysis blijken dat een component niet aan de technische specificaties zal voldoen als gevolg van de montage van dat component en daardoor een risico vormt voor de kwaliteit voor de klant van de totale motor. In dat geval zal de PF/PA-methode moeten worden toegepast. Daaropvolgend dient de PCP-projectleider een projectverantwoordelijke aan te wijzen. In de meeste gevallen zal dit de voor het betreffende component verantwoordelijke constructeur zijn. De projectverantwoordelijke zal de PF/PA-methode ten uitvoer moeten brengen. Als hulpmiddel zijn twee werkbladen en een lijst met ontwerpaanwijzingen (zie bijlage 14) beschikbaar.

5.1 Stroomdiagram van de PF/PA-methode

De stappen die moeten worden doorlopen zijn weergegeven in een stroomdiagram (figuur 5.1). In bijlage 15 wordt een verklaring gegeven van de gebruikte symbolen.



Figuur 5.1: Stroomdiagram PF/PA-methode

5.2 Toelichting op de PF/PA-methode

Aan de hand van het stroomdiagram worden de stappen van de PF/PA-methode nader toegelicht. Vooral nog is de methode alleen van toepassing op motoren. Bij toepassing van de methode voor de hoofdcomponenten, as en cabine, moet worden uitgegaan van andere kwaliteitsregistraties van afwijkingen van de technische specificatie als informatiebronnen (zie stap 1a) en een grotendeels andere verzameling ontwerpaanwijzingen.

5.2.1 Voorbereiding

1 *Informatie*

- a Ga na welke afwijkingen van de technische specificaties zich in de afgelopen twee jaar hebben voorgedaan met voorgangers van het opnieuw te ontwerpen onderdeel. Hiervoor moeten de volgende informatiebronnen worden geraadpleegd:
 - Auditsysteem Kwaliteitsdienst Motoren Assemblage & Test;
 - Storingsregistratie Motoren Testhal;
 - Registratiesysteem Truck Assemblage cel 14 “motordrop”;
 - Registratiesysteem 60 mtr. controlelijn/”Rolling Road”;
 - Registratiesysteem Kwaliteitsdienst Truck Assemblage;
 - Registratiesysteem FBU-audit Truck Assemblage;
 - Garantie- en servicekosten (STD).

- b Maak een onderscheid tussen oorzaken en symptomen voor de gevonden afwijkingen van de technische specificaties. Indien een afwijking van de technische specificatie niet als symptoom kan worden aangemerkt, is het automatisch een oorzaak. In dat geval zal de betreffende afwijking later zeker genoemd worden bij het opstellen van de foutenboomanalyse, in het vervolg van de PF/PA-methode.

- c Selecteer één of meerdere symptomen die het gevolg kunnen zijn van fouten bij de montage van het component én die maken dat het product niet aan de technische specificaties voldoet.

- d Verzamel specifieke informatie met betrekking tot het betreffende onderdeel. Dit kunnen zijn:
 - Producttekeningen;
 - Het fysieke onderdeel, dat herontworpen gaat worden;
 - Video-opnamen van de montageproces;
 - Montage-instructies.

Voor een goede voorbereiding is het noodzakelijk dat de voorzitter van de bijeenkomst, voorafgaand aan de PF/P-analyse inzicht heeft in de problematiek met betrekking tot het onderdeel. Door mondelinge informatie in te winnen bij personen die voldoende zicht op hebben op die problematiek, kan alvast een beeld gevormd worden van de afwijkingen van de technische specificaties en de mogelijke oorzaken.

2 *Organisatie*

a Nodig voor de PF/P-analyse deelnemers uit (zie bijlage 16), die de volgende disciplines vertegenwoordigen:

- Productontwikkeling;
- Werkvoorbereiding;
- Productie;
- Kwaliteitsdienst;
- eventueel, Service Technische Dienst.

b Zorg voor een ruimte waar de PF/P-analyse wordt gehouden. In de ruimte moet een 'flip-over' of een 'white board' beschikbaar zijn, alsmede een TV-monitor.

5.2.2 De PF/P-analyse

3 *Analyse*

a Bepaal met behulp van een foutenboomanalyse welke oorzaken aan het symptoom probleem ten grondslag liggen. Vul het symptoom in op werkblad 1 en maak de foutenboomanalyse op hetzelfde werkblad. Stel de foutenboom op door na te gaan welke onderdelen moeten falen, wil het symptoom zich voordoen. Ga vervolgens voor die onderdelen na wat de oorzaak is van het falen van dat onderdeel. Dat kan weer een ander onderdeel zijn of de grondoorzaak. Ga net zo lang door tot alle grondoorzaken zijn gevonden. Vul vervolgens de falende onderdelen in op werkblad 2, alsmede de problemen met betreffend onderdeel.

b Bepaal met behulp van de onder stap 1d genoemde informatie voor elke grondoorzaak of het probleem het gevolg is van:

- een onderdeel dat niet gemonteerd is;
- montage van een verkeerd onderdeel;
- verkeerde montage van een onderdeel;
- onvoldoende montage van een onderdeel.

Vul dit voor elk falend onderdeel in op werkblad 2.

Indien een grondoorzaak niet het gevolg is van één van de bovengenoemde foutsoorten, dan ligt de oorzaak van de afwijking van de technische specificatie niet bij de montage van het onderdeel (dus niet manafhankelijk). Het onderdeel hoeft dan verder niet meer beschouwd te worden.

c Bepaal of de montage automatisch of handmatig wordt uitgevoerd.

d Indien de montage handmatig wordt uitgevoerd, bepaal dan welke montagehandeling ten grondslag ligt aan het probleem:

- voorbereiden;
- positioneren;
- plaatsen;
- bevestigen.

Vul dit in op werkblad 2.

4 Genereren van alternatieve ontwerp oplossingen

a Bepaal de functie van het onderdeel en vul de functie in op werkblad 2.

b Bedenk zoveel mogelijke oplossingen die de functie kunnen vervullen en die de oorzaak van het probleem weg kunnen nemen. Hierbij rekening houdend met de ontwerpaanwijzingen uit paragraaf 4.4. Vul de mogelijke ontwerp oplossingen in op werkblad 2.

5.2.3 Rapportage

Maak rapport (bijlage 17) op van de PF/P-analyse en verdeel dit over de deelnemers aan de PF/P-analyse en hun directe leidinggevenden. In het rapport moeten minimaal de volgende onderwerpen worden opgenomen:

- het aan te pakken symptoom;
- de onderdelen die falen, waardoor het symptoom zich voordoet;
- de oorzaken van het falen van genoemde onderdelen;
- mogelijke ontwerp oplossingen.

5.2.4 Selecteren en realiseren van de oplossing

Op basis van de daarvoor binnen Productontwikkeling geldende criteria moet de constructeur de beste ontwerp oplossing selecteren en realiseren.

5.2.5 Implementatie

De constructeur draagt binnen het PCP zorg voor implementatie van de gekozen ontwerplossing.

5.2.6 Evaluatie

- a De laatste stap is het evalueren van de gekozen ontwerplossing alsmede de wijze waarop deze tot stand is gekomen. Nadat de ontwerplossing is doorgevoerd wordt het project op initiatief van de projectverantwoordelijke geëvalueerd en beoordeelt op de in het PCP gedefinieerde criteria.
- b De in de evaluatie verzamelde informatie wordt bewaard in de PCP database en kan vervolgens dienen als input voor een volgend productontwikkelingsproject.

5.3 Samenvatting

In dit hoofdstuk is het voorstel voor de ProductFunctie-/ProcesAnalyse-methode beschreven. Aan de hand van een stroomdiagram zijn de stappen die doorlopen moeten worden beschreven. De PF/PA-methode is globaal in te delen in een voorbereidings-, analyse- en redesignfase. Bij de praktische uitwerking moeten dan de stappen 'voorbereiding', 'PF/P-analyse' en 'uitwerking en afronding' worden uitgevoerd. De PF/PA-methode wordt ondersteund met een tweetal werkbladen en lijst met ontwerpaanwijzingen. Het doorlopen van de PF/PA-methode moet afwijkingen van de technische specificatie als gevolg van montagefouten voorkomen.

6 Conclusies en aanbevelingen

Het Product Creatie Proces (PCP) is er op gericht de ontwikkeling van producten beter beheersbaar te maken ten aanzien van tijd, kwaliteit en kosten voor zowel het product als het productontwikkelingstraject. Dit moet onder andere worden bereikt door structuur aan te brengen in de productontwikkeling met behulp van een aantal methoden en technieken, waaronder Design for Assembly (DFA). DFA is echter alleen gericht op de factor 'kosten', terwijl bij DAF als gevolg van de, veelal handmatige, montage juist veel afwijkingen van de technische specificatie optreden, dus mindere kwaliteit voor de klant. De manafhankelijkheid van de montage wordt door DFA niet teruggedrongen. Naar aanleiding van deze constatering is het voorstel voor de ProductFunctie-/ProcesAnalyse-methode (PF/PA-methode) ontwikkeld, die de manafhankelijkheid van de montage moet reduceren door hier in het productontwerp rekening mee te houden. Deze methode moet worden beschouwd als een aanvulling op de methoden die reeds in het PCP zijn gedefinieerd. De PF/PA-methode moet een bijdrage leveren aan de verwezenlijking van de doelstellingen van het opnieuw ingerichte PCP. Het belangrijkste deel van de methode vormt de ProductFunctie-/Procesanalyse (PF/P-analyse), die aan het licht moet brengen of bestaande afwijkingen van de technische specificatie het gevolg zijn van de montage.

6.1 Conclusies

Op basis van de doelstellingen in paragraaf 3.2 zijn na uitvoering van het onderzoek de volgende conclusies te trekken:

Met betrekking tot de doelstellingen van het bedrijf

- De voorgestelde PF/PA-methode is nog niet opgenomen in het PCP. Zolang dat nog niet gebeurt, bestaat er in de GRPA geen keuzecriterium, dat bepaalt in welk geval de PF/PA-methode toegepast moet worden. Pas na acceptatie van de methode binnen het PCP kan een keuzecriterium in de GRPA worden opgenomen.
- Tijdens de PF/P-analyses worden regelmatig procesoplossingen aangedragen; ook als eerst de functie van het onderdeel wordt bepaald. Dergelijke oplossingen kunnen wel opgenomen worden in de rapportage van de PF/P-analyse, omdat ze voor de productie van het huidige onderdeel nuttig kunnen zijn. Binnen de PF/PA-methode is het zaak dat zo veel mogelijk naar mogelijke ontwerp oplossingen wordt gezocht, omdat procesoplossingen meestal nodig zijn om tekortkomingen van het productontwerp teniet te doen.

Met betrekking tot de doelstellingen van het afstudeeronderzoek

- Naar de vraag of de methode overdraagbaar is naar andere montage- en assemblagegebieden binnen DAF is geen onderzoek gedaan. De PF/PA-methode lijkt op het eerste gezicht wel van toepassing op al die gebieden die met montage en assemblage van doen hebben. Het verschil zal zitten in de ontwerpaanwijzingen voor het betreffende hoofdcomponent. Een deel van de ontwerpaanwijzingen

zal voor meerdere gebieden gelden, maar er zal ook een deel verschillend zijn. Een draadboom wordt naast de motor bijvoorbeeld ook in cabines en op assen gebruikt. Ontwerpaanwijzingen voor draadbomen, die aan de hand van de PF/P-analyse van de motor draadboom zijn afgeleid, zijn zo opgesteld dat ze niet slechts voor de draadboom van de XF-motor met DEB gelden.

- Toepassing van de PF/PA-methode zal ook een positief effect hebben op de logistiek. Minder afwijkingen van de technische specificatie, die nog voor aflevering van de truck door de kwaliteitsdiensten van DAF worden geconstateerd, leiden tot minder herstelwerkzaamheden, waardoor de leveringsbetrouwbaarheid beter wordt. De doorlooptijd van een order wordt korter en is beter te voorspellen doordat er minder afwijkingen van de technische specificatie optreden. Daarnaast zijn tijdens de PF/P-analyses ook onderwerpen als standaardisatie en emballage besproken als mogelijke ontwerp oplossingen.

Met betrekking tot de kwaliteitsregistraties

- Bij de PF/P-analyses is uitgegaan van bestaande afwijkingen van de technische specificatie, zoals die voorkomen in de diverse kwaliteitsregistraties binnen DAF. Uit de reacties van de deelnemers aan de PF/P-analyses mag worden geconcludeerd dat de geraadpleegde kwaliteitsregistraties het grootste, en in ieder geval het belangrijkste, deel van alle bestaande afwijkingen van de technische specificatie afdekt. Indien er nog andere relevante afwijkingen van de technische specificatie van een onderdeel bestaan, dan worden die wel door één van de deelnemers genoemd.
- De geconstateerde afwijkingen zijn vaak oorzaken van het niet of onvoldoende functioneren van een onderdeel. In welk opzicht het onderdeel dan niet of onvoldoende functioneert blijkt niet alle kwaliteitsregistraties. Dit maakt het soms wat moeilijker om gericht de oorzaak van het niet functioneren van een onderdeel te achterhalen.
- Gedurende het onderzoek is ook gekeken of uitgevoerde proces-FMEA's (bijlage 10) als input voor de PF/P-analyses kunnen worden gebruikt. Slechts voor een deel van de motorenfabriek zijn FMEA's gedaan, te weten: de rollenbaan (inwendige montage), de kettinglijn (uitwendige montage) en de testhal. Voor de afwerklijnen 1 en 2 zijn (nog) geen FMEA's uitgevoerd. De beschikbare FMEA's bieden dus geen volledige informatie. Daarnaast zijn er vraagtekens te zetten bij de objectiviteit van de uitvoering van de FMEA's, omdat vaak blijkt dat de faaltoestanden maar door één persoon binnen de projectgroep worden aangedragen en er weinig tegengas door de andere deelnemers wordt gegeven. Het gebruik van FMEA's als informatiebron binnen de PF/PA-methode is daarom (voorlopig) niet aan te raden.

Met betrekking tot de PF/P-analyses (uitgangspunten en werkwijze)

- Op papier is een analysemethode eenvoudig te structureren, maar tijdens een bijeenkomst voor een PF/P-analyse is die structuur een stuk moeilijker te handhaven, omdat er veel te snel in oplossingen wordt gedacht zonder dat een volledige analyse is uitgevoerd. Uit het soort aangedragen oplossing blijkt dan vaak wat het eigenlijke probleem is. Een goede voorbereiding van de voorzitter maakt het eenvoudiger om de voorgestelde aanpak te handhaven tijdens de PF/P-analyse, omdat men als

voorzitter dan een betere kijk heeft op de problematiek en mogelijke oplossingen, zodat bijsturing plaats kan vinden gedurende de PF/P-analyse.

- Door de wijze waarop de PF/P-analyse is ingericht, is het mogelijk, bij een goede voorbereiding, de tijdsduur van de analyse beperkt te houden tot twee uur.
- Het opstellen van een foutenboom tijdens de PF/P-analyse blijkt in de praktijk een eenvoudige manier om snel en op overzichtelijke wijze de grondoorzaak van het falen van een onderdeel te achterhalen. De kwalitatieve informatie over oorzaken en gevolgen per falend onderdeel die de foutenboom geeft, is zeer nuttig wanneer het type manafhankelijkheid en de montagehandeling(en) moeten worden aangegeven. Door duidelijk de oorzaken van het probleem aan te geven, wordt het zoeken naar ontwerp oplossingen vergemakkelijkt.
- Bij het achterhalen van de oorzaken van technische afwijkingen van het product als gevolg van de montage is het gebruik van video-opnamen van het montageproces een nuttig hulpmiddel. Met name voor productontwerpers biedt dit meer inzicht, omdat productontwerpers, in tegenstelling tot KD-medewerkers en werkvoorbereiders niet dagelijks in de fabriek rondlopen en dus ook niet zien hoe het door hen ontworpen product gemonteerd wordt..
- De grootste winst voor DAF zal niet gaan zitten in de toepassing van de voorgestelde PF/PA-methode, maar in de multidisciplinaire uitvoering van de PF/P-analyse. Het feit dat medewerkers van verschillende vakgebieden tijdens een PF/P-analyse bij elkaar zitten en gezamenlijk een probleem analyseren en op proberen te lossen, draagt bij aan het wederzijds begrip tussen de verschillende disciplines en zorgt voor bevordering van de Simultaneous Engineering-aanpak die DAF voorstaat. Met name de inbreng van productiemedewerkers is zeer relevant, omdat zij degenen zijn die de fouten maken, maar vaak ook aan kunnen geven waarom zij die fouten maken.
- Bij het bedenken van ontwerp oplossingen wordt nog te veel uitgegaan van de huidige situatie, met al zijn beperkingen. De meeste deelnemers aan de PF/P-analyses zijn volop bezig met de productie van de huidige motortypes en het oplossen van bijbehorende problemen, dat het hen blijkbaar wat meer moeite kost om over te schakelen naar een situatie (ontwikkeling van de MX-motor) waarin, in het gegeven stadium van het ontwerpproces, veel minder beperkingen gelden. Echt creatieve ideeën zijn dan ook niet naar voren gekomen tijdens de PF/P-analyses.
- Zolang bestaande functies door een nieuw ontwerp ook vervuld moeten worden, kunnen bestaande onderdelen en de afwijkingen van de technische specificaties die zich met dat onderdeel voordoen als input worden gebruikt voor een PF/P-analyse. Dit betekent dat duidelijk moet zijn welke onderdelen wel en welke niet terug zullen keren in een nieuw productontwerp.

Met betrekking tot de ontwerpaanwijzingen

- De lijst met ontwerpaanwijzingen bevat een aantal ontwerpaanwijzingen die gelijk zijn aan de suggesties die DFA doet, maar het merendeel is wezenlijk anders.
- De ontwerpaanwijzingen zijn geordend aan de hand van de gangbare onderdelen classificatie binnen DAF. Zodoende wordt voorkomen dat ontwerpaanwijzingen te gedetailleerd of op een te hoog aggregatieniveau worden geformuleerd.

- Het effect van de ontwerpaanwijzingen kan, nog tijdens het PCP, door middel van proces-FMEA's worden getoetst. In dat geval kan er ten aanzien van het productontwerp nog bijsturing plaatsvinden. Daarna kan het effect van PF/PA-methode op een nieuw productontwerp pas getoetst worden als dat nieuwe product in productie is genomen. Uit de kwaliteitsregistraties moet dan blijken of de oorspronkelijke afwijkingen van de technische specificatie zich niet meer voordoen.

6.2 Aanbevelingen

Verdere ontwikkeling van de PF/PA-methode

In hoofdstuk 5 is een eerste aanzet gegeven tot de ontwikkeling van een methode die afwijkingen van de technische specificatie als gevolg van de montage moet voorkomen door hier bij het productontwerp rekening mee te houden. Om uiteindelijk over een goede methode te beschikken, die in het PCP kan worden opgenomen, moet de PF/PA-methode nog verder ontwikkeld worden. Met name de stappen 'selectie en realisatie van de ontwerp oplossing', 'implementatie van de oplossing' en 'evaluatie' zullen moeten worden doorlopen om zicht te krijgen op de factoren die bepalend zijn voor het welslagen van de PF/PA-methode in het productontwikkelingstraject. Door een aantal 'pilots' te houden op onderdelen van de XF-motor die afwijkingen van de technische specificatie vertonen, kan de uitvoering van alle, in de PF/PA-methode, voorgestelde stappen worden getoetst. De mogelijke ontwerp oplossingen worden dan niet in het ontwerp van de nieuwe zware motor opgenomen, maar dienen nog ter verbetering van het huidige ontwerp. Zodoende hoeft niet gewacht te worden tot de hele ontwikkeling van de MX-motor is afgerond, om de resultaten van het toepassen van de PF/PA-methode te kunnen bepalen.

Als aanvulling op de pilots kan het effect van het gebruik van de PF/PA-methode ook beoordeeld worden door het effect van de toepassing van de PF/PA-methode voor een product te vergelijken met de resultaten van de toepassing van bijvoorbeeld DFA, Waarde-analyse (bijlage 11) of een Product-FMEA op hetzelfde product.

Om inventieve ontwerp oplossingen boven tafel te krijgen tijdens een PF/P-analyse zou de methode uitgebreid kunnen worden met creativiteitsbevorderende technieken. Een andere mogelijkheid zou zijn dat DAF-medewerkers in zijn algemeenheid meer getraind worden in de toepassing van dergelijke technieken, omdat die niet alleen van nut zijn binnen de PF/PA-methode, maar ook in de dagelijkse werkzaamheden van DAF-medewerkers.

Kwaliteitsregistraties

Als de PF/PA-methode ook voor andere hoofdcomponenten, as en cabine, gebruikt gaat worden, moet worden uitgezocht welke kwaliteitsregistraties van afwijkingen van de technische specificatie dan als informatiebronnen gebruikt kunnen worden. Via de kwaliteitsdiensten voor de betreffende hoofdcomponenten zullen de meest geschikte informatiebronnen achterhaald kunnen worden.

Ontwerpaanwijzingen

De lijst met ontwerpaanwijzingen in paragraaf 4.4 dekt een deel van de mogelijke ontwerpaanwijzingen voor motoren af. Hoe groot dit deel is, is niet precies bekend. Deze lijst is dus niet compleet en zal door het toepassen van de PF/PA-methode in de toekomst uitgebreid worden. Wil de methode ook bruikbaar zijn voor andere hoofdcomponenten (as en cabine) van een truck dan zullen er ook lijsten met ontwerpaanwijzingen voor die componenten moeten komen. Door de eerste drie stappen van de PF/PA-methode te doorlopen voor een aantal goed gekozen onderdelen van de andere hoofdcomponenten van een truck, kan in relatief weinig tijd een aanzienlijk aantal ontwerpaanwijzingen worden afgeleid.

Beheer

Voor de verdere ontwikkeling en het onderhoud van de PF/PA-methode dient bij Productontwikkeling een beheerder van de PF/PA-methode te worden aangesteld. Naast het beheer draagt deze persoon eveneens zorg voor overdracht van de methode naar groepen die deze methode willen of, in het kader van het PCP, moeten gebruiken, alsmede voor het doorsluizen van de resultaten van de toepassing van de PF/PA-methode op een product naar de PCP-database.

Logistiek

Om meer inzicht te krijgen in de gevolgen van de PF/PA-methode voor de logistiek zal nader onderzoek moeten worden uitgevoerd. Indien blijkt dat effecten van toepassing van de PF/PA-methode nauwelijks effect hebben op de logistiek dan kan een aparte methode voor de logistiek worden ontwikkeld. De opzet van de PF/PA-methode is ook geschikt voor de ontwikkeling van een aparte methode voor de logistiek. De analyse zal in een aantal opzichten verschillen van de PF/P-analyse. Indien het klantorderontkoppelpunt moet worden teruggedrongen zal de analyse voornamelijk hierop gericht moeten zijn. Ook onderwerpen als standaardisatie en emballeerbaarheid zullen dan explicieter aan bod komen.

Afkortingen

CAPP	Computer Aided Process Planning
DEB	DAF Engine Break
DFA	Design for Assembly
DFM	Design for Manufacturing
DFMA	Design for Manufacturing and Assembly
FBU	Fully Build Up
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
FTA	Fault Tree Analysis
GRPA	General Risk Prediction Analysis
ISO	International Standardization Organisation
KAF	Kwaliteitsactie Formulier
KD	Kwaliteitsdienst
MONVO	Masterplan Onderdelenvoorbereiding
PCP	Product Creatie Proces
PE	Production Engineering
PF/P	Productfunctie/Proces
PF/PA	Productfunctie-/procesanalyse
PO	Productontwikkeling
SE	Simultaneous Engineering
STD	Service Technische Dienst
VA	Value Analysis
VE	Value Engineering

Literatuur

- Ackoff, R.L., *The Art of Problem Solving*. John Wiley & Sons, New York, 1978.
- Andreassen, M.M., Kähler, S., Lund, T., Swift, K., *Design for Assembly*. IFS publications/Springer Verlag, United Kingdom, 1988.
- Baarda, D.B., De Goede, M.P.M., *Basisboek methoden en technieken: praktische handleiding voor het opzetten en uitvoeren van onderzoek*. Stenfert Kroese, Leiden, 1990.
- Buijs, J.A., Valkenburg, A.C., *Integrale produktontwikkeling*. Uitgeverij Lemma B.V., Utrecht, 1996.
- DAF Trucks N.V., *PCP-studie*. Interne publicatie, 1996.
- DAF Trucks N.V., *Masterplan Motoren Assemblage & Test*. Interne publicatie, 1996.
- DAF Trucks N.V., *Kwaliteitszekerstelling Masterplan Motoren Assemblage & Test*. Interne publicatie, 1997.
- Delhoofen, P.J.W.M., *Handboek Ontwerpen, Handboek voor innovatie, communicatie en analyse bij het ontwerpen van producten*. Stam Techniek/Educatieve Partners, Houten, 1994.
- Juran, J.M., *Juran on Quality by Design: the new steps for planning quality into goods and services*, The Free Press, New York, 1992.
- Kals, H.J.J., Lutervelt, C.A. van, Moulijn, K.A., *Industriële productie, Het voortbrengen van mechanische producten*. De Vey Mestdagh, Middelburg, 1996.
- Kirkels, M.J.A., Kok, A.G. de, *Methoden van Toegepast Bedrijfskundig Onderzoek*. Dictaat Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 1995.
- Maalderink, H., Grooters, N., *Kwaliteitsdienst informatiesystemen DAF*. Afstudeerrapport HTS Autotechniek, Apeldoorn, 1996.
- Mather, H., *Design for Logistics (DFL) - The next challenge for designers*. Production and Inventory Management Journal, 1992.
- Nijdam, L.M., *Design for Assembly, produktontwerp gericht op het assemblageproces*. Cursusboek IBIE-B, KPMG Lighthouse, Eindhoven, 1996.
- Syan, C.S., Menon, U., *Concurrent Engineering, Concepts, implementation and practice*. Chapman & Hall, London, 1994.
- Walravens, J.W.C., *DFMA verhoogt kwaliteit en verlaagt produktiekosten*. Metaal & Kunststof, 1995.

BIJLAGEN

Inhoudsopgave

Bijlage 1	De historie van DAF.....	2
Bijlage 2	Organisatieschema DAF Trucks N.V.....	4
Bijlage 3	Oorspronkelijke opdrachtomschrijving.....	5
Bijlage 4	Vooronderzoek MONVO.....	6
Bijlage 5	Product Creatie Proces.....	23
Bijlage 6	Het probleemmodel van Ackoff.....	26
Bijlage 7	Design for Assembly.....	28
Bijlage 8	General Risk Prediction Analysis.....	31
Bijlage 9	Foutenboomanalyse.....	32
Bijlage 10	Failure Mode and Effect Analysis.....	33
Bijlage 11	Waarde-analyse.....	35
Bijlage 12	Kwaliteitsregistraties.....	36
Bijlage 13	Interne rapportages PF/P-analyses.....	37
Bijlage 14	Hulpmiddelen bij de PF/PA-methode.....	43
Bijlage 15	Betekenis symbolen stroomdiagram.....	47
Bijlage 16	Standaarduitnodiging Productfunctie-/Procesanalyse.....	48
Bijlage 17	Standaardrapport Productfunctie-/Procesanalyse.....	49

Bijlage 1

De historie van DAF

Op 1 april 1928 starten Hub en Wim van Doorne een machine-/constructiewerkplaats, de Van Doorne's Machinefabriek. Met fl. 10.000,- geleend geld en een werkplaats van 16 m² wordt de basis gelegd voor het huidige bedrijf. Als in 1930 te weinig orders binnenkomen, wordt besloten de activiteiten uit te breiden met de productie van opleggers en aanhangwagens. De naam van het bedrijf wordt in 1932 gewijzigd in 'Van Doorne's Aanhangwagenfabriek', kortweg DAF.

Na de Tweede Wereldoorlog wordt besloten de productie uit te breiden met vrachtwagens. In 1950 wordt de bedrijfswagenproductie officieel gestart en de naam gewijzigd in 'Van Doorne's Automobielfabriek', nog steeds DAF. In mei 1955 rolt in Eindhoven de 10.000ste vrachtwagen van de band. De helft hiervan betrof militaire voertuigen. In 1957 wordt een eigen motorenfabriek geopend, zodat assen, motoren en cabines in eigen beheer kunnen worden geproduceerd. De productie stijgt, de export neemt toe en ook de binnenlandse afname groeit. Aangezien het in 1966 in Nederland moeilijk is om aan geschikt personeel te komen, wordt besloten de productie van assen en cabines naar België te verplaatsen. Hierbij wordt medewerking van de Belgische regering verkregen, die bereid is subsidie te verlenen met het oog op de toename van de werkgelegenheid.

In 1958 produceert DAF voor het eerst een personenauto. Na een aantal jaren ontwikkeling staat op de AutoRAI van 1958 de eerste naoorlogse Nederlandse personenauto met unieke volautomatische transmissie. Deze traploze aandrijving zorgt ervoor dat de bestuurder zonder te schakelen snelheid kan vermeerderen en verminderen. De DAF 600 zorgt voor een sensatie in de personenautobranche. De auto wordt een verkoopsucces, wat in 1968 resulteert in twee modellen, de DAF 66 en de 46, die later de twee laatste modellen personenauto's blijken te zijn. De 66 werd vooraf gegaan door de 33, 44 en 55. De personenautodivisie wordt begin jaren '70 afgesplitst van de personenwagendivisie en in 2 fasen, in 1972 en in 1976, verkocht aan Volvo. De 66 en de 46 worden vervolgens nog korte tijd door Volvo geproduceerd.

Begin jaren '70 wordt de naam van het bedrijf veranderd in 'Van Doorne's Bedrijfswagenfabriek DAF B.V.'. In 1976 wordt de productie van aanhangers stopgezet. In hetzelfde jaar wordt de DAF Finance Company opgezet om de afzet van DAF-producten door middel van financiering te bevorderen. In 1978 wordt DAF Special Product opgericht.

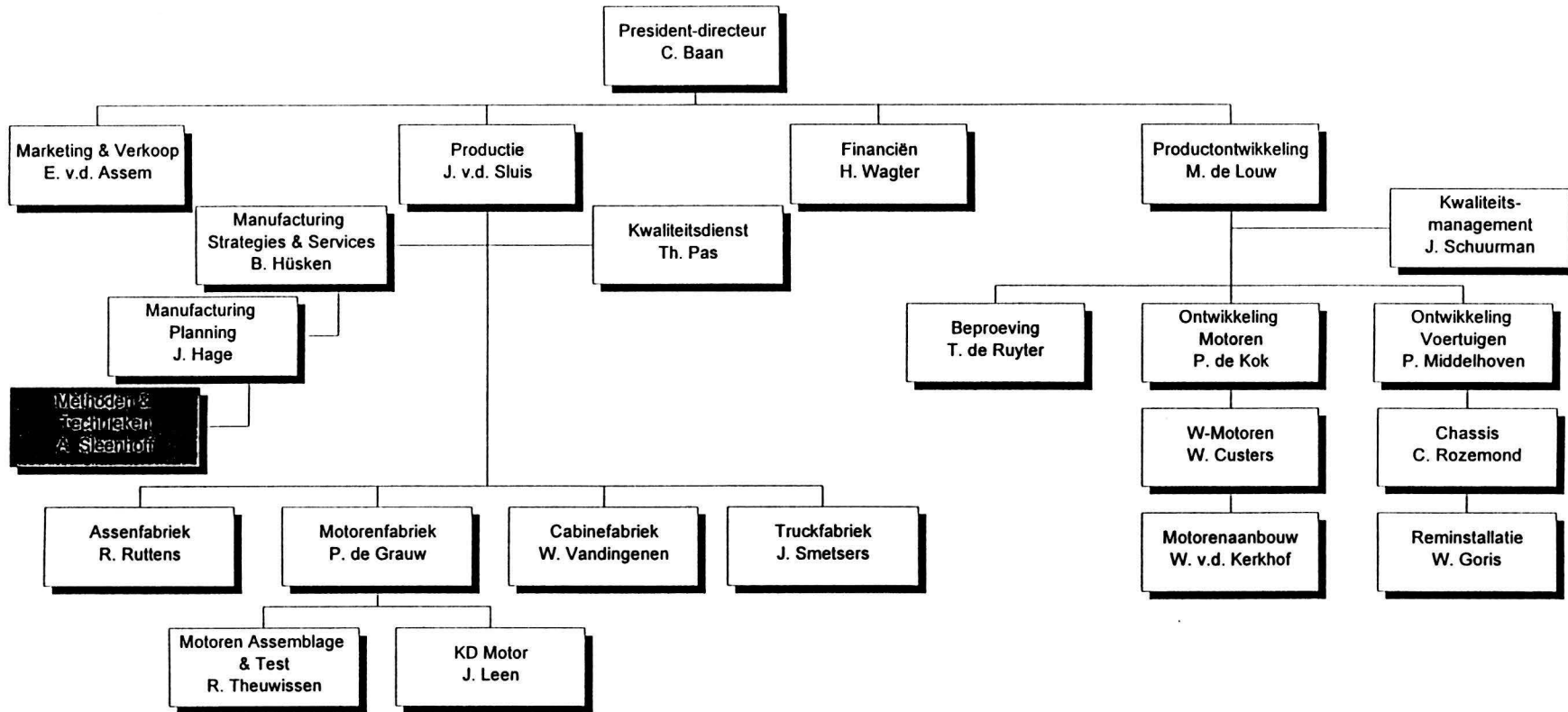
In 1987 ondergaat DAF een ingrijpende verandering door overname van de vrachtwagenactiviteiten van de Britse Rover Groep (Leyland Ltd.). Het voordeel hiervan lag in de toevoeging van lichte vrachtwagens en bestelwagens aan het productenpakket dat bestond uit middelzware en zware trucks. Daarnaast verwierf DAF zich daardoor een sterke marktpositie in het Verenigd Koninkrijk en aanzienlijke meer productie-, onderzoeks- en ontwikkelingscapaciteit. Hierdoor wordt DAF de op vijf na grootste onderneming van Europa, wat betreft de ontwikkeling, fabricage en verkoop van bedrijfswagens.

In juni 1989 voltrekt zich de beursgang van de onderneming en ontstaat DAF N.V. met vier werkmaatschappijen. De winst van de onderneming stijgt tot recordhoogte. Het succes blijkt echter van korte duur, want begin jaren '90 stort de bedrijfswagenmarkt in het Verenigd Koninkrijk volledig in, gevolgd door de rest van de markten in West Europa. In februari 1993 leidt dit tot het faillissement. Drie weken later bereiken de Nederlandse en Belgische overheid overeenstemming met een groep van banken en investeerders over de financiering van een nieuwe onderneming: 'DAF Trucks N.V.', die de kernactiviteiten van DAF overneemt.

Na het faillissement gaat DAF Trucks N.V. over op een ander productiebesturingssysteem, namelijk 'build to order', wat inhoudt dat uitsluitend voertuigen in productie worden genomen die daadwerkelijk zijn verkocht. Door het aantrekken van de markt en de nieuwe, moderne serie vrachtwagens groeide het productievolume gestaag tot circa 70 trucks per dag in het najaar van 1995.

In het najaar van 1996 wordt door de aandeelhouders van DAF Trucks N.V. besloten om de aandelen te verkopen aan de grote Amerikaanse truckproducent Paccar Inc., nadat dit bedrijf een bod op 100% van de aandelen had uitgebracht. Met de merken Peterbilt en Kenworth in de Verenigde Staten en Foden in het Verenigd Koninkrijk, is de onderneming in grootte de derde producent van de wereld.

In januari 1997 introduceert DAF Trucks het nieuwe vlaggeschip van de onderneming, de DAF 95 XF. Door het grote succes van deze nieuwe zware truck stijgt het productievolume in augustus 1997 naar het op dat moment maximaal haalbare aantal van 90 trucks per dag.



Dit document is
geconfideentieel

Bijlage 3

Oorspronkelijke opdrachtomschrijving

Opdrachtformulering **W. Goes**

20-01-1997

1. MONVO

Bij het productiemanagement van DAF Trucks bestaat ontevredenheid ten aanzien van het huidige functioneren van de PE-functie. Derhalve is een onderzoek (MONVO: Masterplan Onderdelen Voorbereiding) gestart, gericht op verbetering van de prestatie van de werkvoorbereidingsfunctie voor de onderdelenproductie ten aanzien van kwaliteit en levertijd. Dit moet resulteren in de identificatie van de huidige en toekomstige noodzakelijke functionaliteiten en systemen ten behoeve van de taken en activiteiten van de werkvoorbereiding van de onderdelenproductie.

De eerste stap in dit project bestond uit een zelfanalyse van de sterkten en zwakten van de PE-functie, alsmede het opstellen van een beschrijving van het werkvoorbereidingsproces voor de onderdelenproductie. Uit deze stap zijn een aantal centrale issues naar voren gekomen, die de input vormen voor stap 2. Deze stap omvat een omgevingsanalyse met betrekking tot de kansen en bedreigingen voor de werkvoorbereiding van de onderdelenproductie. Hierin wordt ook gezocht naar systemen ten behoeve van het werkvoorbereidingsproces voor de onderdelenproductie.

2. BaaN

Het huidige werkvoorbereidingssysteem, DAF Routing, past niet meer in de strategie van DAF Trucks om over te gaan op standaard software pakketten. In het kader van deze strategie is het productiebesturingssysteem van BaaN aangeschaft. Het is echter niet mogelijk om de noodzakelijke functionaliteiten voor de werkvoorbereiding van de onderdelenproductie in het BaaN-productiebesturingssysteem te realiseren, voordat de 'roll out' van BaaN 5.0 van start gaat. Daarom is een standaard software pakket aangeschaft ten behoeve van de werkvoorbereiding voor de onderdelenproductie, een zogenaamd CAPP pakket (Computer Aided Process Planning). Het geselecteerde pakket ondersteunt echter niet alle taken van het werkvoorbereidingsproces voor de onderdelen productie, die door DAF Routing werden afgedekt en laat derhalve een aantal deelproblemen achter.

3. Onderzoek

De opdracht luidt, op basis van de input uit de eerste stap, het geselecteerde CAPP pakket en literatuuronderzoek, deze deelproblemen en de levende wensen in kaart te brengen en daarin een prioritering aan te (laten) brengen. Op basis van deze prioriteitsstelling wordt een deelprobleem gekozen en verder uitgewerkt met als doel de performance ten aanzien van tijd, kwaliteit en kosten op het betreffende deelgebied te verbeteren.

Bijlage 4

Vooronderzoek MONVO

Intern rapport/verslag



Onderwerp Vooronderzoek MONVO			Nr. WG 97-001	
			Datum 10-04-97	Blad 1
Opgemaakt door W. Goes	Afd. Manuf. Plann.	Tel. 2892	Actie te nemen door of opmerkingen	

Aan: leden werkgroep MONVO

Kopie: J. Hage

0 Samenvatting

In het kader van het Masterplan Onderdelen Voorbereiding (MONVO), dat gericht is op verbetering van de werkvoorbereidingsfunctie, is een vooronderzoek gedaan naar de resterende deelproblemen en verbeteringsmogelijkheden die zich voordoen bij de werkvoorbereiding nadat een CAPP module (Computer Aided Process Planning) is geselecteerd. Dit heeft geresulteerd in een voorstel aan de MONVO werkgroep ten aanzien van de aan te pakken deelgebieden. De deelgebieden die in het vooronderzoek aan de orde zijn gekomen, zijn vastgesteld op basis van discussie binnen de MONVO werkgroep. Het betreft hier de volgende onderwerpen:

Gereedschapbeheer. Ten aanzien van gereedschapbeheer bestaan er een aantal scenario's. De keuze voor een bepaald alternatief is afhankelijk van de mogelijkheden die BaaN gaat bieden en van het aantal te maken interfaces, die bij een alternatief tussen diverse systemen moeten worden gemaakt. Bij voorkeur dient de verantwoordelijkheid voor een gereedschapmodule bij BaaN neer gelegd te worden.

Ontbrekende functionaliteiten. De functionaliteiten die niet door BaaN en mogelijk wel door de CAPP module (enginObject van camos) worden afgedekt, zijn geïnventariseerd. Deze functionaliteiten zullen moeten worden ingevuld met behulp van de 'Toolkit' van de enginObject.

Snelle kostprijsbepaling. Het op snelle wijze bepalen van kostprijzen ten behoeve van Design for Manufacture and Assembly en van inkoopondersteuning is een nuttig hulpmiddel binnen Simultaneous Engineering. Met behulp van de 'Toolkit' van de CAPP module kan een dergelijke functionaliteit worden gerealiseerd, maar binnen de organisatie bestaat hier momenteel nog geen behoefte aan.

Automatische generatie van routings en berekenbladen voor normtijden. Het automatisch genereren van routings biedt de mogelijkheid om de doorlooptijd voor het opstellen van bewerkingsvolgordes aanzienlijk te verkorten. Voor DAF kan dit vooral nuttig zijn op plaatsen

waar veel nieuwe codenummers worden opgevoerd en waar veel codenummers worden gewijzigd. Op basis van een onderzoek naar het aantal nieuwe en gewijzigde codenummers bij verschillende werkvoorbereidingsafdelingen en een aantal interviews met werkvoorbereiders voor betreffende producten, lijkt het zinvol om een project te starten voor het automatisch genereren van routings bij de werkvoorbereiding van de pijpenfabricage, steugels of de onderdelenlakstaat. Hiervoor is het echter noodzakelijk om ook de berekenbladen voor normtijden te automatiseren. Dit laatste kan ook afzonderlijk gebeuren.

Procesanalyse PE taken. De eerste fase van het MONVO project bestond uit het vaststellen van de taken van de werkvoorbereiding (Production Engineering). Ter verbetering van de werkvoorbereidingsfunctie dienen deze taken nader geanalyseerd te worden. Flowcharts van de PE processen zijn de aangewezen manier om dit te doen. Ten behoeve van continue verbetering van de PE functie dienen de flowcharts gestructureerd beheerd te worden.

Voorschriftenbeheer. Ten aanzien van voorschriftenbeheer bestaat er geen dringende noodzaak om de huidige werkwijze op korte termijn te veranderen.

Inhoudsopgave

0	Samenvatting	1
1	Inleiding	4
2	Deelproblemen	6
2.1	Gereedschapbeheer	6
2.2	Ontbrekende functionaliteiten	7
3	Verbeteringsmogelijkheden	8
3.1	Snelle kostprijsbepaling	8
3.1.1	Design for Manufacture and Assembly	8
3.1.2	Inkoopondersteuning	9
3.2	Automatisch genereren van routings	10
3.2.1	Pijpenfabricage	11
3.2.2	Onderdelenlakstraat	11
3.2.3	Steunen en beugels	11
3.2.4	Knipprogramma	11
3.2.5	Langsliggers	12
3.2.6	Draadbomen	12
3.2.7	Tandwielen	12
3.3	Berekenbladen voor normtijden	13
3.4	Procesanalyse PE taken	13
3.5	Voorschriftenbeheer	14
4	Voorstel	16
	Literatuurlijst	18
	Afkortingen	19
	Bijlagen	

1 Inleiding

Bij het productiemanagement van DAF Trucks bestaat ontevredenheid ten aanzien van het huidige functioneren van de PE-functie (Production Engineering). Derhalve is een onderzoek gestart, genaamd MONVO (Masterplan Onderdelen Voorbereiding), gericht op verbetering van de prestatie van de werkvoorbereidingsfunctie voor de onderdelenproductie ten aanzien van kwaliteit en levertijd. Dit moet resulteren in de identificatie van de huidige en toekomstige noodzakelijke functionaliteiten en systemen ten behoeve van de taken en activiteiten van de werkvoorbereiding van de onderdelenproductie.

De eerste stap in dit project bestond uit een zelfanalyse van de sterkten en zwakten van de PE-functie, alsmede het opstellen van een beschrijving van het werkvoorbereidingsproces voor de onderdelenproductie. Uit deze stap zijn een aantal centrale issues naar voren gekomen, die de input vormen voor stap 2. Deze stap omvat een omgevingsanalyse met betrekking tot de kansen en bedreigingen voor de werkvoorbereiding van de onderdelenproductie. Hierin wordt ook gezocht naar systemen ten behoeve van het werkvoorbereidingsproces voor de onderdelenproductie.

Het huidige werkvoorbereidingssysteem, DAF Routing, past niet meer in de strategie van DAF Trucks om over te gaan op standaard software pakketten. In het kader van deze strategie is het productiebesturingssysteem BaaN V van het softwarehuis BaaN aangeschaft. Dit pakket is echter nog niet geheel uitontwikkeld. Daarom wordt gedurende het implementatietraject een aantal pilotprojecten uitgevoerd met BaaN IV. In diezelfde periode wordt BaaN V verder ontwikkeld tot een gereed product, o.a. op basis van bij DAF opgedane ervaringen, waarna BaaN V DAF breed wordt geïntroduceerd (roll out). Het is echter niet mogelijk gebleken om de noodzakelijke functionaliteiten voor de werkvoorbereiding van de onderdelenproductie in het BaaN-productiebesturingssysteem te realiseren, voordat de 'roll out' van BaaN V van start gaat. Daarom is een standaard software pakket geselecteerd ten behoeve van de werkvoorbereiding voor de onderdelenproductie, een zogenaamd CAPP pakket (Computer Aided Process Planning). Het geselecteerde pakket ondersteunt echter niet alle taken van het werkvoorbereidingsproces voor de onderdelenproductie, die door DAF Routing werden afgedekt en laat derhalve een aantal deelproblemen achter. Met de CAPP-software wordt echter een zgn. 'Toolkit' meegeleverd. Deze Toolkit biedt gebruikers de mogelijkheid om de software toe te snijden op hun specifieke eisen en wensen. Dit biedt de gebruiker maximale flexibiliteit en diverse mogelijkheden die verbetering van de huidige PE-functie mogelijk kunnen maken.

In een vooronderzoek zijn deze deelproblemen en diverse verbeteringsmogelijkheden in kaart gebracht. Vervolgens is nagegaan of, en hoe deze problemen, al dan niet met behulp van de CAPP-software, kunnen worden opgelost en of er binnen de organisatie behoefte bestaat aan het realiseren van verbeteringsmogelijkheden. Tevens is nagegaan wat daarbij de beperkende factoren zijn ten aanzien van de oplossing van de deelproblemen, dan wel de realisatie van verbeteropties. De volgende deelproblemen zijn aan de orde:

- gereedschapbeheer;
- ontbrekende functionaliteiten.

Daarnaast bestaan de volgende mogelijkheden ter verbetering van PE-functie:

- snelle kostprijsbepaling ten behoeve van Design for Manufacture and Assembly (DFMA) en ten behoeve van inkoopondersteuning;

- automatisch genereren van routings;
- berekenbladen voor normtijden;
- procesanalyse van de PE-taken;
- voorschriftenbeheer.

2 Deelproblemen

Het betreft hier zaken die niet door het productiebesturingspakket BaaN V worden afgedekt en die ook niet zonder meer door het CAPP-pakket worden ingevuld, maar waartoe wel de mogelijkheid bestaat om deze via de 'Toolkit' van CAPP module te realiseren.

2.1 Gereedschapbeheer

In het productiebesturingspakket van BaaN wordt gereedschapbeheer alleen ten aanzien van een aantal logistieke aspecten ondersteund en ook de CAPP-module is in eerste instantie niet bedoeld voor het beheren van gereedschappen.

Gereedschapbeheer raakt een groot aantal gebieden binnen DAF, te weten: Productontwikkeling, werkvoorbereiding, inkoop, productie, kostprijsberekening, kwaliteitsbeheer, normalisatie, logistiek, onderhoud, gereedschaptekenkamer. Daarnaast vertegenwoordigen gereedschappen een aanzienlijk deel van de totale vaste activa van DAF. Een goed georganiseerd beheer van gereedschappen is daarom van wezenlijk belang voor DAF Trucks. Gereedschapbeheer bestaat uit een toestandsafhankelijk deel ten behoeve van de orderplanning en een toestandsonafhankelijk deel ten behoeve van het beheer van gereedschapsgegevens. Technisch gezien is het statische deel van belang, omdat de relatie van een gereedschap met een bewerking moet kunnen worden aangegeven. Hiertoe dient alle technologische informatie, die nodig is om een bewerking uit te kunnen voeren, beheerd te kunnen worden, opdat op efficiënte wijze een kwalitatief goed artikel vervaardigd kan worden. Er bestaan verschillende mogelijkheden om gereedschapbeheer te realiseren:

- a. Via het productiebesturingssysteem van BaaN:

BaaN heeft aangekondigd een TRP (Tool Requirements Planning) module te ontwikkelen. Uit de conceptuele beschrijving van deze module kan worden geconcludeerd dat gereedschapbeheer volledig logistiek gedreven is. In de optiek van BaaN is een gereedschap een 'resource', dat al dan niet beschikbaar is, een locatie heeft en gepland moet worden. Het dynamisch deel wordt dus door het productiebesturingssysteem afgedekt, maar het statische deel niet. BaaN stelt voor om dit een PDM (Product Data Management) module te realiseren. PDM software beheert productgegevens en is dus ook geschikt om gereedschapsgegevens te beheren. De ontwikkeling van de TRP module van BaaN verkeert echter nog in de conceptuele fase en zal voorlopig nog niet gereed zijn.

- b. Via een interface vanuit het huidige DAF gereedschapbeheersysteem:

In de huidige situatie worden gereedschappen beheerd in een databestand naast het DAF Routing systeem. Deze situatie kan gehandhaafd blijven totdat BaaN met zijn TRP module komt. Er moet dan wel tijdelijke interface gemaakt worden tussen het DAF gereedschapbestand en BaaN (inclusief de CAPP module). In het maken van een interface gaat echter veel tijd zitten. Er moet dus een afweging worden gemaakt tussen de investering in interfaces en de gebruiksduur van de interfaces. Tevens dient voorkomen te worden dat er een lappendeken van pakketten met interfaces ontstaat.

- c. Via een separaat gereedschapbeheersysteem:

In de markt zijn verscheidene gereedschapbeheersystemen te koop. Deze gereedschapbeheersystemen vervullen alle door DAF vereiste functionaliteiten plus een

aantal zaken die op het wensenniveau liggen. Ook hier is een interface nodig naar het productiebesturingssysteem en één naar de CAPP module. Deze optie past echter wel in het beleid van DAF om alleen nog maar standaard software toe te passen en is dus in tegenstelling tot optie b wel een lange termijn oplossing.

d. Via de CAPP module (voor zover het gegevensbeheer betreft):

Met behulp van de CAPP module kunnen gereedschappen beheerd worden, door deze functionaliteit met behulp van de 'Toolkit' te construeren. De bestanden met gereedschapdata bevinden zich dan in de CAPP module, die geïnterface is met het productiebesturingssysteem. Het beheer vindt dan plaats via de CAPP module en logistiek kan ten behoeve van de orderplanning gebruik maken van dezelfde bestanden. Deze oplossing dient niet gerealiseerd te worden, indien BaaN het besluit om een TRP module te gaan ontwikkelen, doorzet. DAF moet dan geen tijd steken in de constructie van een dergelijke korte termijn oplossing.

Er vanuitgaand dat elk van de alternatieven de door DAF vereiste functionaliteiten af zal dekken, is het aantal benodigde interfaces een volgend beslissingscriterium. Met name het specificeren van een interface is een tijdrovende bezigheid en daarom dient het aantal te bouwen interfaces beperkt te blijven. Vanuit die optiek is het eerste alternatief voor DAF het meest gewenst, omdat daar de verantwoordelijkheid voor de interfaces bij de softwareleverancier(s) ligt en de DAF-inbreng derhalve beperkt kan blijven.

2.2 Ontbrekende functionaliteiten

De functionaliteiten die niet door BaaN en mogelijk wel door enginObject worden afgedekt, zijn geïnterfaceerd. Deze functionaliteiten zullen moeten worden ingevuld met behulp van de 'Toolkit' van enginObject. Het betreft hier functionaliteiten als:

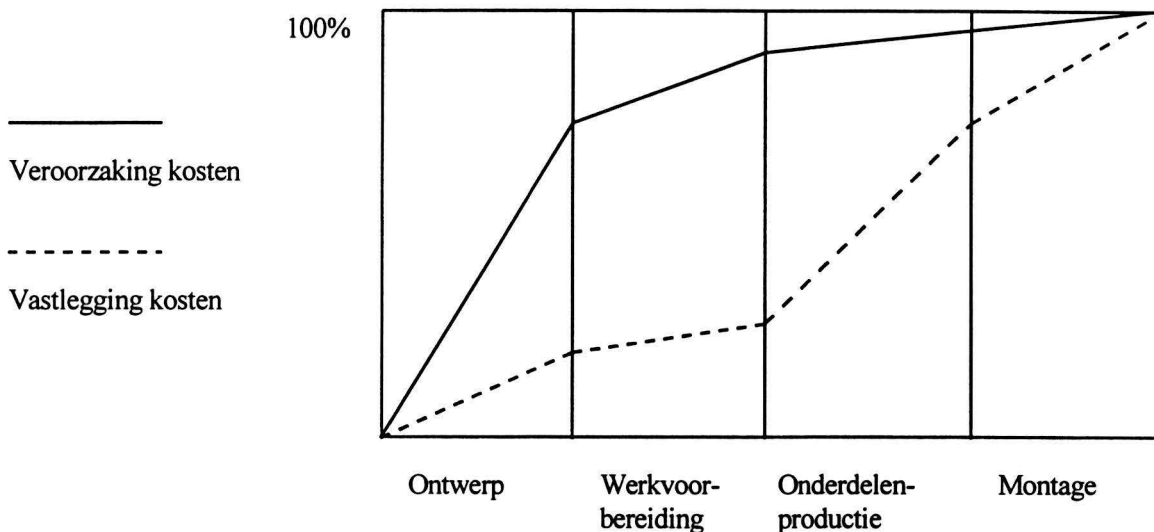
- beheer en controle van wijzigingenbladen om het ontstaan van verschillende bewerkingsversies van een artikel tijdens de levensduur te voorkomen;
- opslaan van bewerkingsinformatie in datavelden. Bewerkingsvolgordes (BVO's) bestaan uit een macro- en een microrouting. In BaaN V is het niet mogelijk om een microrouting (gedetailleerde bewerkingsinstructies) in te geven. Met behulp van de 'Toolkit' is deze functionaliteit wel te realiseren binnen de CAPP module;
- opgeven van emballage per bewerking, omdat dit per bewerking kan verschillen;
- stuklijsten van machines maken om onderdelen van de machine die oorspronkelijk niet met de machine meegeleverd zijn of als zelfstandige unit beschouwd kunnen worden, via een stuklijst aan de machine te koppelen. En registratie van units c.q. onderdelen, die geen relatie hebben met een artikel via de routing, opdat deze units, onderdelen en gereedschappen niet als overbodig verschrot worden;
- verwijzing naar voorschriften. Per bewerking moet het mogelijk zijn om te verwijzen naar externe documenten waarin voorschriften, zoals stel-, kwaliteits-, werkplek-, smeerinstructies, etc. zijn opgenomen.

3 Verbeteringsmogelijkheden

3.1 Snelle kostprijsbepaling

3.1.1 Design for Manufacture and Assembly

Tijdens de ontwerpfase van nieuwe producten, het PCP ontwikkelproces (Product Creation Process), wordt een groot deel van de uiteindelijke kosten van een product reeds veroorzaakt (zie figuur 1).



Figuur 1

Design for Manufacture and Assembly (DFMA) is een methode om nieuwe producten in het allervroegste ontwerpstadium te beoordelen op produceerbaarheid en assemblage(on)vriendelijkheid, opdat in de onderdelenproductie en montage geen onnodige kosten gemaakt worden. Deze methode voor efficiencyverbetering is in de tachtiger jaren ontwikkeld door Boothroyd en Dewhurst van de universiteit van Rhode Island (USA). Design for Assembly (DFA) is met name gericht op kostenverlaging door vermindering van het aantal onderdelen door integratie van productfuncties. Binnen DFA staan een drietal vragen centraal:

1. Beweegt het onderdeel ten opzichte van eerder gemonteerde onderdelen;
2. Moet dit onderdeel andere onderdelen isoleren/afschermen en daarom van ander materiaal zijn;
3. Verhindert integratie van de functie(s) de montage of demontage van enig ander onderdeel.

Als alle drie de vragen negatief worden beantwoord, dan is het onderdeel 'verdacht' als apart onderdeel en dient te worden nagegaan of integratie van de functie(s) in een onderdeel mogelijk is. Het eerst aangewezen onderdeel waarin deze functie(s) het beste kunnen worden ondergebracht, is het eerste onderdeel dat op het montageschema voor het verdachte onderdeel staat en zelf niet verdacht is.

Beperking van het aantal onderdelen in een product leidt tot minder materiaalkosten, minder bewerkingskosten en minder montagekosten. Daarnaast dalen eveneens de beheerskosten, doordat bijvoorbeeld minder tekeningen hoeven te worden gemaakt, minder productiemachines nodig zijn, de logistieke besturing eenvoudiger wordt, minder geïnvesteerd hoeft te worden in matrijzen en gereedschappen, kortere montagelijnen nodig zijn, minder toeleveranciers, inkooporders en facturen nodig zijn, de inleercurve voor medewerkers in montageafdelingen korter wordt. Doordat het aantal onderdelen afneemt, daalt de kans op het maken van fouten bij productie en montage, waardoor de kwaliteit van het product toeneemt.

Design for Manufacture is een methode om verschillende ontwerpalternatieven op basis van een snel te bepalen kostprijs te beoordelen. Een kostprijs moet snel te bepalen zijn, omdat ontwerpteam snelle feedback verlangen om de voortgang van het ontwikkelingsstraject niet te belemmeren. Een kostprijs wordt snel bepaald op basis van de bewerkingsvolgorde op macroniveau. Met behulp van geautomatiseerde werkvoorbereidingssystemen is het mogelijk om snel een routing te maken. Aan de hand van de uit te voeren hoofdbewerkingen wordt bepaald hoeveel man- en machinetijd betreffende bewerkingen vergen. Samen met de benodigde hoeveelheid materiaal kan dan een kostprijs worden bepaald. Hiervoor dient men wel over een groot aantal bewerkings- en materiaalgegevens beschikken. Deze gegevens zijn echter al beschikbaar ten behoeve van het werkvoorbereidingspakket. Met behulp van de 'Toolkit' van het werkvoorbereidingspakket kan een calculatiemodel geconstrueerd worden, zodat snel een kostprijs bepaald kan worden.

Binnen DFMA is de aandacht voornamelijk op kosten gericht en nauwelijk op verbetering van de kwaliteit en de logistieke performance. Om te zorgen dat logistiek en kwaliteit worden meegenomen in de conceptuele fase van het ontwerpproces moet aan productontwikkeling dus 'a priori'-informatie verschaft worden omtrent de invloed van het productontwerp op de productkwaliteit en de logistieke performance, omdat daar zowel binnen als buiten DAF weinig over bekend is. Nader onderzoek ten aanzien van DFMA binnen het PCP ontwikkelproces zal zich daarom moet richten op deze twee aspecten, omdat het kostenaspect door middel van commercieel beschikbare training in DFA technieken afgedekt kan worden.

3.1.2 Inkoopondersteuning

Het merendeel van de onderdelen van een truck wordt ingekocht bij verschillende toeleveranciers. Bij DAF Trucks is een ontwikkeling gaande waarbij de afdeling Inkoop met minder leveranciers contracten voor langere tijd aangaat (Supply Management). Ter bepaling van de inkoopprijs zal een inkoper een indicatie van de kostprijs van een onderdeel moeten hebben, zodat met de leverancier een reële prijs overeengekomen kan worden. Door voor een onderdeel een bewerkingsvolgorde op hoofdbewerkingsniveau te maken kan snel een richtprijs aan de inkoper worden meegegeven. Ondanks dat inkoopondersteuning tot de taken van een werkvoorbereider behoort, wordt daar nauwelijks invulling aan gegeven, voornamelijk omdat inkopers hier niet om vragen. Bij voorcalculatie bestaan rekenmodellen om snel tot een kostprijsindicatie te komen. Het gebruik van deze modellen vereist echter de nodige proceskennis van inkopers en calculatoren. Doordat veruit de meeste inkopers niet over deze kennis beschikken, worden dergelijke systemen niet toegepast. Daarnaast zal werkvoorbereiding ook moet beschikken over de man- en machinegegevens van de leverancier, omdat DAF van veel inkoopdelen zelf niet de proceskennis in huis heeft die nodig is om een bewerkingsvolgorde te maken van betreffend inkoopdeel. Leveranciers zullen niet snel geneigd zijn om dergelijke gegevens aan klanten ter beschikking te stellen, dus zal de klant zelf bestanden moeten onderhouden met gegevens over productiemiddelen en normtijden om prijzen te kunnen berekenen.

Op korte termijn bestaat binnen DAF Trucks geen behoefte aan snelle kostprijsbepaling voor productontwikkeling en inkoopondersteuning, zodat deze functionaliteit voorlopig nog niet gerealiseerd hoeft te worden. Indien de behoefte ontstaat, zal naar een vorm moeten worden gezocht waarbij ieder zijn specialistische proces-, dan wel financiële kennis inbrengt in een systeem (gebouwd met behulp van de 'Toolkit' van enginObject), dat een nauwkeurige

kostprijsindicatie kan bepalen. Met behulp van informatietechnologie (vastleggen en distribueren van kennis) is dit mogelijk, maar de structuur zal dan nog moeten worden aangebracht.

3.2 Automatisch genereren van routings

Uit figuur 1 blijkt dat naast de ontwerpfase ook tijdens de werkvoorbereiding een aanzienlijk deel van de kosten veroorzaakt wordt. Met het huidige, bij DAF, in gebruik zijnde informatiesysteem worden bewerkingsvolgordes (BVO's) meestal opgesteld door, met behulp van classificatiecodes, eerst naar BVO's van vergelijkbare producten te zoeken en deze zodanig aan te passen dat een BVO voor een nieuw codenummer ontstaat. In de Engelstalige literatuur wordt dit 'Variant Process Planning' genoemd. In vergelijking met het handmatig opstellen van BVO's (Eng.: 'Constructive Process Planning') wordt met deze werkwijze een aanzienlijke tijds winst geboekt. Het gevaar bestaat echter dat fouten uit bestaande BVO's ook worden overgenomen en dat werkvoorbereiders niet of nauwelijks zullen zoeken naar alternatieve productiewijzen, omdat dan een BVO volledig nieuw moet worden opgebouwd. Dit gaat ten koste van de eisen die momenteel aan de industrie worden gesteld ten aanzien van kwaliteit, flexibiliteit en optimaal gebruik van kapitaalintensieve productiemiddelen.

Het softwarepakket voor de onderdelenwerkvoorbereiding (enginObject) biedt de mogelijkheid om automatisch BVO's te kunnen genereren (Eng.: Generative Process Planning). De gedachte achter deze manier van werkvoorbereiden, is dat een product is opgebouwd uit een aantal features (vormelementen). Voor bijvoorbeeld verspanende bewerkingen zijn dit frees-, gat- en draaifeatures. Voor elke feature van een product moet de werkvoorbereider een aantal parameters ingeven. Voor het vormelement 'gat' bestaat de input uit het ingeven van de diameter, plaatstolerantie, diepte en het type. Voor deze features berekent de CAPP software de optimale gereedschappen, verspaningscondities en bewerkingstijden. Deze gegevens worden bepaald met behulp van allerlei tabellen die standaard in CAPP pakketten zijn opgenomen of kunnen worden ingegeven. De gegevens in die tabellen zijn veelal afkomstig van onderzoeksinstituten of van de software leveranciers die deze gegevens van hun klanten krijgen. Op basis van deze gegevens kan dus automatisch een routing voor een product gegenereerd worden. In tegenstelling tot bovengenoemde CAPP software, biedt enginObject geen standaardmogelijkheden om automatisch routings te genereren. De kennis die daar voor nodig is moet, met behulp van de 'Toolkit', door de gebruiker zelf worden omgezet in programmatuur.

Op basis van het aantal nieuwe en gewijzigde codenummers bij DAF in 1996 (zie bijlage 1) is een aantal afdelingen geselecteerd, waarvoor het zinvol zou kunnen zijn om automatisch routings te kunnen genereren. Vervolgens is bij medewerkers van betreffende afdelingen nagegaan of er ook daadwerkelijk behoefte bestaat aan een dergelijke functionaliteit. Op basis van deze gesprekken wordt bepaald welke afdelingen over blijven als kandidaat voor een project met betrekking tot het automatisch genereren van routings met behulp van enginObject.

3.2.1 Pijpenfabricage

Bij de werkvoorbereiding pijpenfabricage is men reeds gestart met een 'Computer Integrated Manufacturing' (CIM) project voor een pijpenbuigmachine (voor pijpen met een diameter < 20mm). Binnen dit project is men reeds zover dat werkvoorbereiding pijpenfabricage zijn gegevens in ASCII bestanden krijgt aangeleverd van de afdeling Productontwikkeling. Er leven ideeën over hoe men automatisch routings zou moeten genereren (in dialoog met de computer), maar men beschikt nog niet over de technische hulpmiddelen. Met enginObject kan hier op in worden gespeeld. Zeker omdat men al thuis is in het onderwerp en er ook in is geïnteresseerd,

gegeven het werk dat al is gedaan. Voor de betreffende pijpenbuigmachine is het opstellen van een BVO een routineklus, die vaak uitgevoerd moet worden en waarvoor automatisering dus een goed alternatief is. Een project met betrekking tot het automatisch genereren van routings zou hier stapsgewijs aangepakt kunnen worden door te starten met een pijpenbuigmachine en daarna de overige bewerkingen er bij te betrekken.

3.2.2 Onderdelenlakstraat

Bij de werkvoorbereiding onderdelenlakstraat bestaat de behoefte om automatisch routings te kunnen genereren. Deze behoefte komt voort uit het grote aantal BVO's dat jaarlijks moet worden opgesteld en het korte tijdsbestek waarin dat moet gebeuren door één persoon. De gegevens die nodig zijn om een BVO op te stellen liggen al vast in tabellen en handboeken en verschillende beslissingsregels staan al op schrift. Het opstellen van de BVO zelf kost weinig tijd, maar het naslaan van de tabellen en handboeken kost relatief veel tijd. Gezien het geringe aantal beslissingstabellen en de eenvoud van de BVO's zou automatische generatie van BVO's voor de werkvoorbereiding onderdelenlakstraat aangepakt kunnen worden als project om ervaring op te doen met het onderwerp.

3.2.3 Steunen en beugels

Bij PE Plaat zouden automatisch routings gegenereerd kunnen worden voor steunen en beugels, ofwel steugels, enerzijds vanwege het grote aantal wijzigingen en het aantal nieuwe producten en anderzijds vanwege de eenvoud van het product.

3.2.4 Knipprogramma

Voor het knippen van platen is een programma geschreven, dat op basis van een aantal inputs, zoals dikte-kwaliteit verhouding van de plaat, lengte- en breedtematen, etc., de meest efficiënte manier bepaalt om een plaat te knippen. Het programma bepaalt o.a het aantal stroken dat uit een plaat wordt geknipt, het aantal produkten per strook, op welke machine de plaat geknipt moet worden, het afval (vermijdbaar en onvermijdbaar) en de kostprijs per product. Om te starten met het knipprogramma is minder interessant, omdat dit grotendeels het overzetten van het huidige programma naar enginObject betreft. Daarbij moeten dan wel een aantal onvolkomenheden en klachten van gebruikers in acht worden genomen.

3.2.5 Langsliggers

In de huidige situatie wordt de werkvoorbereiding van langsliggers volledig uitgevoerd op een MICROVAX computer, waarna de BVO's naar het DAF routing systeem worden gestuurd ten behoeve van o.a. kostprijsberekening en materiaalsturing.

De bestanden met geometrische gegevens van nieuwe of gewijzigde codenummers komen van de afdeling Productontwikkeling. Samen met de overige gegevens die nodig zijn voor het opstellen van een BVO wordt met behulp van het programma op de MICROVAX computer automatisch een BVO gegenereerd. In de situatie waarin enginObject als werkvoorbereidingssysteem wordt gehanteerd, zal een andere interface moeten worden gemaakt om de BVO's van de MICROVAX naar de CAPP module te sturen. Het langsliggerprogramma zelf kan als zodanig gehandhaafd worden, maar m.i. is het (technisch) ook mogelijk om de functionaliteit in enginObject te realiseren. enginObject moet dan echter minstens dezelfde functionaliteit, of beter, kunnen bieden. Daarbij in aanmerking nemend dat BVO's voor langsliggers snel (binnen enkele dagen) gereed moeten zijn en dat de tijd om te experimenteren met nieuwe systemen beperkt is, is

langsliggerproductie in eerste instantie geen kandidaat voor het automatisch genereren van routings binnen de CAPP module. De mogelijkheid moet wel worden opgehouden, omdat de CAPP module anders, in het geval van langsliggers alleen gebruikt wordt om gegevens van de MICROVAX door te sluizen naar BaaN.

3.2.6 Draadbomen

Werkvoorbereiding draadbomenproductie beschikt over een programma om instructies te genereren ten behoeve van de werkvloer. De hiervoor benodigde gegevens worden o.a. overgenomen van de tekeningen van Productontwikkeling. Op basis van deze gegevens wordt met behulp van een zoekprogramma in een Excel spreadsheet een aantal bijbehorende gegevens opgezocht, die nodig zijn voor het opstellen van een routing. De van Productontwikkeling afkomstige gegevens worden door de werkvoorbereider altijd handmatig gecontroleerd. Gegevens van Productontwikkeling worden dus niet één op één overgenomen. Dit vormt een belemmering voor het automatisch genereren van BVO's. Daarnaast worden BVO's voor draadbomen niet gemaakt op basis van harde criteria. Deze criteria zijn er wel, maar er bestaan veel uitzonderingen op deze regels. Dit betekent dat kennis en ervaring van de werkvoorbereider een belangrijke factor vormen bij het opstellen van een BVO. Het DAF Mainframe wordt alleen gebruikt om de MPL (Manufacturing Parts List) en de normtijden in te geven t.b.v kostprijsberekeningen en materiaalsturing.

3.2.7 Tandwielen

Voor de werkvoorbereiding tandwielen (PE motor) lijkt het niet zinvol om routings automatisch te genereren. Door werkvoorbereiding tandwielen worden zelden BVO's voor nieuwe producten opgesteld en het aantal wijzigingen ligt in de orde van grootte van 100 per jaar. Het betreft hier voornamelijk aanpassingen van de BVO op microniveau (normtijdreductie, kwaliteitsverbetering, e.d.). Tandwielen worden geproduceerd in een lijnproces. Dit betekent dat op kopbladniveau vrijwel nooit iets verandert. Bij grotere wijzigingen (ca. 25% van het totaal) wordt hooguit 2 dagen besteed aan het aanpassen van de BVO zelf. Het grootste deel van de tijd wordt echter besteed aan het uitzoeken van gegevens die nodig zijn om de BVO aan te kunnen passen. Automatische generatie van routings heeft voor werkvoorbereiding tandwielen dus niet de hoogste prioriteit. Wel bestaat de behoefte om tabellen met bewerkingstijden in het CAPP-systeem op te nemen, omdat het veranderen van tijden in de huidige situatie veel tijd kost.

Op basis van het bovenstaande lijkt het zinvol om het onderzoek voort te zetten bij de werkvoorbereiding pijpenfabricage en de werkvoorbereiding onderdelenlakstraat. Dit onderzoek zal zich dan met name moeten richten op de besparingen die door middel van het automatisch genereren van BVO's te realiseren zijn en de technische haalbaarheid daarvan.

3.3 Berekenbladen voor normtijden

Nauw verwant met het automatisch genereren van routings zijn berekenbladen voor normtijden. Normtijden worden in een BVO opgenomen om de werkmeester een indicatie te geven van hoe lang een bepaalde activiteit mag duren en is daarmee input voor meting van de prestatie van de productie-afdeling ten aanzien van de productiviteit van directe medewerkers. Daarnaast zijn normtijden van belang voor het productiebesturingssysteem, omdat hierin capaciteits- en kostprijsberekeningen worden uitgevoerd ten behoeve van de orderplanning. Het betreft hier een groot aantal tabellen en beslissingsregels, waarvan het overgrote deel vastligt op papier en in de

hoofden van de werkvoorbereiders. De vastlegging daarvan in een kennissysteem, wat enginObject in feite is, betekent veel (arbeidsintensief) programmeerwerk, waar ook nog eens veel uitzoekwerk aan vooraf gaat. Indien begonnen wordt met het automatisch genereren van routings moeten de berekenbladen voor de normtijden direct worden meegenomen. Andersom kan wel begonnen met het inbrengen van de berekenbladen in enginObject zonder dat begonnen wordt met het automatisch genereren van routings.

3.4 Procesanalyse PE taken.

Het MONVO project (Masterplan Onderdelen Voorbereiding) is gericht op verbetering van de prestatie van de werkvoorbereidingsfunctie voor de onderdelenproductie ten aanzien van kwaliteit en levertijd. Dit moet resulteren in de identificatie van de huidige en toekomstige noodzakelijke functionaliteiten en systemen ten behoeve van de taken en activiteiten van de werkvoorbereiding van de onderdelenproductie. De eerste stap in dit project bestond uit een zelfanalyse van de sterkten en zwakten van de PE-functie, alsmede het opstellen van een beschrijving van het werkvoorbereidingsproces voor de onderdelenproductie. Naar aanleiding daarvan zijn de volgende PE-taken gedefinieerd:

1. Nieuwe en gewijzigde producten opnemen in bestaande processen / vervallen producten afvoeren;
2. Evaluatie en verbetering van bestaande processen ten aanzien van kwaliteit, kwantiteit, kosten, levertijd, flexibiliteit, Arbo en milieu;
3. Vastleggen norm prestatieniveau;
4. Productmaakbaarheid inbreng;
5. Maak-Koop beslissingen;
6. Inrichting nieuwe processen;
7. Inkoopondersteuning;
8. Productietechnologie ontwikkeling;
9. Verwerving van externe orders;
10. Diensten ten behoeve van werkvoorbereiding (Manufacturing Planning en Gereedschap tekenkamer).

Een goede manier om processen inzichtelijk te maken, is het weergeven van processen in de vorm van stroomdiagrammen (flowcharts). Weergave van processen op deze wijze verschaft de lezer een duidelijk inzicht in:

- het totale proces;
- de relatie met andere processen;
- potentiële verbeteringsmogelijkheden;
- verantwoordelijkheden per processtap;
- ‘deliverables’ per processtap.

Vanuit het oogpunt van verbetering van de PE-functie zullen de bestaande procesbeschrijvingen voor elke taak vertaald moeten worden naar proces flowcharts. Er moet echter niet geprobeerd worden om de processen tot in detail in één diagram weer te geven. Indien een processtap gedetailleerder moet worden beschreven, kan dit ook weer door middel van een flowchart gebeuren. Zodoende kan een stroomdiagram meerdere onderliggende processen bevatten. Waar nodig kan per processtap een aanvullende beschrijving worden gegeven. Bij voorkeur dienen flowcharts plus aanvullende beschrijving te worden opgesteld door degenen op wie het proces

van toepassing is. Deze flowcharts kunnen dan als uitgangspunt dienen om per PE taak mogelijkheden ter verbetering boven water te halen. Overal waar terugkoppelingen voor komen, zijn verbeteringen mogelijk. De aanwezigheid van terugkoppelingen duidt er namelijk op dat een aantal processtappen opnieuw wordt doorlopen. Door betreffende processtappen te verbeteren, kunnen terugkoppelingen geëlimineerd worden, waardoor de doorlooptijd van het totale proces zal afnemen. Om continue verbetering van PE processen te realiseren, zal een beheersorganisatie, vergelijkbaar met een kwaliteitszorgorganisatie, moeten worden opgezet. Deze organisatie moet zorgdragen voor het beheer van de flowcharts en de bijbehorende procesbeschrijvingen. Indien deze voorziening wordt getroffen dan bestaat bij PE Motor de bereidheid om capaciteit te reserveren om het proces van werkvoorbereiding te verbeteren.

3.5 Voorschriftenbeheer

Voorschriftenbeheer is in par. 2.2 genoemd als ontbrekende functionaliteit. Verwijzing naar voorschriften vanuit bewerkingsinstructies was niet mogelijk. Er vanuitgaand dat deze functionaliteit wel te realiseren is, zou men een stap verder kunnen gaan en aan automatisering van het voorschriftenbeheer kunnen gaan denken. Dit houdt in dat vanuit een bewerkingsinstructie gerelateerde voorschriften direct getoond kunnen worden. Hierbij kan gedacht worden aan het tonen van tekst, tekeningen, tabellen, foto's en zelfs video's. Deze zouden dan getoond kunnen worden op de werkplek waar betreffende bewerking wordt uitgevoerd. Dit betekent dat op veel werkplekken over een beeldscherm en een toetsenbord dient te beschikken. Dit vergt een grote investering in hard- en software. Daarbij moet in aanmerking worden genomen, dat voorschriftenbeheer niet alleen van toepassing is op technische afdelingen, maar ook op administratieve afdelingen, zodat het hier gaat om een onderwerp dat het totale bedrijf raakt.

In de huidige situatie is het beheer van voorschriften niet geautomatiseerd. Alle voorschriften zijn opgenomen in handboeken waar in de bewerkingsinstructies naar wordt verwezen. Voorlopig bestaat er vanuit PE geen behoefte om voorschriftenbeheer te automatiseren. Het huidige voorschriftenbeheer voldoet goed en automatisch voorschriftenbeheer gaat gepaard met hoge investeringen in hard- en software. Het huidige systeem heeft echter wel als nadeel dat het doorvoeren van wijzigingen meer inspanning vergt dan bij een geautomatiseerd systeem. BaaN heeft aangekondigd dat een PDM module een integraal onderdeel van BaaN VI zal vormen. Tegen de tijd dat deze versie wordt uitgebracht (1998) zullen de mogelijkheden moeten worden onderzocht om voorschriftenbeheer in de PDM module te realiseren.

4 Voorstel

In de voorgaande twee hoofdstukken zijn een aantal deelproblemen en verbeteringsmogelijkheden geïnventariseerd. Op basis van deze inventarisatie kan binnen het Masterplan Onderdelen Voorbereiding een aantal projecten worden gedefinieerd. Deze projecten kunnen eventueel parallel worden uitgevoerd. Er is niet gepoogd om per project een inschatting van de doorlooptijd te geven, omdat de beschrijving van de deelproblemen en verbeteringsmogelijkheden te globaal is om een goede indicatie van benodigde tijd per project te geven.

Invulling van ontbrekende functionaliteiten met behulp van de ‘Toolkit’, omdat deze nodig zijn voor het functioneren van de werkvoorbereiding.

Procesanalyse van PE taken. Een dergelijke procesanalyse waarin de huidige situatie is vastgelegd, dient als uitgangspunt om verbetering van de werkvoorbereidingsfunctie in gang te zetten. In de eerste fase van het MONVO project zijn de PE taken beschreven. Deze taken zijn daarna echter niet aan een analyse onderworpen om te kijken waar mogelijkheden ter verbetering liggen. Flowcharts zijn hier een uitstekend middel voor, omdat ze het proces inzichtelijk maken. Deze flowcharts dienen nog allemaal te worden opgesteld. Dit dient te gebeuren in een standaard formaat (zie bijlage 2). Het beheer van de flowcharts en documentatie dient bij voorkeur te worden uitgevoerd binnen de staf Manufacturing Planning. Voor het beheer van de flowcharts en documentatie kan gebruik worden gemaakt, van programma's als Lotus Notes of wellicht van Microsoft Exchange dat al beschikbaar is op het netwerk. De mogelijkheden die Microsoft Exchange biedt, zullen echter nader onderzocht moeten worden.

Realisatie van gereedschapbeheer. Omdat gereedschapbeheer via het DAF mainframe niet in het beleid van de onderneming past, dient gereedschapbeheer zo snel mogelijk met behulp van standaardsoftware te worden gerealiseerd, bij voorkeur door de aangekondigde TRP module van BaaN.

Berekenbladen voor normtijden en het automatisch genereren van routings. Alvorens kan worden gestart met het automatisch genereren van routings, moeten de berekenbladen voor normtijden worden geautomatiseerd. Omdat dit een tijdrovend karwei is, is het voorstel om het genereren van routings voor een bepaald product te automatiseren en tegelijkertijd de daarbij behorende berekenbladen mee te nemen. Voor de pijpenfabricage loopt reeds een project met betrekking tot automatische werkvoorbereiding. Er is dus al mancapaciteit beschikbaar en met de ‘Toolkit’ zou hierop aangesloten kunnen worden om automatische generatie van routings te realiseren. Ook kan er voor worden gekozen om te beginnen bij de onderdelenlakstraat of bij steugels, omdat hier niets bestaat ten aanzien van het automatisch genereren van routings en het systeem daarom helemaal naar eigen inzicht en wensen kan worden opgebouwd. Het probleem hier is dat er voldoende mancapaciteit vrij moet kunnen worden gemaakt.

Snelle kostprijsbepaling ten behoeve van Design for Assembly and Manufacture en inkoopondersteuning dient pas te worden gerealiseerd als daar vanuit de Simultaneous Engineering teams behoefte aan bestaat.

Pas als de PDM module binnen BaaN VI beschikbaar komt, moet worden nagegaan welke mogelijkheden deze module biedt ten aanzien van *voorschriftenbeheer*.

Literatuurlijst

- Broekers, R.T., Fluks, P., Beers, M.G.P. van, Luttervelt, C.A. van, *De veranderende rol van de werkvoorbereiding*. MB Produktietechniek, 1994.
- Delhoofen, P.J.W.M., *Handboek Ontwerpen, Handboek voor innovatie, communicatie en analyse bij het ontwerpen van producten*. Stam Techniek/Educatieve Partners, Houten, 1994.
- Juran, J.M., *Juran on Quality by Design: the new steps for planning quality into goods and services*, The Free Press, New York, 1992.
- Kals, H.J.J., Luttervelt, C.A. van, Moulijn, K.A., *Industriële productie, Het voortbrengen van mechanische producten*. De Vey Mestdagh, Middelburg, 1996.
- Koenig, D.T., *Manufacturing Engineering, Principles for Optimization*. Taylor & Francis, Washington DC, 1994.
- Liqui Ling, G., *Comprep maakt kostprijscalculatie mogelijk in ontwerpfase*. CA Techniek, 1996.
- Mather, H., *Design for Logistics (DFL) - The next challenge for designers*. Production and Inventory Management Journal, 1992.
- Perremans, P., *Commerciële werkvoorbereidingssystemen: Een stand van zaken*. MB Produktietechniek, 1994.
- Scheepers, H., *Supply Management at DAF Trucks, towards strategic and pro-active supply management*. Eindhoven, 1996.
- Syan, C.S., Menon, U., *Concurrent Engineering, Concepts, implementation and practice*. Chapman & Hall, London, 1994.
- Walravens, J.W.C., *Mechanische bevestigingen en hun effect op de montagekosten, de serviceability en de recyclebaarheid*. Bevestigingstechniek, 1996.

Afkortingen

BVO	Bewerkingsvolgorde
CAPP	Computer Aided Process Planning
CIM	Computer Integrated Manufacturing
DFA	Design for Assembly
DFM	Design for Manufacture
DFMA	Design for Manufacture and Assembly
MPL	Manufacturing Parts List
MONVO	Masterplan Onderdelenvoorbereiding
PCP	Product Creation Process
PDM	Product Data Management
PE	Production Engineering
TRP	Tools Requirements Planning

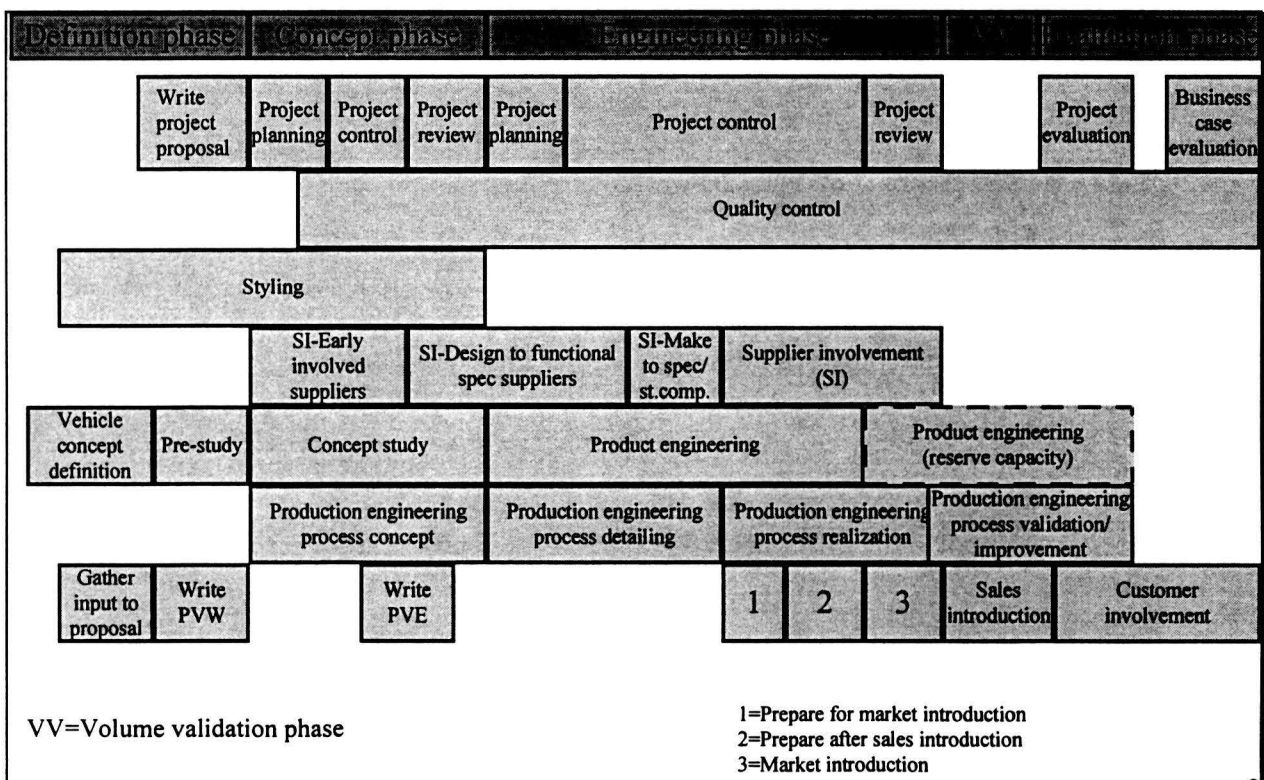
Bijlage 5

Product Creatie Proces

Het opnieuw in te richten Product Creatie Proces (PCP) is hoofdzakelijk van toepassing op projecten van een behoorlijke omvang, zoals bijvoorbeeld de ontwikkeling van een nieuw trucktype of de midlife update van een productfamilie. Ook de ontwikkeling van een nieuwe generatie zware motoren valt in deze categorie van projecten. Door structuur aan te brengen in het PCP beoogt DAF alle ontwikkelafdelingen op een eenduidige manier hun activiteiten te laten verrichten, teneinde een betere beheersing te realiseren van kwaliteit, kosten en tijdigheid. De herinrichting van het PCP moet een bijdrage leveren aan het oplossen van knelpunten en het aandragen van verbeteringen op de volgende gebieden:

- Grondigheid en diepgang van het projectvoorbereidingsproces;
- Systematisch en gestructureerd verzamelen en analyseren van klantenwensen;
- Verbeterde financiële analyse;
- Meer toepassing van Simultaneous Engineering;
- Meer gebruik van risicomanagement;
- Vroege ontwerpwijzigingen;
- Vroege kostendoelstellingen;
- Vroege betrokkenheid van leveranciers;
- Minder KwaliteitsActieFormulieren (KAF's);
- Doeltreffende communicatie van productwijzigingen naar de markt.

Na herinrichting komt het PCP er als volgt uit te zien:



1. Definitie fase

In deze fase wordt het voertuigconcept gedefinieerd, de stylingthema's bepaald, in een voorstudie worden klantenwensen via Quality Function Deployment vertaald naar producteigenschappen, informatie verzameld ten behoeve van projectvoorstel, het programma van wensen (PVW) opgesteld en het projectvoorstel geschreven. Het projectvoorstel bevat doelstellingen ten aanzien van het product en de service, de opzet van de business case, het projectplan, beperkingen ten aanzien van fabricage en distributie en targets voor kwaliteit, kosten en gewicht.

2. Concept fase

In de conceptfase wordt de projectplanning opgesteld, de wijze van projectbeheersing vastgelegd en een eerste project review gehouden. Daarnaast wordt een start gemaakt met het realiseren van de productkwaliteit. De kwaliteitsdoelstellingen worden vertaald naar kwaliteitsdoelstellingen voor de hoofdcomponenten. Risicoanalyses op zowel het conceptproduct als op het conceptproces worden uitgevoerd en het kwaliteitsplan wordt geschreven. Verder wordt de styling nader uitgewerkt, leveranciers voor niet-standaard componenten worden bij het project betrokken, de conceptstudie vindt plaats, het concept voor het productieproces wordt opgesteld en het programma van eisen (PVE) wordt geschreven.

3. Engineering fase

In deze fase vindt bijstelling van de projectplanning en van het kwaliteitsplan plaats. De kwaliteitsdoelstellingen voor de hoofdcomponenten worden vertaald naar kwaliteitstargets voor de individuele componenten waaruit de hoofdcomponenten zijn opgebouwd. Het plan voor het houden van kwaliteitsaudits wordt opgesteld en kwaliteitscontroles van proefseries en prototypes worden gehouden. Leveranciers van standaardcomponenten worden geselecteerd. Parallel wordt het product tot in detail ontworpen, worden prototypes gebouwd, het proces wordt ontworpen en wordt vervolgens gerealiseerd. Tevens worden de markt- en de after sales introductie voorbereid en aan het eind van de engineering fase vindt de marktintroductie plaats.

4. Volume validation fase

In deze fase wordt het productievolume gevalideerd, wordt het productieproces verbeterd en het productiepersoneel getraind. Tegelijkertijd vindt after sales introductie plaats.

5. Evaluatie fase

De evaluatie start op het moment dat het eerste product in gebruik wordt genomen en duurt één jaar. Het project en de business case worden geanalyseerd en geëvalueerd en op basis daarvan worden aanbevelingen gedaan voor toekomstige projecten. Evaluatie van de kwaliteit vindt plaats en feedback van klanten wordt opgenomen. Tevens wordt het marketingplan geëvalueerd.

Om de doelmatigheid van het PCP te verhogen wordt onder andere een aantal geselecteerde methoden en technieken toegepast, onder andere: Quality Function Deployment (QFD), General Risk Prediction Analysis (GRPA), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), checklijsten, Design for Assembly (DFA), etc.. Binnen de DAF-organisatie is een centrale Methoden en Technieken verantwoordelijke aan te stellen en daarnaast een aantal

decentrale M&T-medewerkers die verantwoordelijk zijn voor een beperkt aantal methoden en technieken. Deze M&T-medewerkers kunnen ondersteuning verlenen voor de algemene methoden en technieken, die op verschillende plaatsen in de organisatie worden toegepast. Dit heeft een aantal voordelen. De ondersteuning voor het gebruik van Methoden en Technieken staat dicht bij de gebruiker, waardoor de drempel tot toepassing lager wordt. Daarnaast kan de ondersteuning beter op de toepassende afdeling worden afgestemd.

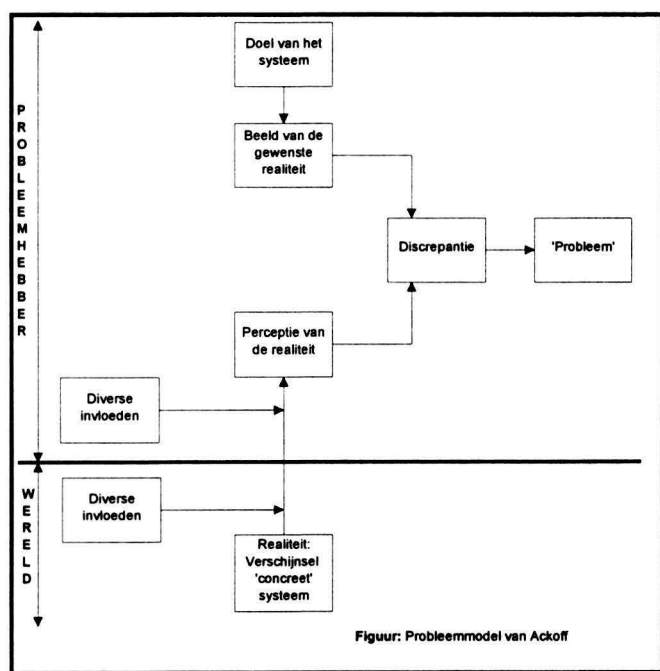
Bijlage 6

Het probleemmodel van Ackoff

Het probleemmodel van Ackoff is een model van de probleemhebber die zijn perceptie van de realiteit niet overeen ziet komen met zijn beeld van de gewenste realiteit. Als gevolg van de discrepantie die bestaat tussen de perceptie van de realiteit en het beeld van de gewenste realiteit is er een probleem. Een probleem is niet een eigenschap van een situatie; het is een eigenschap van de combinatie van een situatie en één of meer personen (probleemhebber). Elk probleem bevat de volgende elementen:

- Er doet zich een specifieke situatie voor.
- De probleemhebber heeft zich van die situatie een zeker beeld gevormd.
- De probleemhebber heeft een wens ten aanzien van de werkelijke situatie.
- De probleemhebber ziet die wens niet gerealiseerd.
- De probleemhebber kijkt veranderingsgericht naar het probleem. Er moeten maatregelen worden genomen.
- De probleemhebber is onzeker en heeft een wens tot ondersteuning om zijn onzekerheid te verminderen.

Het oplossen van een probleem kan worden opgedeeld in een diagnostische fase en een oplossingsfase. In de diagnostische fase wordt op de eerste plaats de 'wat'-vraag gesteld en in de oplossingsfase de 'hoe'-vraag. In de diagnostische fase moet een overzicht van het geheel worden verkregen en moet het probleem worden gespecificeerd. Het doel van de probleemoplossende activiteiten is het wegnemen van een gevoel van onbehagen bij de probleemhebber. De onderzoeker dient zich dus te verdiepen in de persoon (of groep) die het probleem heeft (analyse van de probleemhebber) en bovendien in de realiteit waarmee hij te maken heeft. Dit is weergegeven in onderstaande figuur.



De onderzoeker dient zo goed mogelijk geïnformeerd te raken over de inhoud van alle elementen uit de figuur. Hij wil enerzijds weten:

- Welk beeld heeft de probleemhebber van de realiteit? Wat is de perceptie van de probleemhebber?
- Hoe formuleert de probleemhebber het doel, respectievelijk de functie die dat stuk realiteit heeft?
- Welk model hanteert de probleemhebber? Hoe denkt hij over de realiteit; wat zijn de controleerbare en niet-controleerbare variabelen en hoe liggen de relaties daartussen?
- Welke relaties bestaan er tussen de probleemhebber en zijn (probleem)situatie?
- Hoe ziet de probleemhebber zijn rol in deze situatie?

Anderzijds wil de onderzoeker weten:

- Wat is de realiteit waarmee hij te maken heeft? Dit is de 'objectieve' zienswijze van de onderzoeker (en zijn informanten). Daartoe zullen observaties en (beperkt) bronnenonderzoek nodig zijn.
- Welke invloed heeft de omgeving op de situatie en het probleem?

De onderzoeker moet dus niet meteen beginnen aan de gedetailleerde formulering van datgene dat door de probleemhebber als probleem wordt aangedragen. Allereerst moet het systeem, bestaande uit de opdrachtgever en het subsysteem waarover hij spreekt, als een geheel beschouwd worden. Dit geheel zweeft niet in een sociale context, maar 'presteert' iets voor die omgeving. In de diagnostische fase beschouwt de onderzoeker dus een ander systeem dan de probleemhebber. De figuur geeft globaal het door de onderzoeker beschouwde systeem weer. Vervolgens dient de onderzoeker zich af te vragen of het probleem wel oplosbaar is en in welke richting de oplossing gezocht moet worden. Voor te nemen maatregelen bestaan er drie mogelijkheden (of combinatie daarvan):

1. Wijzigen van de perceptie.
2. Wijzigen van de doelstelling.
3. Wijzigen van de realiteit.

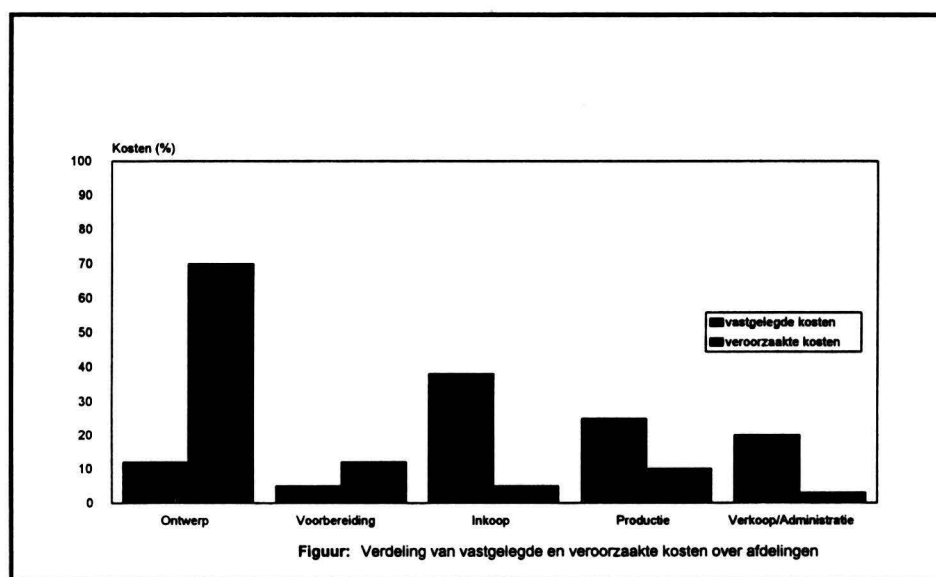
Wijziging van de perceptie of van de doelstelling wordt bereikt door beïnvloeding van de probleemhebber en/of het informatiesysteem, terwijl wijziging van de realiteit gericht is op beïnvloeding van de 'wereld'. De onderzoeker stelt zelf vast of het hier een perceptie-, doel- of realiteitsprobleem (of een combinatie daarvan) betreft. Dat oordeel is vanzelfsprekend gebaseerd op een eerste onderzoek naar de probleemhebber en de situatie omtrent de belangrijkste oorzaak van het probleem.

De eerste fase van een onderzoek, de diagnostische fase, is van cruciaal belang. Er zijn vele voorbeelden waarbij de onderzoeker zich richt op het verkeerde probleem, doordat hij de diagnostische fase niet goed heeft uitgevoerd. De analyse van de probleemhebber maakt daar een wezenlijk onderdeel van uit. Bovendien dient deze fase zo grondig te zijn uitgevoerd dat naast een conclusie ook een (inhoudelijk) plan van aanpak opgesteld kan worden.

Bijlage 7

Design for Assembly

Het conventionele ontwerpproces wordt grotendeels sequentieel uitgevoerd, waarbij het procesontwerp start nadat het productontwerp volledig gereed is. In de ontwerpfase worden alle componenten tot op detailniveau ontworpen en de materialen, oppervlakken en toleranties worden gespecificeerd. De te gebruiken productieprocessen en assemblagemethoden worden daarmee al voor een groot deel vastgelegd in het ontwerpproces. Het onderstaande figuur laat zien dat 75% tot 85% van de kosten van een product zo al vastgelegd wordt tijdens de ontwerp- en verbeteringsactiviteiten (Andreasen e.a., 1988). Productiviteitsverbetering en kwaliteitsverbetering voor de klant dient daarom al te beginnen bij het productontwerp (Walravens, 1995).



Er bestaan verscheidene analysemethoden die invulling geven aan dit principe. Eén van die methoden is waardeanalyse (bijlage). Deze methode is kort na de Tweede Wereldoorlog in de Verenigde Staten ontwikkeld door L. Miles. Het doel van waardeanalyse is het analyseren van de functies van een ontwerp en het vergelijken van de waarde met de kosten van die functies, om daarna alle kosten die niet bijdragen tot de waarde van een product, proces of dienst systematisch te elimineren. Waardeanalyse is een universeel toepasbare methode, waarvan het toepassingsgebied veel breder is dan alleen de producten en diensten die de onderneming levert. Ook de voortbrengingsprocessen kunnen onderwerp van analyse zijn. Waardeanalyse neemt vanwege de uitgebreide analyse in verhouding veel tijd in beslag; enkele weken, verspreid over enkele maanden. De eenvoud van de methode is niet het sterkste punt. De hoge mate van abstractie, die nodig is om de methode breed toe te kunnen passen, heeft er toe geleid dat waardeanalyse in Nederland door weinig organisaties wordt gebruikt.

Een methode die een veel beperkter toepassingsgebied kent, maar eenvoudiger is toe te passen, is Design for Assembly (DFA). Door een beter doordacht samengesteld product te ontwerpen kan kostprijsbesparing worden gerealiseerd. Deze methode voor tijds- en kostenbesparing is in 1980 beschreven door Boothroyd en Dewhurst van de universiteit van Rhode Island (USA). Bij het oplossen van assemblageproblemen in de consumenten-electronica-industrie ontdekten ze dat bij het ontwerp te weinig rekening werd gehouden met mogelijke complicaties bij de

productie. Daarom legden ze hun aandacht bij het ontwerpproces, en beschreven een methode waarmee de assemblage(on)vriendelijkheid van een product al in een vroeg stadium van het ontwerptraject beoordeeld kan worden.

De conventionele Design for Assembly-methode volgens Boothroyd en Dewhurst bestaat uit twee gedeelten, nl. analyse en redesign, die in de volgende stappen zijn opgedeeld (Nijdam, 1996):

- Analyse
 1. voorbereiding.
 2. invullen van de werkbladen.
 3. aangeven van de problemen op het montageschema.

- Redesign
 4. verminderen van het aantal onderdelen.
 5. wijzigen van overblijvende onderdelen om grijpen en voorrichten, alsmede montage te vereenvoudigen.
 6. invullen van werkbladen voor het verbeterde ontwerp.
 7. Opstellen van het montageschema voor het verbeterde ontwerp.

De analyse bestaat uit het waarden van elk afzonderlijk te monteren onderdeel en iedere bewerking, uitgezonderd controles. Hiertoe worden in de eerste stap de volgorde van montages en bewerkingen eenduidig vastgelegd en zichtbaar gemaakt in een montageschema. Na het invullen van de werkbladen met behulp van tabellen met tijden voor handmontage, grijpen en voorrichten, kunnen dan in de derde stap de problemen op het montageschema worden ingevuld. Problemen worden onderscheiden door op de werkbladen voor elk onderdeel na te gaan of:

- het minimum aantal onderdelen lager is dan het aantal identieke handelingen;
Het theoretisch minimale aantal benodigde onderdelen wordt bepaald door de volgende vragen te beantwoorden, ongeacht de praktische beperkingen:
 1. Beweegt het onderdeel ten opzichte van andere onderdelen die al zijn gemonteerd op zodanige wijze, dat de beweging niet kan worden opgevangen door plastische of elastische materiaaleigenschappen?
 2. Moet het onderdeel van een ander materiaal zijn vervaardigd of geïsoleerd zijn van andere onderdelen die al gemonteerd zijn? (Alleen fundamentele redenen, die te maken hebben met materiaaleigenschappen mogen hier worden geaccepteerd).
 3. Moet het onderdeel gescheiden zijn van alle reeds gemonteerde onderdelen, omdat anders de montage of demontage van andere onderdelen onmogelijk wordt?

Als het antwoord op alle vragen 'nee' is, kan het betreffende onderdeel worden weggelaten of geïntegreerd. Als het antwoord op één of meerdere vragen 'ja' luidt, moet het onderdeel als apart onderdeel gehandhaafd blijven.

- tijden voor grijpen en voorrichten boven een (zelf) gestelde drempelwaarde liggen;

- tijden voor handmontage boven een (zelf) gestelde drempelwaarde liggen.

Op basis van de in het montageschema weergegeven problemen wordt vervolgens nagegaan of het aantal onderdelen te verminderen is of dat het onderdeel gewijzigd kan worden om het grijpen, oriënteren en assembleren te vereenvoudigen. Bij de voorgestelde wijzigingen moet de invloed overwogen worden op:

- prijs van de onderdelen;
- beschikbaarheid van de technologie om een geïntegreerd onderdeel te maken;
- de productkwaliteit en testbaarheid;
- bedrijfszekerheid;
- eisen ten aanzien van service en reparatie;
- vormgeving en uiterlijk.

Bijlage 8

General Risk Prediction Analysis

General Risk Prediction Analysis (GRPA) is een risicobeheersingsmethode die in een vroegtijdig stadium van het Product Creatie Proces (PCP) wordt toegepast en waarmee de technische risico's binnen een productproject beheerst worden. Met behulp van GRPA kunnen potentiële technische risico's vroegtijdig worden geïdentificeerd en gekwantificeerd. Op basis van die informatie kunnen gestructureerd risico afbouwende activiteiten worden toegepast, zoals FMEA en DFA. Binnen GRPA is een aantal extern en intern georiënteerde risicotypen gedefinieerd. De extern georiënteerde risicotypen zijn:

- Bedrijfszekerheid (o.a veiligheid);
- Functionaliteit;
- Serviceability.

De intern georiënteerde risicotypen zijn:

- Maakbaarheid;
- Assembleerbaarheid;
- Logistiek.

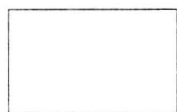
In het geval van DAF Trucks wordt het voertuig uitgedeed tot een niveau waarop uitspraak gedaan kan worden over de risicotypen, waarna passende risico afbouwende activiteiten kunnen worden toegekend. Binnen GRPA zijn voorzieningen getroffen die deze activiteiten monitoren en bijsturen en na afloop kunnen analyseren, zodat een historie wordt opgebouwd. Op deze manier kan het risicoverloop tijdens een productproject beheerst worden.

Bijlage 9

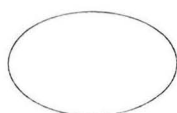
Foutenboomanalyse

De foutenboomanalyse (Eng.: Fault Tree Analysis) wordt toegepast om de grondoorzaken van het falen van complexe producten te achterhalen. Een foutenboom is een schematische weergave van oorzaken die tot een bepaalde ongewenste hoofdgebeurtenis (symptoom van het niet-functioneren van een product) kunnen leiden. Essentieel is dat zo'n hoofdgebeurtenis ondubbelzinnig is gedefinieerd en dat deze slechts betrekking heeft op één toestand van falen. De constructie van de foutenboom vindt vanaf de hoofdgebeurtenis plaats. Vanaf de hoofdgebeurtenis wordt, top-down, een overzicht gemaakt van de componenten die moeten falen om het beschreven eindeffect plaats te laten vinden. De foutenboomanalyse is een techniek met een binaire grondslag. Uitgangspunt is dat iedere component, maar ook het systeem als totaal, maar twee mogelijke toestanden kent: werken of falen. Het opstellen van een foutenboom geeft zowel kwalitatieve als kwantitatieve informatie van het systeem. Voor de ontwerper verschaft een foutenboom een overzicht van de potentiële faalbronnen. Op basis hiervan zal het ontwerp dan alsnog aangepast kunnen worden om potentiële schadelijke gevolgen te voorkomen. Op basis van een schatting van de kans op het voorkomen van een grondoorzaak, kan de kans worden berekend dat de hoofdgebeurtenis zich voordoet, alsmede de onbetrouwbaarheid van het systeem en beschikbaarheid van het systeem voor de gebruiker. Op basis van de verkregen kwantitatieve informatie kan worden bepaald of het ontwerp als voldoende veilig kan worden beschouwd voor wat betreft de onderscheiden hoofdgebeurtenis.

Verklaring van de symbolen:



: Oorzaak is gevolg van andere begingebourtenissen.



: Oorzaak is begingebourtenis.



: Eén van de oorzaken hoeft maar op te treden.



: Twee of meer oorzaken treden tegelijk op.

Bijlage 10

Failure Mode and Effect Analysis

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) kan worden omschreven als een geformaliseerde aanpak waarin:

- de potentiële faalaspecten en faaloorzaken die te maken hebben met het ontwerp en de fabricage van producten worden geïdentificeerd en geëvalueerd;
- maatregelen worden geïdentificeerd, die de kans op falen elimineren of reduceren;
- het identificatieproces en de afgesproken maatregelen worden vastgelegd.

FMEA is een 'bottom up'-techniek: men stelt zich een bepaalde storing in een bepaald onderdeel voor en gaat na wat de gevolgen voor het systeemgedrag zijn. Er bestaan twee varianten van FMEA, te weten:

1. Product-FMEA. De product-FMEA is bedoeld voor de identificatie van potentiële risico's die als gevolg van het productontwerp kunnen ontstaan.
2. Proces-FMEA. De proces-FMEA is gericht op het identificeren van potentiële risico's die zich voor kunnen doen als gevolg van gebrekkige beheersing van fabricage- en assemblageprocessen.

FMEA kan worden toegepast op zowel bestaande als nog te ontwerpen producten en processen. De verantwoordelijkheid voor de voorbereiding en begeleiding van de product-FMEA wordt toegewezen aan één persoon. De uitvoering is echter een groepsinspanning. Hiertoe wordt een team samengesteld van experts met deskundigheid op het gebied van ontwerpen, productie, assemblage, service en kwaliteit. Een alternatieve aanpak die ook wel wordt gevolgd, is het binnen relevante afdelingen laten circuleren van een FMEA met het verzoek de FMEA van commentaar te voorzien. Een 'minimum-optie' is de FMEA uitsluitend door deskundigen van de ontwerpafdeling te laten opstellen. FMEA kent de volgende hoofdactiviteiten:

1. Vaststellen van de belangrijkste faalaspecten, dat wil zeggen, het aangeven van de onderdelen waar het ontwerp niet voldoet aan de klantenwensen of de hiervan afgeleide functionele en technische specificaties.
2. Aangeven wat het te verwachten effect is voor de afnemer.
3. Schatten van de ernst van het te verwachten effect op een tienpuntsschaal.
4. Aangeven van de potentiële oorzaken van falen.
5. Schatten van de kans dat de potentiële oorzaken zich zullen voordoen op een tienpuntsschaal.
6. Beschrijven van de bestaande procescontroles waarmee kan worden voorkomen dat het product op het betreffende aspect zal falen.
7. Schatten van de kans op detectie van de faalaspecten, nog voordat het product de fabriek verlaat, op een tienpuntsschaal.
8. Toekennen van een 'Risk Priority Number' (RPN), door middel van het vermenigvuldigen van de kans (nr. 5), ernst (nr.3) en de detectiescore (nr. 7).
9. Aangeven van maatregelen om de kans, ernst of detectiescore te verlagen.

10. Aanwijzen van personen die verantwoordelijk gesteld worden voor de uitvoering van desbetreffende maatregelen.
11. Bijhouden van de voortgang in de uitvoering van desbetreffende maatregelen.

Bijlage 11

Waarde-analyse

In een waarde-analyse onderzoek wordt systematisch gebruik gemaakt van specifieke technieken om de functies en kosten van een product, dienst, etc. te bepalen, te onderzoeken en aan elkaar te relateren. Een waarde-analyse project wordt onder deskundige begeleiding uitgevoerd door een multidisciplinair team. Met het uitvoeren van een waarde-analyse project wordt beoogd:

1. Kosten die niet bijdragen aan de waarde van een product of dienst systematisch te elimineren. Daarbij wordt onder 'waarde' verstaan: "Al datgene wat de gebruiker ertoe brengt het product, de dienst, etc. te verlangen en te gebruiken".
2. Het bevorderen dat nieuwe methoden en technieken, marketingideeën, menselijke ervaring in het algemeen, zo snel mogelijk in producten, diensten, etc. worden verwerkt ter verhoging van de waarde.

De waarde van een product of dienst kan worden verhoogd door:

- Toevoeging van gewenste functies;
- Verwijdering van ongewenste functies;
- Verkleining van de offers.

Waarde-analyse is een universeel toepasbare techniek. Naast producten en diensten kunnen bijvoorbeeld ook machines, processen, interne dienstverlening en software onderwerp van analyse zijn. Waarde-analyse kan toegepast worden bij zowel bestaande producten als nieuwe ontwerpen. In het eerste geval ligt het accent op kostenreductie in de productiefase en verbetering van de functionele prestatie van het bestaande product met zijn specificaties. Bij toepassing in de ontwerpfase ligt de nadruk op kostenpreventie voor de productiefase en het verkrijgen van een productontwerp, waarin ieder element bijdraagt aan het verrichten van een noodzakelijke functie. In dat geval wordt gesproken over Value Engineering. Via een matrixanalyse worden de functies van een product afgewogen tegen de daarbij behorende onderdeelkosten. Bij waarde-analyse worden de volgende stappen uitgevoerd:

1. Inventarisatie van de functies die door het product dienen te worden uitgevoerd. Een functie dient eenduidig en eenvoudig te worden vastgesteld, zonder de wijze waarop de functie wordt uitgevoerd te specificeren.
2. Vaststelling van de kosten die voor de uitvoering van de functie op dit moment worden gemaakt.
3. Opsomming van alternatieve wijzen waarop de functies kunnen worden uitgevoerd. Bijvoorbeeld met behulp van Brainstorming.
4. Bepalen van de kosten van elk alternatief. Tevens dienen hierbij overbodige kosten te worden vastgesteld. Dit zijn kosten voor onderdelen die geen bijdrage leveren aan de uitvoering of verbetering van de vereiste functies.
5. Keuze van de oplossing met de laagste kosten.
6. Verificatie of de product(funcctie)kwaliteit ook bij het gekozen alternatief wordt gehandhaafd of verbeterd.
7. Rapportage van het proces en de implementatie indien alternatieven tot verlaging van de kosten zullen leiden.

Bijlage 12

Kwaliteitsregistraties

Vanwege de omvang van het totale aantal kwaliteitsregistraties zijn alleen van de geanalyseerde onderdelen de geregistreerde afwijkingen van de technische specificatie opgenomen in deze bijlage. De registratie voor andere onderdelen ziet er hetzelfde uit. In tegenstelling tot hier zijn in de originele kwaliteitsregistraties de getallen uiteraard wel weergegeven.

Auditsysteem Kwaliteitsdienst Motoren Assemblage & Test

4.1.19 Oliepan

De kwaliteits-afwijkingen van het onderdeel oliepan geeft het volgende beeld:

	Freq.	Afbreuk/motor	Gebied
Totaal			nvt
Vuil			Toeleverancier
Bout los/fout/ontbreekt			Inwendige Assemblage
Overig			nvt

(Oliepan)

Registratiesysteem 60 mtr. controlelijn/'Rolling Road' Truckassemblage

Kwaliteitsafwijking	Freq.	Tijd/motor	Probleemgebied
Koelwaterlekkages			Uitwendige Assemblage
Olielekkage uit de motor			Inwendige Assemblage

(Waterpomp)
(Oliepan)

Registratiesysteem Kwaliteitsdienst Truckassemblage

Kwaliteitsafwijking	Freq.	Afbreuk/motor	Probleemgebied
Koelwaterlekkages			Uitwendige Assemblage

(Waterpomp)

Registratiesysteem FBU-audit Truckassemblage

Kwaliteitsafwijking	Freq.	Afbreuk/motor	Probleemgebied
Olielekkage motor			Inwendige Assemblage
Bedrading ligt of loopt aan			Uitwendige Assemblage
Bedrading los gemonteerd			Uitwendige Assemblage

(Oliepan)
(Draadboom Motor)
(Draadboom Motor)

Garantie- en Servicekosten

4.7.7 Waterpomp

	Freq.	Kosten/motor	Gebied
Totaal			nvt
Uit-/vastgelopen/lawaai/ functioneert niet/ waterlekkage			Uitwendige Assemblage
Overig			nvt

(Waterpomp)

4.7.15 Motor kabelboom

	Freq.	Kosten/motor	Gebied
Totaal			nvt
Gesmolten/draadonderbreking/kortsluiting			Uitwendige Assemblage
Ontbreekt/los/gebarsten/ slecht contact/verbinding los			Uitwendige Assemblage
Overig			nvt

(Draadboom Motor)

Bijlage 13

Interne rapportages PF/P-analyses

Aan: E. Fransen, R. Daniëls, W. Van de Kerkhof, J. Drost, K. Zwart.
Kopie: W. Wetzels, M. Bellemans, W. Kuypers, J. Leen, J. van Dueren den Hollander, A. Sleenhoff.
Van: W. Goes
Datum: 09-06-1997
Betreft: Rapportage productanalyse waterpomp XF.

Tijdens de productanalyse van de waterpomp van de XF-motor, d.d. 06-06-1997, is nagegaan wat de oorzaken zijn van het kwaliteitsprobleem lekkage en met welke mogelijke verbeteringen aan het ontwerp die oorzaken kunnen worden weggenomen. Niet alle in dit rapport genoemde oplossingen zijn ontwerpverbeteringen aan de waterpomp, maar worden voor de volledigheid van de rapportage toch genoemd.

De voornaamste oorzaken van een lekkende waterpomp zijn lekkage langs de aandrijfas, de pakkingen en de aansluitingen.

Lekkage langs de aandrijfas kan worden veroorzaakt door:

- vervuiling of beschadiging van de as of vervuiling van de keerring. Dit is in het ontwerp niet op te lossen. Momenteel wordt er een proef met een nieuw type keerring uitgevoerd.
- verkeerde montage van het lager op de aandrijfas. Het lager kan verkeerd om gemonteerd worden (dit komt overigens vrijwel nooit voor). Een mogelijke oplossing is integratie van as en lager. Dit houdt in dat de binnenbus van het lager komt te vervallen. Een bijkomend voordeel is dat het totale onderdeel kleiner wordt.

Lekkage langs de pakking kan worden veroorzaakt door:

- verkeerde of onvoldoende montage van de pakking. Montage van de pakking in schuine stand is niet de beste wijze van montage en dient bij voorkeur horizontaal te gebeuren. Met behulp van een mal kan de waterpomp horizontaal worden geplaatst zodat de pakking goed geplaatst en gepositioneerd kan worden.
- onvoldoende montage van de afdichtplaat. Eveneens horizontaal te monteren, zodat de afdichtplaat eenvoudiger vastgezet kan worden.

Lekkage langs de aansluitingen kan worden veroorzaakt door:

- werking van de waterslangen onder invloed van temperatuurverschillen. Lekkage ontstaat dan doordat slangklemmen altijd op hetzelfde moment worden aangedraaid, terwijl onder andere omstandigheden de klemmen vaster, dan wel losser moeten worden aangedraaid. Als oplossing kunnen slangklemmen met een veertje worden toegepast, zodat temperatuurverschillen kunnen worden opgevangen door de veer.
- beschadiging van O-ringen als gevolg van scherpe randen van de openingen waar O-ringen geplaatst worden. Dit kan worden opgelost door de randen minder scherp te maken.

Overige problemen:

- De productiemedewerkers hebben de instructie gekregen de waaier van de pomp zodanig te monteren dat deze niet aanloopt. Door kleine afwijkingen in de maatvoering van de schoepen kan het gebeuren dat de waaier bij controle toch aanloopt. Aanlopen van de schoepen tegen het waterpomphuis is echter niet ernstig, omdat na verloop van tijd door slijtage van de kunststof schoepen dit probleem zich zelf oplost en de pomp zonder veel lekverliezen functioneert. De productiemedewerkers zijn hiervan echter niet op de hoogte en verkeren in de veronderstelling dat de waaier niet goed gemonteerd wordt.
- Indien de borgring los raakt, kunnen het lager en de aandrijfas uit het huis lopen. De borgring wordt gestanst. Dit betekent dat er een scherpe en een gladde rand aan de ring zitten. Als de borgring met de scherpe rand naar binnen wordt gemonteerd, bestaat er minder risico dat de ring gaat kruipen en uiteindelijk los raakt.

Opmerking: Gemiddeld worden er drie lekkages per week geconstateerd. Hiermee komt de waterpomp niet voor in de top van kwaliteitsproblemen. Het ontwerp van de waterpomp van de XF-motor is ook niet zodanig dat er veel ontwerpverbeteringen te realiseren zijn. De belangrijkste onderdelen van de waterpomp worden in elkaar geperst. Met het persen gaat praktisch nooit iets fout, dat niet direct geconstateerd wordt. Dit komt waarschijnlijk ook doordat de waterpomp alleen door meer ervaren mensen wordt geassembleerd.

Aan: B. Jacobs, R. Daniëls, J. Willems, J. Drost
Kopie: W. Wetzels, W. Custers, W. Kuypers, J. Leen, J. van Dueren den Hollander,
A. Sleenhoff.
Van: W. Goes (tel. 2892)
Datum: 23-06-1997
Betreft: Rapportage productanalyse oliepan XF.

Tijdens de productanalyse van de oliepan van de XF-motor, d.d. 19-06-1997, is nagegaan wat de oorzaken zijn van het kwaliteitsprobleem lekkage en in hoeverre het probleem wordt veroorzaakt door de (voor)montage van de oliepan. Vervolgens is bekeken met welke mogelijke verbeteringen aan het ontwerp de genoemde oorzaken kunnen worden weggenomen met het oog op de ontwikkeling van de nieuwe zware DAF MX-motor. Niet alle in dit rapport genoemde oplossingen zijn ontwerpverbeteringen van de oliepan, maar worden voor de volledigheid van de rapportage toch genoemd.

De voornaamste oorzaken van lekkage bij de oliepan zijn problemen met de montage van de rubber pakking en het vastzetten van de pan op het motorblok.

Problemen met de pakking houden enerzijds verband met het plaatsen van de pakking op de oliepan en anderzijds met het positioneren en plaatsen van de oliepan (inclusief pakking) op het

motorblok. Er wordt een pakking van rubber toegepast om aan de gestelde geluidseisen te kunnen voldoen.

Het plaatsen van de pakking op de oliepan wordt bemoeilijkt door de afmetingen van de pakking in combinatie met de geringe stijfheid van de pakking. Mogelijke oplossingen zijn:

- Toepassen van een stijvere pakking. Bijvoorbeeld door een metalen strip in de pakking te gieten. Daardoor wordt de pakking eenvoudiger te plaatsen.
- Toepassen van een pakking met op de hoeken paddestoelvormige pluggen, die door gaten op de hoeken van de oliepan worden gedrukt. Het plaatsen van de rest van de pakking wordt daardoor eenvoudiger, omdat de pakking nu op de hoeken gelijk goed vast zit en de rest van de pakking dus beter te hanteren is. Bij deze oplossing moeten er vier extra gaten in de oliepan worden gemaakt met extra kans op lekkage.
- Vulcaniseren van rubber op de oliepan door de leverancier. Dit is waarschijnlijk een wat duurere oplossing dan de huidige constructie, maar dit moet worden afgewogen tegen de winst van de kwaliteitsverbetering en vermindering van het aantal montagehandelingen.

Bij het positioneren en plaatsen van de oliepan (inclusief pakking) op het motorblok ontstaan problemen, doordat de oliepan met de hand bij de pakking wordt opgepakt, omgedraaid en op het blok geplaatst. Vervolgens moet de monteur zijn handen wegtrekken tussen het motorblok en de oliepan. Hierbij kan het gebeuren dat de pakking gedeeltelijk wordt meegetrokken en dan dus niet meer op die oliepan zit, waardoor op die plaats lekkage kan ontstaan. Daarna moet in veel gevallen de oliepan nog gepositioneerd worden ten opzichte van het blok. Dit is alleen mogelijk door de pan te verschuiven. Daarbij doet zich het risico voor dat de pakking los raakt van de rand van de oliepan, waardoor op die plek lekkage op kan treden. Mogelijke oplossingen zijn:

- Weer toepassen van een platte pakking, zoals bij de WS-motor. Met dergelijke pakkingen zijn er minder lekkageproblemen. De geluidseisen zullen dan op een andere manier moeten worden gerealiseerd, bijvoorbeeld door extra isolatie.
- Toepassing van een manipulator, waardoor de pakking niet meer met de hand aangeraakt hoeft te worden en de oliepan eerst wordt gepositioneerd alvorens geplaatst te worden.

Problemen met het vastzetten van de oliepan op het motorblok kunnen ontstaan door onvoldoende positionering van de kikkers, door het vergeten van kikkers en/of bouten en door het onvoldoende of niet vastzetten van bouten. Mogelijke oplossingen zijn:

- Plaatsing van de kikkers op een montagestrip. De kikkers worden dan in feite vooraf gepositioneerd. De kikkers worden in een strip gehangen en vervolgens geplaatst en vastgezet waarna de strip wordt verwijderd. De kikkers moeten dan meer taps worden uitgevoerd dan de huidige kikkers, zodat ze in de montagestrip blijven hangen zolang ze nog niet geplaatst zijn.
- De kikkers en de montagestrip kunnen ook aan elkaar vastzitten. De montagestrip blijft dan op de motor achter. De montagestrip met de kikkers daarop moet dan door de leverancier in zijn geheel worden aangeleverd.

Lekkage kan tevens ontstaan als gevolg van de kritische maatvoering van de kikkers. Voor een goede afdichting moet de pakking iets ingedrukt worden. Als de kikkers te hoog zijn, kan de pakking niet helemaal ingedrukt worden en kan er lekkage optreden. Dit kan opgelost worden door:

- Hoogtemaat van kikkers niet te groot, zodat pakking voldoende ingedrukt kan worden.

Overige problemen:

Door beschadiging van oliepannen kunnen er problemen optreden met de montage van de oliepannen. Beschadigingen kunnen voor een deel voorkomen worden door de oliepan zodanig te ontwerpen dat deze te stapelen is. Dit levert tevens ruimtebesparing langs de lijn op.

Oliepannen worden vaak gedeukt aangeleverd. Deze deuken hebben geen nadelig effect op het functioneren van de oliepan. Dit stemt echter niet overeen met het beeld dat monteurs is bijgebracht ten aanzien van kwaliteit. Als blijkt dat het functioneren door die deuken niet wordt beïnvloedt, kan de alertheid van monteurs met betrekking tot de kwaliteit van oliepannen afnemen, wat eveneens uitstraalt naar de alertheid op kwaliteit bij andere onderdelen. Er zou kunnen worden nagedacht over een constructie van een oliepan, waarbij het risico op het ontstaan van deuken minder groot is.

Aan: E. Van Hunsel, J.W. Kuijpers, K. Sollie, J. Drost, J. van Dueren den Hollander
Kopie: W. Wetzels, M. Bellemans, W. Kuypers, J. Leen, W. Goris, A. Sleenhoff
Van: W. Goes (2892)
Datum: 09-07-1997
Betreft: Rapportage productanalyse draadboom XF-motor met DEB

Tijdens de productanalyse van de draadboom van de XF-motor met DEB, d.d. 4-7-1997, is nagegaan wat de oorzaken zijn van de kwaliteitsproblemen met de draadboom. Hierbij is met name gekeken in hoeverre genoemde problemen worden veroorzaakt tijdens montage van de draadboom aan de kettinglijn. Vervolgens is bekeken met welke mogelijke verbeteringen aan het ontwerp de genoemde oorzaken kunnen worden weggenomen met het oog op de ontwikkeling van de nieuwe zware DAF MX-motor (project 10690). Niet alle in dit rapport genoemde oplossingen zijn ontwerpverbeteringen van de draadboom, maar worden voor de volledigheid van de rapportage toch genoemd.

De functie van de motor draadboom is geleiding van stroom. Een probleem ontstaat als om de één of andere reden deze functie niet vervuld kan worden. In dit geval kunnen er problemen ontstaan met de kabelstukken en de connectoren. De in de kwaliteitsregistraties genoemde problemen zijn:

Kabel gesmolten;	Ligt/loopt aan
Kortsluiting	Gebarsten kabelbescherming
Verbrand	Gebarsten T-stuk
Kabel los gemonteerd	Slecht contact, verbinding los

Problemen met *kabelbescherming* doen zich voor op de volgende gebieden:

Klembeugels. De motor draadboom wordt met klembeugels op het motorblok vastgezet. Slordige montage ontstaat doordat klembeugels niet goed vastzitten, omdat de bout niet voldoende wordt vastgezet of scheef in het gat wordt gedraaid waardoor de schroefdraad kapot wordt gedraaid. Door bouten te gebruiken met een taps uiteinde waar ook schroefdraad op zit, trekt een scheef geplaatste bout zichzelf recht op het moment dat deze wordt aangedraaid. Ook kunnen klembeugels worden vergeten. Dit kan worden voorkomen door op de draadboom met een gekleurd stukje tape aan te geven waar klembeugels geplaatst moeten worden.

Kabelbescherming. Kabelstukken dienen ter bescherming van de stroomdraden. Kabelstukken kunnen door hun stugheid barsten, omdat ze gebogen moeten worden om in de juiste positie gemonteerd te kunnen worden. Positioneren kan echter ook gebeuren door middel van kabelgoten of door de kabelbescherming in de gewenste starre vorm aan te leveren. Daarnaast kan de kabelbescherming beschadigen doordat ze tegen scherpe randen van het motorblok ligt of tegen draaiende of hete motordelen. Probeer scherpe randen aan het blok zoveel mogelijk te voorkomen of te omzeilen.

T-stukken. Om de kabelstukken te positioneren worden ze gebogen ten opzichte van de T-stukken. Hierdoor kunnen de T-stukken barsten of los raken van de kabelbescherming waardoor de bedrading vrij komt te liggen en doorgesneden kan worden door schuren tegen de randen van de kabelstukken of de T-stukken, met alle gevolgen van dien. Goede, flexibele T-stukken zijn voorlopig niet in de markt te verwachten. Door toepassing van Y-stukken kan de draadboom beter in zijn natuurlijke lijn worden gemonteerd.

Het T-stuk bij het vliegwielhuis moet naar boven worden gemonteerd, omdat dit anders problemen oplevert bij Truckassemblage.

Overige. Plaatsen op het motorblok waar de positionering van de motor draadboom minder kritisch is, kunnen worden gemerkt, zodat productiemedewerkers kunnen zien waar lussen mogen worden gelegd. Hierdoor wordt voorkomen dat de draadboom tegen hete of draaiende delen komt te liggen. Op plaatsen waar de positionering kritisch is, kan de draadboom gemerkt worden op plaatsen waar een klembeugel moet komen.

Nauwkeuriger tolereren van de kabelstukken kan voorkomen dat de kabelboom wordt gezien als sluitstuk van het motorontwerp. Het aanhouden van ruime toleranties heeft tot gevolg dat de draadboom moeilijk te positioneren is.

Problemen met *connectoren* doen zich voor op de volgende gebieden:

Stekkers. De stekker aan het kabelstuk dat bij de truckassemblage wordt gemonteerd moet met een kous worden afgeschermd om te voorkomen dat de stekker wordt meegespoten. Stekkers dienen bij voorkeur te worden voorzien van wartels, zodat slecht of geen contact wordt voorkomen.

Klikconnectoren. Deze zijn op twee manieren te monteren, maar er is maar één manier waarop de connector goed zit. In het andere geval raakt de connector weer los. De klikconnector moet zo worden geconstrueerd dat deze maar op één manier goed te monteren is of zo dat hij op twee manieren goed te monteren is, d.w.z. symmetrisch. De aansluiting van de appendage moet dan eveneens symmetrisch zijn.

De afdichtringen in de connectoren die er voor moeten zorgen dat de aansluiting waterdicht blijft, vallen uit de klikconnectoren. Integratie van de afdichting in de stekker kan wellicht een oplossing bieden.

Ringtonnen. Ringtonnen moeten symmetrisch worden geconstrueerd, zodat ze op twee manieren gemonteerd kunnen worden, waardoor het positioneren, en daarmee het plaatsen, eenvoudiger wordt, zodat de ringtonnen altijd goed vast komen te zitten. Positionering en plaatsing van de ringtonnen kan ook worden vereenvoudigd door de kabel vlak bij de aansluiting te ondersteunen waardoor het aan te sluiten deel niet meer onder spanning van de kabel hoeft te worden gemonteerd (geldt ook voor andere soorten connectoren). Daarnaast kunnen appendages worden voorgegemonteerd met bedrading en een connector die dan op de draadboom kan worden aangesloten.

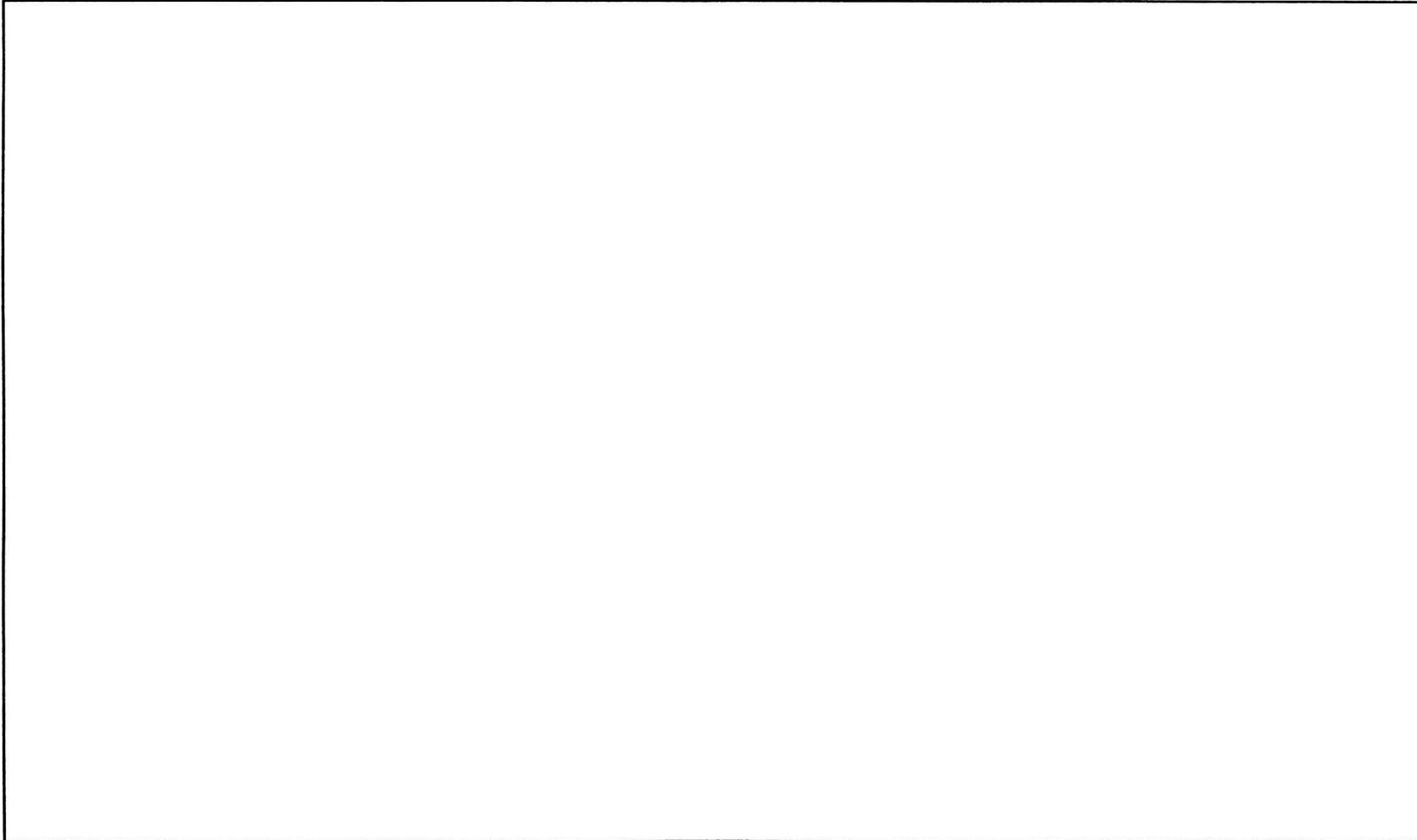
De kousjes die ter bescherming over de ringtonnen worden geschoven, worden momenteel vastgezet met tie-rips. Door harde kunststof kapjes te gebruiken is dit niet meer nodig.

Overige:

Het verschil tussen een draadboom voor een XF-motor met DEB en een XF-motor zonder DEB is een klein kabelstuk. Door de draadboom voor de motor zonder DEB te laten vervallen, wordt de logistieke beheerslast lager. Tevens wordt altijd de goede draadboom gemonteerd (er is er immers nog maar één voor de XF). Bij een motor zonder DEB kan het kabelstuk dat voor de DEB bestemd is, worden afgedopt met behulp van een kous. De extra kosten moeten worden afgewogen tegen de voordelen met betrekking tot logistiek en de kwaliteit.

Symptoom:

Foutenboom



Falend onderdeel	Probleem	Type manafhankelijkheid	Assemblage-handeling	Functie van onderdeel	Ontwerpoplossing

Ontwerpaanwijzingen

Algemeen

- Zorg dat een onderdeel goed gepositioneerd wordt voordat het geplaatst wordt, omdat doorverbindingen of afdichtingen niet goed tot stand komen als met een reeds geplaatst onderdeel weer geschoven moet worden.
- Zorg voor goede toegankelijkheid en zichtbaarheid van de plek waar een onderdeel gemonteerd wordt.

Bevestigingsmiddelen (bouten, moeren, kikkers, slangklemmen, klembeugels)

- Houd rekening met de maatvoering van bevestigingsmiddelen. Bij een verkeerde maatvoering kan de klemmende werking niet goed worden vervuld.
- Pas bouten toe met een taps uiteinde, dat voorzien is van schroefdraad, zodat de bout zichzelf positioneert bij het vastdraaien.
- Pas slangklemmen toe met een veer, die de werking van de slang als gevolg van de temperatuur opvangt.
- Bij de montage van meerdere bevestigingsmiddelen op rij kunnen montagestrips waarin de bevestigingsmiddelen van tevoren worden geplaatst, worden toegepast, waardoor de positionering wordt geborgd en voorkomen wordt, dat bevestigingsmiddelen worden vergeten.

Electrische leidingbomen

- Pas, afhankelijk van de natuurlijke ligging van de draadboom, Y-stukken, dan wel T-stukken toe.
- Positioneer de kabelboom met behulp van kabelgoten.
- Gebruik flexibele kabelbescherming, zodat zowel de draadboom als de connectoren eenvoudig gepositioneerd en geplaatst kunnen worden.
- Ondersteuning van de draadboom nabij connectoren vergemakkelijkt de positionering en plaatsing van connectoren.
- Voormontage van appendages met een deel van de bedrading en een connector vereenvoudigt positionering en plaatsing van connectoren.
- Door middel van een stukje gekleurd tape op de draadboom kunnen de kritische plaatsen worden aangegeven waar de draadboom moet worden vastgezet.
- Standaardiseer kabelbomen zo veel mogelijk, zodat de kans op het monteren van een verkeerde draadboom afneemt.
- Zorg dat connectoren 180° symmetrisch te bevestigen zijn, zodat de positionering eenvoudiger wordt.
- Pas connectoren met een borging tegen losschieten (bijvoorbeeld wartels) toe. Hierdoor kunnen connectoren niet los laten.
- Maak de bescherming van connectoren zelfbevestigend, bijvoorbeeld met behulp van harde kunststof kapjes.

Huizen

- Ontwerp behuizingen zodanig dat de resterende onderdelen, zonder montagemallen, in horizontale stand gemonteerd kunnen worden.
- Voorkom scherpe randen aan huizen, zodat pakkingen, O-ringen, etc. bij plaatsing niet kunnen beschadigen.

Lagers en assen

- Integreer kogel- en rollagers met de te lagers as. Als een lager niet apart gemonteerd hoeft te worden, kan de montage niet fout worden uitgevoerd.

Pakkingen

- Platte pakkingen geven minder kans op lekkage, omdat ze eenvoudiger te positioneren en te plaatsen zijn.
- Stijve pakkingen zijn beter te plaatsen, doordat ze eenvoudiger te hanteren zijn.
- Integratie van rubber pakkingen voorkomt problemen met zowel positionering als plaatsing van pakkingen.
- Paddestoelvormige pluggen vergemakkelijken het positioneren en het plaatsen van pakkingen.

Ringen

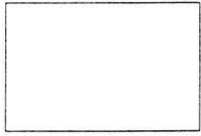
- Ga de noodzaak voor borgringen na, indien deze worden toegepast als controlemiddel voor het op juiste wijze monteren van onderdelen.

Slangen

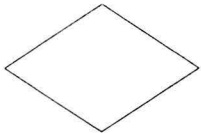
- Door middel van een stukje gekleurd tape op slangen kunnen de kritische plaatsen worden aangegeven waar slangen moeten worden vastgezet.
- Flexibele slangen zijn beter te positioneren.
- Ondersteuning van slangen dicht bij aansluitingen vergemakkelijkt de positionering en plaatsing van aansluitingen.
- Voormontage van appendages met een deel van de slang waarvan de aansluiting aan het uiteinde zit, vereenvoudigt positionering en plaatsing van de slang op de uit-/inlaatopening.

Bijlage 15

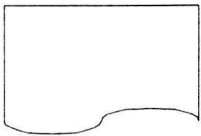
Betekenis symbolen stroomdiagram



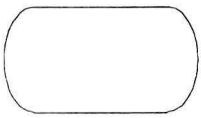
Proces



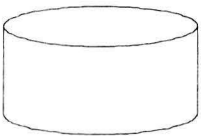
Beslissing



Document



Eindpunt



Gegevensopslag

Bijlage 16

Standaarduitnodiging Productfunctie-/Procesanalyse

Aan: <Aanwezigen>
Kopie: <Leidinggevend van aanwezigen>
Van: <Organisator PF/P-analyse>
Datum: <dd/mm/jj>
Betreft: Uitnodiging productfunctie-/procesanalyse <onderdeel>

In het kader van de voorontwikkeling <hoofdcomponent en projectnummer> dient te worden nagegaan hoe het ontwerp van <onderdeel> verbeterd kan worden, zodat er zich in de toekomst minder afwijkingen van de technische specificatie voor zullen doen, als gevolg van (voor)montage van <onderdeel>. Hiertoe zal een Productfunctie-/Procesanalyse (PF/P-analyse) worden gehouden voor <onderdeel>. Tijdens de PF/P-analyse zullen voor bestaande afwijkingen van de technische specificatie met vergelijkbare onderdelen van voorgaande generaties van dit onderdeel gezamenlijk ontwerp oplossingen worden gezocht, die bij de ontwikkeling van <hoofdcomponent> gebruikt kunnen worden.

Datum: <datum productfunctie-/procesanalyse>
Tijd: <begintijd - eindtijd>
Plaats: <locatie>

Te analyseren onderdeel tijdens bijeenkomst: <onderdeel>

Programma

1. Vaststellen van te analyseren symptoom.
2. Achterhalen van oorzaken van symptoom.
3. Bedenken van ontwerp oplossingen.

Met vriendelijke groet,

<Naam organisator>

Bijlage 17

Standaardrapport Productfunctie-/Procesanalyse

Aan: <Aanwezigen>
Kopie: <Leidinggeevenden van aanwezigen>
Van: <Organisator PF/P-analyse>
Datum: <dd/mm/jj>
Betreft: Rapportage productfunctie-/procesanalyse <onderdeel>

Tijdens de productfunctie-/procesanalyse van <onderdeel> van <hoofdcomponent>, d.d. <datum>, is nagegaan wat de oorzaken zijn van afwijkingen van de technische specificatie van <onderdeel>. Hierbij is met name gekeken in hoeverre genoemde afwijkingen worden veroorzaakt tijdens montage het <onderdeel> bij <montagelocatie (bijv.: kettinglijn)>. Vervolgens is bekeken met welke mogelijke verbeteringen aan het ontwerp de genoemde oorzaken kunnen worden weggenomen met het oog op de ontwikkeling van <hoofdcomponent en projectnummer>.

De functie van <onderdeel>. Een probleem ontstaat als om de één of andere reden deze functie niet vervuld kan worden. In dit geval zijn er afwijkingen van de technische specificatie van de <falende component(en)>. De geconstateerde afwijkingen van de technische specificatie zijn:

<afwijkingen van de technische specificatie>

<falend onderdeel>:

<oorzaak>

<mogelijke ontwerpoplossingen>

Opmerkingen: <mogelijke suggesties die geen ontwerpoplossingen betreffen, maar die mogelijk wel een oplossing vormen voor het probleem>

Met vriendelijke groet,

<Organisator PF/P-analyse>