

# Kostprijsbewust ontwerpen

## Waarde-analyse, Design for Assembly en andere hulpmiddelen voor de constructeur

Ir. P. J. W. M. Delhooven

1.	Inleiding	R1010- 3
2.	Optimalisatie van het ontwerpproces	R1010- 4
2.1	Beleidsonderwerpen rond het ontwerpproces	R1010- 4
2.2.	Analysetechnieken	R1010- 4
2.2.1.	Quality Function Deployment (QFD)	R1010- 6
2.2.2.	Waarde-analyse (Value Engineering/Value Analysis)	R1010- 7
2.2.3.	Design for Assembly (DFA)	R1010- 7
2.2.4.	Failure Mode Effect Analysis (FMEA)	R1010- 8
2.3.	Integratie werkzaamheden binnen ontwerpproces	R1010- 8
2.3.1.	Kostenveroorzakers	R1010- 8
2.3.2.	Simultaneous Engineering	R1010- 9
2.3.3.	Kostprijsbewust construeren	R1010-12
2.4.	Kostprijsacties	R1010-13
3.	Creativiteit en innovatie: kunst of kunde?	R1010-15
3.1.	Wat is creativiteit?	R1010-15
3.2.	Het creatieve groepsproces	R1010-16
3.3.	Synergetische technieken	R1010-19
4.	Quality Function Deployment (QFD)	R1010-23
5.	Waardeanalyse	R1010-25
5.1.	Waarom waardeanalyse?	R1010-25
5.2.	Definitie	R1010-25
5.3.	Managementinstrument	R1010-26
5.4.	De methode	R1010-27
5.4.1.	Opdrachtfase	R1010-28
5.4.2.	Informatiefase	R1010-28
5.4.3.	Visualisatiefase	R1010-29
5.4.4.	Analysefase	R1010-31
5.4.5.	Creatieve fase	R1010-33
5.4.6.	Evaluatiefase	R1010-34
5.5.	WA internationaal	R1010-36

**R1010-2** Kostprijsbewust ontwerpen

6.	Design for Assembly	R1010-37
6.1.	Informatiefase	R1010-38
6.2.	Visualisatiefase	R1010-38
6.3.	Analysefase	R1010-40
6.4.	Provocatiefase	R1010-46
6.5.	Creatieve fase	R1010-46
6.6.	Evaluatiefase	R1010-47
6.7.	Invoeringsfase	R1010-49
6.8.	Resultaten	R1010-49
7.	Procedure FMEA	R1010-51
8.	Ervaringen van enkele waarde-analisten	R1010-52
9.	Adressen	R1010-54
10.	Literatuur	R1010-54

## 1. Inleiding

In de afgelopen decennia is binnen de bedrijven veel aandacht besteed aan kostprijsreductie op plaatsen waar de hoogste kosten gemaakt worden, namelijk op de werkvloer, in de produktie. Vandaar dat alle energie gestopt werd in methoden voor:

- produktiviteits- en efficiency-verbetering;
- voorraadbeperking en verlaging prijzen en kosten inkoopdelen;
- vermindering interne afkeurkosten;
- optimale maak-koop-beslissing.

Al deze methoden zijn gericht op goedkopere *produktie*. Daar tegenover staan technieken als WA, QFD, DFA en dergelijke waarin juist het *ontwerp* centraal staat. Deze methodes zijn gericht op het komen tot een geoptimaliseerd redesign via een objectieve analyse van wensen, functies, montagestappen en kosten. Zoals reeds in dit handboek in de kostenbeïnvloedingscurve op blz. M2010-10 is aangegeven zijn de meeste kosten te besparen door vroeg in het ontwikkelingstraject de juiste keuzes te maken.

Een reden temeer om aan het ontwerp meer aandacht te schenken is het streven naar *kwaliteitsverbetering*. Een betere produkt*kwaliteit* begint bij een beter produkt*ontwerp*.

Op twee manieren wordt door de genoemde analysetechnieken meerwaarde toegekend aan het reguliere constructeurswerk: enerzijds is er telkens sprake van een multidisciplinaire aanpak, anderzijds zal de creativiteit van de constructeur worden gestimuleerd. Aan de constructeur en het hem omringende team van deskundigen worden methodes aangereikt die hem helpen systematisch het onderde uit de kan te halen.

Er wordt achtereenvolgens ingegaan op:

- het ontwerpproces en Simultaneous Engineering;
- Waarde-analyse en Quality Function Deployment;
- Design for Assembly en FMEA.

De beschreven technieken zijn op zichzelf niet nieuw; het binnen een bedrijf op evenwichtige wijze toepassen van de verschillende technieken komt evenwel nog zelden voor.

De ervaringen van de auteur zijn vooral gebaseerd op de ontwikkeling van vrachtauto's. De beschreven methodes zijn evenzeer bruikbaar voor de procesindustrie en bouwnijverheid.

## **2. Optimalisatie van het ontwerpproces**

### *2.1. Beleidsonderwerpen rond het ontwerpproces*

Het doel van een onderneming kan gedefinieerd worden als het voldoen aan de marktvraag tegen minimale kosten met behoud van kwaliteit en concurrentiepositie. Voor een ontwerpafdeling leidt dit doel tot „ontwerpen op optimale kosten”. Binnen de ontwerpafdeling moet hiertoe op drie fronten beleid gevoerd worden:

1. Het kostenbewust ontwerpen moet gestimuleerd worden onder andere:
  - door in opleidingen de nadruk te leggen op cost-engineering;
  - middels public relations-activiteiten;
  - middels cursussen in het hanteren van analysetechnieken (zie par. 2.2).
2. Er moeten procedures ontwikkeld worden voor een integrale aanpak van het ontwerpproces, ook wel genoemd Simultaneous Engineering (zie par. 2.3).
3. Er moeten voldoende faciliteiten beschikbaar zijn voor permanente en structurele kostprijsacties. Methodes en technieken moeten beschikbaar zijn evenals ervaren personeel, ruimte en ondersteunende capaciteit (zie par. 2.4).

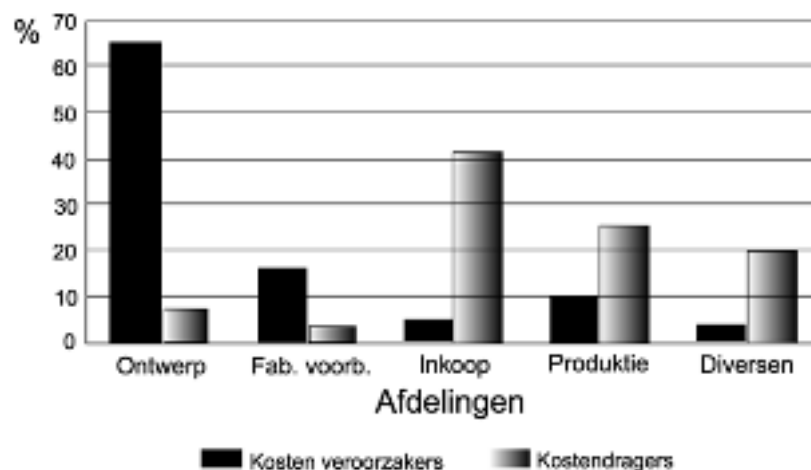
In figuur 1 is aangegeven op welke bedrijfsafdelingen kosten gemaakt worden (kostendragers) en waar die kosten in feite bepaald worden (kostenveroorzakers). Het blijkt dat de ontwerpafdelingen van een productiebedrijf relatief weinig kosten maar dat wel het merendeel van de kosten daar bepaald wordt. Onder ontwerpafdelingen moet in dit verband worden verstaan die afdelingen die het produktontwerp vastleggen, met name de afdelingen marketing, ontwikkeling en beproeving.

### *2.2. Analysetechnieken*

Het reguliere ontwerpproces verloopt over een aantal schijven, als de schakels van een ketting. Marketing bepaalt de produktspecificatie, produktontwikkeling ontwerpt, inkoop benadert leveranciers, het laboratorium verstrekt materiaalgegevens, fabricagevoorbereiding bepaalt uiteindelijk het productieproces, productie produceert, verkoop verkoopt en calculatie cijfert.

Elke schakel heeft zijn eigen systeembenadering, zijn eigen optimalisatieproces. Ook binnen de produktontwikkelingsorganisatie streeft het management voortdurend naar het optimaliseren van het ontwerpproces. Doel is om de klant voor de laagste kosten de gevraagde kwaliteit te leveren. Een aantal analysetechnieken kun-

## VERDELING VAN PRODUKTKOSTEN NAAR KOSTENVEROORZAKERS EN KOSTENDRAGERS



onderzoek TU Twente

*Figuur 1.*

nen bij het kostprijsbewust ontwerpen behulpzaam zijn. In elke fase van het ontwerpproces dienen zich andere technieken aan:

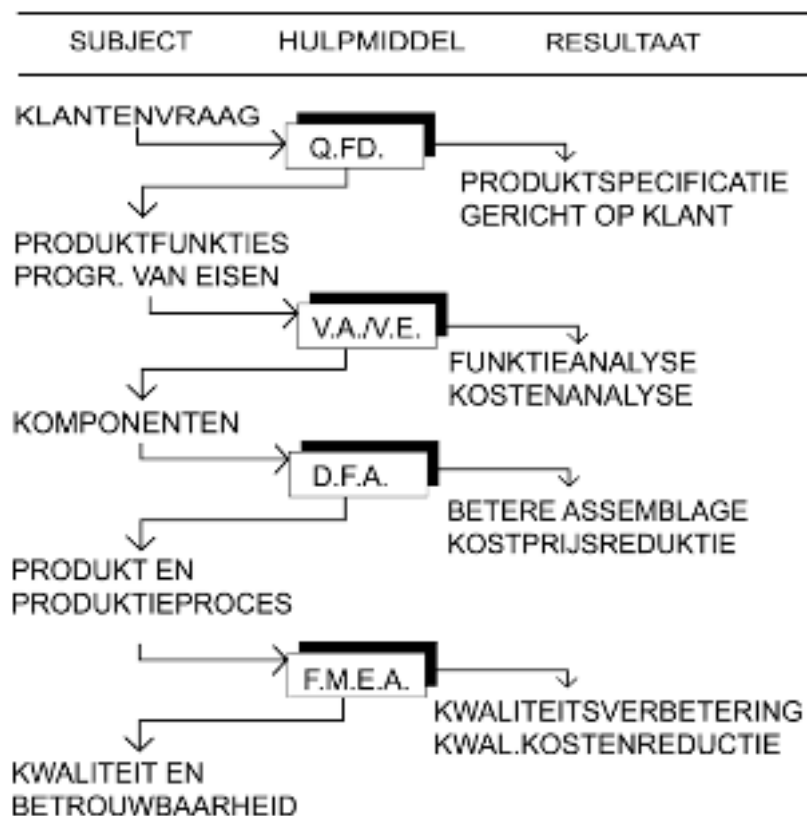
- De eerste fase omvat het marketingproces waarin een klantenvraag vertaald wordt in produktfuncties en programma van eisen. Geschikt hulpmiddel hierbij is Quality Function Deployment (QFD).
- De tweede fase is van wezenlijk belang omdat hierin het programma van eisen omgezet wordt in een produkt-concept. Value-engineering of waarde-analyse kan hier uitstekend dienst bewijzen door via functie-kosten-analyse en creativiteitstechnieken het meest optimale produkt of produkt-component te concipiëren.
- In de derde fase wordt het concept uitgewerkt tot een model op stuklijstniveau. Ook het produktieproces speelt daarbij een rol. Een optimaliseringshulpmiddel daarbij is Design for Assembly (DFA).
- In de laatste fase van het proces wordt het ontwerp beproefd, nauwkeurig berekend, gedetailleerd en getolereerd, teneinde een optimale functionaliteit en maakbaarheid te verkrijgen. Een geëigend hulpmiddel daarbij is Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).

## R1010-6 Kostprijsbewust ontwerpen

In figuur 2 zijn de verschillende fasen van de ontwerpcyclus aangegeven en het daarbij horende viertal analysetechnieken. Deze technieken worden hier kortheidshalve genoemd en naderhand uitvoerig besproken.

0838-0545

### HULPMIDDELEN IN ONTWERPPROCES FUNKTIEANALYSE EN KOSTPRIJSOPTIMALISATIE



Figuur 2.

#### 2.2.1. Quality Function Deployment (QFD)

Van wezenlijk belang bij de ontwikkeling van een nieuw product is de vraag wat de markt precies wil, wat er al op de markt is en waar de kansen en mogelijkheden liggen.

De constructeur kan pas zinvol aan een opdracht werken als hij, samen met de afdeling marketing, een analyse heeft gemaakt van de marktwensen en deze doorgaans subjectieve klantwensen heeft vertaald in objectieve technische eisen. Quality Function Deployment (QFD) is een hulpmiddel om deze vertaalslag te maken. De verkregen functie-eisen dienen in het vervolgtraject als opstapje voor waarde-analyse.

### 2.2.2. Waarde-analyse (*Value Engineering/Value Analysis*)

De „uitvinder” van waarde-analyse is de Amerikaan Larry Miles. Hij zag dat de schaarste aan grondstoffen tijdens de Tweede Wereldoorlog veel bedrijven noopte tot een inventiviteit die vaak leidde tot produkt- of procesverbetering. Hij ontwikkelde een methode om stelselmatig tot kostprijsverlaging te komen.

Het doel van waarde-analyse is het systematisch elimineren van alle kosten die niet bijdragen tot de waarde van een produkt, proces of dienst. Waarde-analyse heeft altijd een dubbele betekenis: niet alleen analyseren maar ook creëren.

De door Miles ontwikkelde methode komt er op neer dat alle functies van een produkt in hun onderlinge samenhang in beeld gebracht worden in een functieboom. Vervolgens worden de kosten van onderdelen, bewerkingen en montage van monodelen vertaald naar de kosten van deze functies. Tenslotte wordt getracht de kosten per functie te minimaliseren zonder de kwaliteit of functionaliteit van het produkt aan te tasten.

### 2.2.3. *Design for Assembly (DFA)*

De essentie van de DFA-methode is dat een montageboom van alle monodelen en processen samengesteld wordt waarna systematisch wordt nagegaan welke delen in principe in andere delen geïntegreerd kunnen worden. Telt een constructie meer dan 20 onderdelen en bewerkingen of bestaat de constructie uit meerdere subassemblages dan ligt een DFA-analyse voor de hand. Het doel is niet zozeer om het productie- of assemblageproces te verbeteren alswel om het produkt goedkoper te maken.

Hoewel de constructeur deze techniek zelfstandig kan toepassen wordt in de praktijk doorgaans de hulp ingeroepen van de waarde-analist, die DFA als methode in zijn ransel heeft zitten.

DFA heeft met waarde-analyse gemeen dat het een analysetechniek is die in een team toegepast wordt op een concreet ontwerp om daarmee te komen tot een redesign dat kostprijs technisch interessant is. Beide methodes gaan uit van een ontwerp dat vers van de tekentafels rolt en dat dus nog niet geoptimaliseerd is.

Het verschil is dat de waarde-analyse-methode fundamenteeler is: de functies van een produkt worden geanalyseerd, de funktiekosten worden in beeld gebracht en de mogelijkheid bestaat dat nieuwe constructieprincipes bedacht worden.

#### *2.2.4. Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*

Vanwege de nieuwe EEG-richtlijn ten aanzien van produktaansprakelijkheid is ook in Nederland nieuwe wetgeving te verwachten. In essentie betekent de richtlijn dat de producent rechtstreeks aansprakelijk kan worden gesteld voor schade die voortkomt uit een gebrek aan zijn produkt, onafhankelijk van de vraag of de producent schuldig is in de zin van de huidige wetgeving. De bewijslast komt te liggen bij de producent. Hoofdelijke aansprakelijkheid is een optie. De nieuwe wetgeving zal een producent er toe brengen dat procedures ten aanzien van design en beproeving zorgvuldig doorlopen moeten worden. Voortdurende aandacht is nodig voor de wijze van formuleren in testrapporten en verzoeken om wijziging.

Wanneer de constructie risico's draagt ten aanzien van de veiligheid dan kan FMEA een handig hulpmiddel zijn om systematisch het produkt te analyseren. FMEA wordt toegepast bij nieuwe constructies die sterk van de bekende afwijken of bij technische afweging van alternatieven.

### *2.3. Integratie werkzaamheden binnen ontwerpproces*

#### *2.3.1. Kostenveroorzakers*

In de praktijk wordt het management voortdurend geconfronteerd met constructies die tot stand gekomen zijn onder tijdsdruk en die weliswaar voldoen aan eisen van functionaliteit, styling en kwaliteit maar die niet geoptimaliseerd zijn naar kosten. De volgende oorzaken onderscheiden we daarbij:

#### *Gebrek aan informatie over specificaties en dergelijke*

De constructeur laat zich niet volledig informeren over planningsaantallen, specificaties en toepassingen. De kostprijs van het produkt is afhankelijk van aantallen en bewerkingsmethoden en de constructeur kan zonder die informatie niet bepalen waar het omslagpunt ligt voor een goedkoper constructieprincipe.

#### *Gebrek aan informatie over maakbaarheid*

De constructeur maakt vanwege slechte communicatie onvoldoende gebruik van de kennis bij fabricagevoorbereiding over bewerkingen en montage. Vaak blijkt pas in een laat stadium dat er hoge



produktiekosten ontstaan. De klok kan dan onder druk van de projectvoortgang niet meer teruggedraaid worden.

*Gebrek aan informatie over logistieke kosten*

Soms kan het streven naar kostprijsbesparingen juist averechts werken. Zo worden er produktvarianten ontworpen die weliswaar goedkoper geproduceerd worden maar toch nog sterk lijken op bestaande produkten. Vergissingen bij montage kunnen dan niet uitblijven; dit leidt vervolgens tot manco's. De beoogde besparingen zinken bij de kosten hiervan in het niet.

*„Jumping to solutions”*

De constructeur focuseert vanuit een opdracht meteen naar één oplossing toe. Hij is niet gewend eerst uit te zoomen, verschillende principes op te schetsen, een kostprijsvergelijk te maken en dan een gerichte keuze. De eerste inval wordt meteen keurig uitgetekend. Wanneer daarna de maakbaarheid aan de orde komt blijkt soms dat van voren af aan opnieuw begonnen moet worden. Dit proces wordt te vaak doorlopen en leidt uiteindelijk tot een onder tijdsdruk tot stand gekomen ontwerp-tekening, niet op kostprijs geoptimaliseerd.

*„Trial and proof”*

Soms worden tekeningen gemaakt met het oog op protobouw en beproeving en niet met het oog op produktie in grote aantallen. De constructeur streeft dan in de loop van het ontwerpproces niet voldoende naar de goedkoopste produktievariant. Bovendien gaat veel tekencapaciteit zitten in de niet-produktievarianten. Zo ontstaan bijvoorbeeld achtereenvolgens een lasconstructie voor protobouw, een zandgietconstructie voor beproeving en een spuitgietprodukt voor produktie.

*Gebrekkige afstemming constructiegroepen*

Wanneer twee of meer constructiegroepen met elkaar te maken hebben verloopt de afstemming vaak gebrekkig. Soms is er eerder sprake van rivaliteit dan van samenwerking. Ook zijn constructeurs wegens hun onder- of nevenschikte positie soms niet in staat om bij andere afdelingen aandacht of capaciteit te claimen, laat staan de bereidheid om constructies aan te passen.

*2.3.2. Simultaneous Engineering*

Om bovengenoemde problemen het hoofd te kunnen bieden moeten op elke tekenkamer doeltreffende procedures aanwezig zijn voor een integrale aanpak van het ontwerpproces, waarbij er vanaf het begin

rekening wordt gehouden met maakbaarheid, functionaliteit en kostprijs. We noemen zo'n werkwijze ook wel Simultaneous Engineering.

In het kader van projectplanning is Simultaneous Engineering een normale zaak: geruime tijd voordat de laatste tekeningen voor productie zijn vrijgegeven is de fabricagevoorbereiding al in volle gang met aanschaf machines en opstarten productieproces. Op het niveau van de componentontwikkeling laat een integrale aanpak echter nog te wensen over. Over de maakbaarheid wordt soms pas overleg gepleegd als de tekeningen klaar zijn, adviezen over produktkwaliteit, serviceability en kostprijs worden onafhankelijk van elkaar gegeven en alternatieven komen niet ter sprake.

Verbeteringen dienen zowel van bovenaf als van onderop tot stand te komen. Het management zal het concept van Simultaneous Engineering krachtig moeten stimuleren. Tegelijk kan van onderop, zonder te wachten op ingrijpende structurele veranderingen, effectiever gewerkt worden (zie fig. 3).

Een goede werkwijze is gebaseerd op de volgende vijf punten:

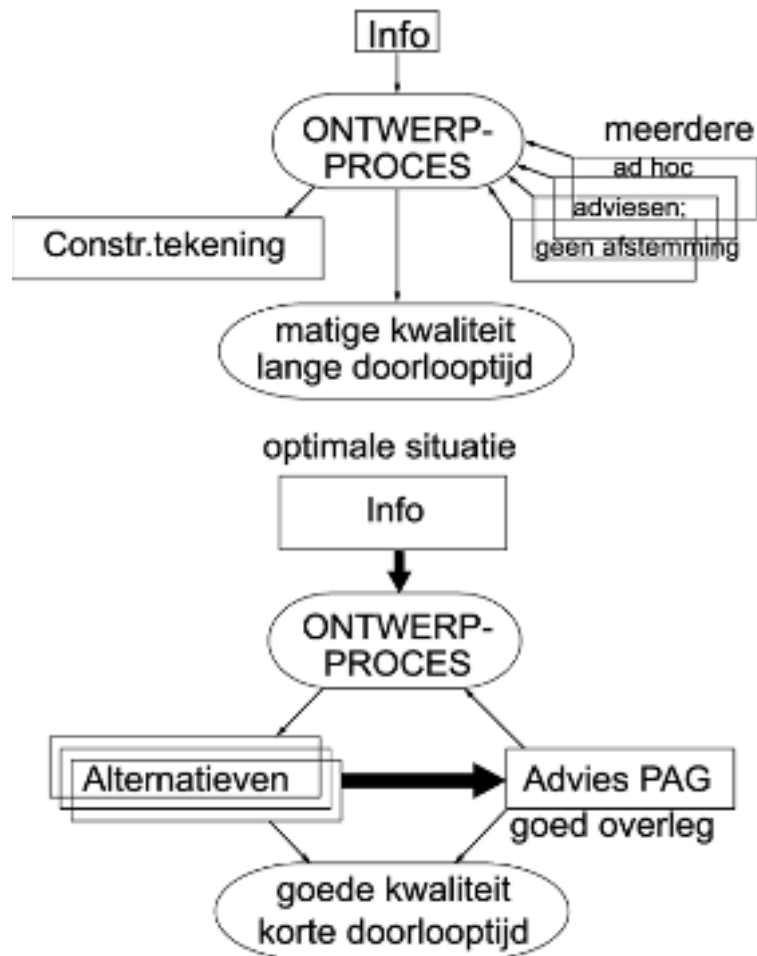
1. Bij de ontwerpopdracht krijgt de constructeur duidelijkheid ten aanzien van produktspecificatie, jaaraantallen, toepassingen, looptijd en een kostprijstarget.

De constructeur dringt aan op volledige informatie.

2. In de schetsontwerpfase wordt de constructeur geadviseerd door een multidisciplinair samengestelde groep. Hoewel het geen officiële term is duiden we deze adviesgroep hier aan met de naam: Produkt Advies Groep (PAG). De adviezen hebben betrekking op maakbaarheid, kwaliteit, kostprijs en dergelijke.
3. Gedurende het verdere ontwerpproces is er regelmatig terugkoppeling met de PAG of een gedeelte daarvan. Voordat de constructeur gaat beproeven en detailleren ontwikkelt hij alternatieven die hij aan de PAG voorlegt. Indien hij reeds vroeg op de juiste weg wordt geholpen wordt de doorlooptijd verkort.
4. De constructeur legt een codenummerdossier aan waarin hij alle gegevens verzamelt vanaf het begin van de ontwerpopdracht. Hierin zijn vermeld: de opdracht, de specificatie, kostprijstarget, adviezen van de PAG, beproevingsresultaten, etc.
5. De constructeur doorloopt het ontwerpproces gefaseerd. In een aantal fases maakt hij gebruik van checklists:
  - In de *oriëntatiefase* krijgt hij zijn opdracht en spreekt deze door met zijn chef.
  - In de *studiefase* verzamelt en ordent hij alle relevante informatie met behulp van een checklist.

## OPTIMALISERING ONTWERPPROCES

traditionele situatie



Figuur 3.

- In de *planningsfase* maakt hij een werkplan waarin hij onder andere aangeeft:
  - welke tekeningen wanneer worden opgeleverd;
  - van welke adviezen hij gebruik maakt;
  - wanneer hij WA en DFA toepast.
- In de *ontwerpfase* ontwikkelt hij een functioneel produkt.

## **R1010-12** Kostprijsbewust ontwerpen

- In de *detailleringfase* werkt hij naar een samenstelling toe, met stuklijst en tekeningen.
- In de *vrijgiftefase* controleert hij elke tekening en alle administratieve procedures.

### *2.3.3. Kostprijsbewust construeren*

Elke constructeur streeft naar een produkt dat aan alle kwaliteitseisen voldoet en dat zo goedkoop mogelijk is. Toch is niet elk goed produkt ook meteen goedkoop. De ene constructeur slaagt er beter dan de andere in om kostprijsbewust te ontwerpen. Waarin onderscheidt zo'n ontwerper zich nu?

Een constructeur die kostprijsbewust ontwerpt vertoont het volgende gedrag:

1. Hij zorgt dat de opdracht die hij krijgt ondubbelzinnig en duidelijk is en hij zorgt dat deze schriftelijk wordt vastgelegd.
2. Hij verzamelt nauwgezet alle relevante informatie die nodig is voor het vervullen van zijn opdracht en legt hiervan een dossier aan.
3. Hij plant vooraf zijn werkzaamheden.
4. Hij ordent alle functies waaraan zijn produkt moet voldoen in een functieboom.
5. Hij ontwikkelt, voordat hij gaat tekenen, alternatieven en maakt daarbij gebruik van creativiteitstechnieken.
6. Hij vraagt over de alternatieven advies met betrekking tot de mate waarin aan de eisen voldaan wordt, de maakbaarheid en de kostprijs.
7. Hij staat open voor commentaar van deskundigen uit andere disciplines en optimaliseert zijn produkt voortdurend.
8. Hij stelt een montageboom samen van het uitgedetailleerde produkt en legt deze ter advisering voor aan een multidisciplinair team.
9. Hij hanteert zonedig calculatierichtlijnen voor het bepalen van de kosten van een produkt.
10. Hij past zonedig analysetechnieken als QFD, WA, DFA en FMEA toe op de daartoe meest geschikte momenten.
11. Hij houdt tijdens het ontwerpen ook rekening met kosten die niet rechtstreeks in de fabricagekostprijs tot uiting komen zoals kosten van assemblage, logistiek, codenummerbeheersing, emballage en service.
12. Hij is kortom voortdurend alert op kostprijsbesparende ideeën, nieuwe technieken, plannen.

Met deze vaardigheden zal de ene constructeur rijker begenadigd zijn dan de andere; voor iedereen is dergelijk gedrag echter aan te leren. Middels goede coaching, managementondersteuning en sterk aan praktijksituaties gerelateerde interne of externe cursussen kan de juiste attitude ontwikkeld worden.

#### 2.4. *Kostprijsacties*

In beginsel streeft elke ondernemer er naar zo goedkoop mogelijk te produceren. Bovengenoemde analysetechnieken en procedures kunnen daarbij helpen. Daarnaast kan het zinvol zijn gedurende het ontwerpproces van tijd tot tijd een korte actie te houden gericht op het verminderen van de uiteindelijke fabricage-kostprijs.

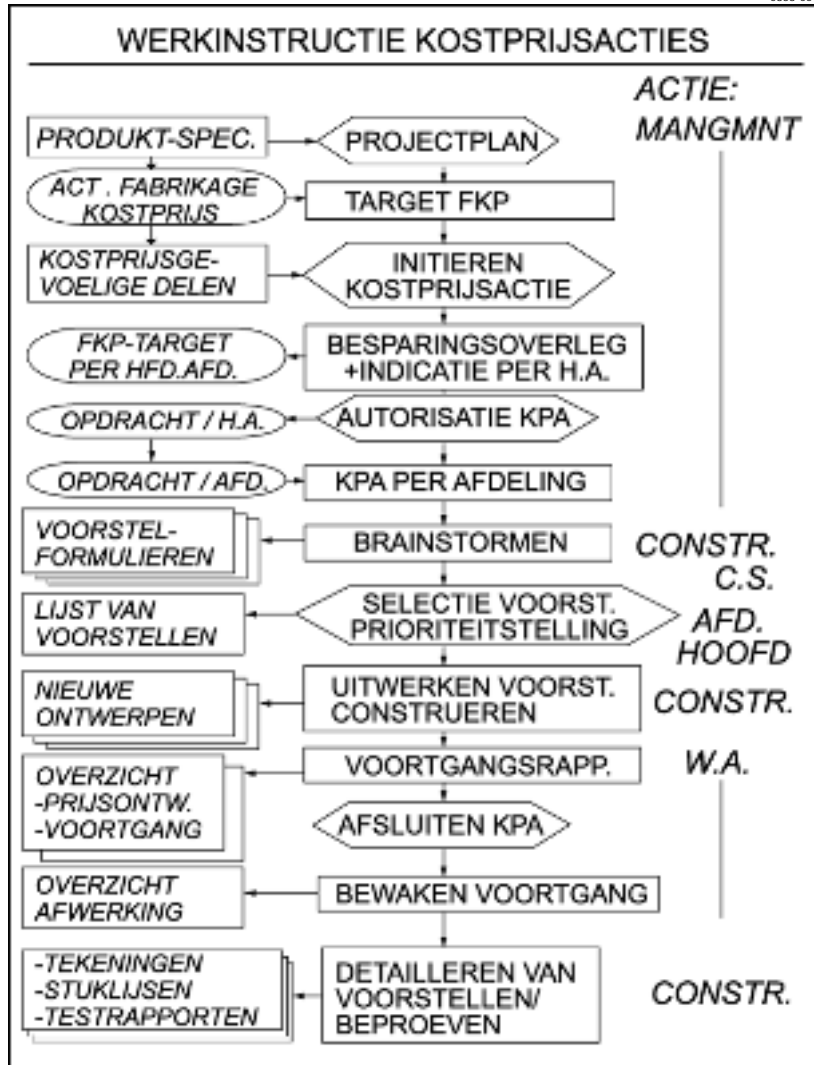
Kostprijsacties verlopen in grote lijnen volgens een vaste procedure:

1. Een project kent doorgaans een vijftal fasen die doorlopen moeten worden, namelijk:
  - voorontwikkeling;
  - studiefase;
  - ontwikkelingsfase;
  - detailleringsfase;
  - produktievoorbereidingsfase.

Na elke fase kan er een kostprijsoverzicht beschikbaar zijn. Hoe verder het project vordert, hoe gedetailleerder dit overzicht wordt. Per fase dient er door het management een kostprijstarget te worden gesteld.

Het verschil tussen kostprijsoverzicht en kostprijstarget is uitgangspunt voor kostprijsacties.

2. Op initiatief van de projectverantwoordelijke manager worden besparingsindicaties per afdeling aangegeven. Tevens wordt er capaciteit vrijgemaakt voor kostprijsacties.
3. Middels brainstormtechnieken worden besparingsvoorstellen verzameld. Vervolgens wordt gekozen welke voorstellen met WA verder uitgewerkt worden. Capaciteit en looptijd worden ingepland.
4. Zowel de afdeling calculatie als de waarde-analisten verzorgen een voortgangsrapportage: calculatie over de prijsontwikkeling en waarde-analyse over de ontwikkeling van ideeën.
5. De actie wordt afgesloten zodra de target FKP-besparing gehaald is en alle voorstellen zijn afgewerkt of als de geplande tijd verstreken is (zie fig. 4).



Figuur 4.

### 3. Creativiteit en innovatie: kunst of kunde?

#### 3.1. *Wat is creativiteit?*

Archimedes geldt in zijn tijd als een vooraanstaand geleerde. Met al zijn wiskundige kennis wordt hij geacht de moeilijkste problemen op te kunnen lossen. Hij is dan ook de aangewezen man om de vraag te beantwoorden waar zijn meester, de tyran van Syracuse, mee worstelt. Om na te gaan of een gouden kroon, die hij als geschenk heeft ontvangen, wel van echt goud is moet de inhoud gemeten worden. Archimedes heeft daar ondanks dat hij de beschikking heeft over vele meetinstrumenten de grootste moeite mee. Na dagen ploeteren maakt hij een lange wandeling; terug in zijn atelier bespeurt hij bij zichzelf de geur van troebel miseriezweet en hij laat door een slavin zijn bad in gereedheid brengen. Terwijl hij zich ontkleedt en tersluiks een blik werpt op het slavinetje besluit hij toch maar eerst het bad te nemen. En dan gebeurt het dat in een flits de logische barrière doorbroken wordt, dat er zich een nieuwe oplossing voor een gevraagde functie aandient. Eureka! Niet alleen met ééndimensionale meetinstrumenten maar ook met water kun je volume meten!

De kracht van de creativiteitstechnieken zoals WA en DFA is gelegen in dit doorbreken van denkbarrières, in het uit balans brengen van de constructeur en de zijnen en in het aandragen van een methode om tot alternatieve functievervullingen te komen.

Soms kan het bewust oproepen van dubbelzinnigheid stimulerend werken op het denkproces. Uit de oudheid is daarvan een klassiek voorbeeld bekend, namelijk het Orakel van Delphi. De Perzen waren in 480 v.Chr. onder leiding van Xerxes op het Griekse vasteland geland. Het stadsbestuur van Athene vroeg raad aan het Orakel en de afgevaardigden kregen de volgende profetie te horen: „De houten muur zal u en uw kinderen redden.”

De stadsbestuurders braken zich het hoofd over wat het Orakel hiermee bedoeld mocht hebben. Iemand suggereerde dat ze een houten muur rond de Acropolis moesten bouwen, een ander zei dat ze zich terug moesten trekken in de bossen en een derde veronderstelde dat de „houten muur” sloeg op de Atheense schepen met houten rompen. Het stadsbestuur trok vervolgens de conclusie dat het niet om een veldslag maar om een zeeslag ging en enkele maanden later werden de Perzen verdreven.

Er zijn tientallen methoden bekend om tot nieuwe ideeën te komen. Bijvoorbeeld:

- *Klassiek brainstormen*: geen kritiek, geen roadblocks (par. 3.2).
- *Brainwriting*: ideeën opschrijven, elkaar aanvullen.

## R1010-16 Kostprijsbewust ontwerpen

- *Synectics*: via analogieën komen tot nieuwe gezichtspunten.
- *Visuele confrontatie*: afbeeldingen stimuleren verbeelding.
- *Morfologische kaart*: combineren van deeloplossingen.
- *Check-list*: systematische lijst met vele controlevragen.

Alle technieken om nieuwe ideeën te genereren zijn gebaseerd op stimuli die buiten het alledaagse functioneren liggen. Bewust wordt door een afbeelding, een vraag of een analogie vervreemding opgewekt, wordt de ontwerper even op het verkeerde been gezet. Het traditionele logische denkkader moet doorbroken worden. Archimedes demonstreerde tot welke verrassende resultaten dit leidt. Ook fysiek wordt de constructeur uit zijn dagelijkse omgeving gehaald. Creatieve sessies vinden plaats in een afgesloten rustige ruimte, met echte koffie uit stenen kopjes, makkelijke stoelen en visuele hulpmiddelen.

### 3.2. *Het creatieve groepsproces*

Creativiteitstechnieken leiden niet automatisch tot betere of goedkopere producten. Uiteindelijk gaat het om nieuwe, oorspronkelijke ideeën. In dit opzicht is er sprake van een kunst, een intellectuele vaardigheid waar de één meer in bedreven is dan de ander. Het creatieve proces kan evenwel geprikkeld en gestimuleerd worden door allerhande technieken. Deze technieken zijn in wezen slechts „kunstjes” die iedereen leren kan. De kunde is dus wel een voorwaarde maar geen garantie voor het doeltreffend beoefenen van de kunst. Waar het bij produktinnovatie en kostprijsbesparing om gaat is het op gang brengen van een creatief *groepsproces*. De groep ziet zich geplaatst voor een probleem en moet daar een oplossing voor zien te vinden. Rawlinson onderscheidt in zo'n geval twee manieren van denken: het convergerend, analytisch en oplossingsgericht denken en het divergerend, creatief en vernieuwend denken. Beide manieren van denken zijn nodig om tot innovatie te komen. Doorgaans echter wordt er door zowel de constructeurs als het management uitsluitend convergent gedacht; men springt naar oplossingen toe, gunt zich niet de tijd alternatieven te overwegen en neemt beslissingen vaak intuïtief. De kwaliteit van de oplossingen die een groep genereert wordt bepaald door de samenstelling, de karakters en deskundigheden van de leden en door de mate waarin de groepsleider er in slaagt de potentiële groepsdynamiek ten volle te benutten. De groepsleider moet zorgen dat er eerst divergent en vervolgens convergent gedacht wordt. Hij moet eerst zo veel mogelijk ideeën op tafel krijgen en vervolgens zorgen dat de groep zo effectief mogelijk keuzes maakt (zie fig. 5).





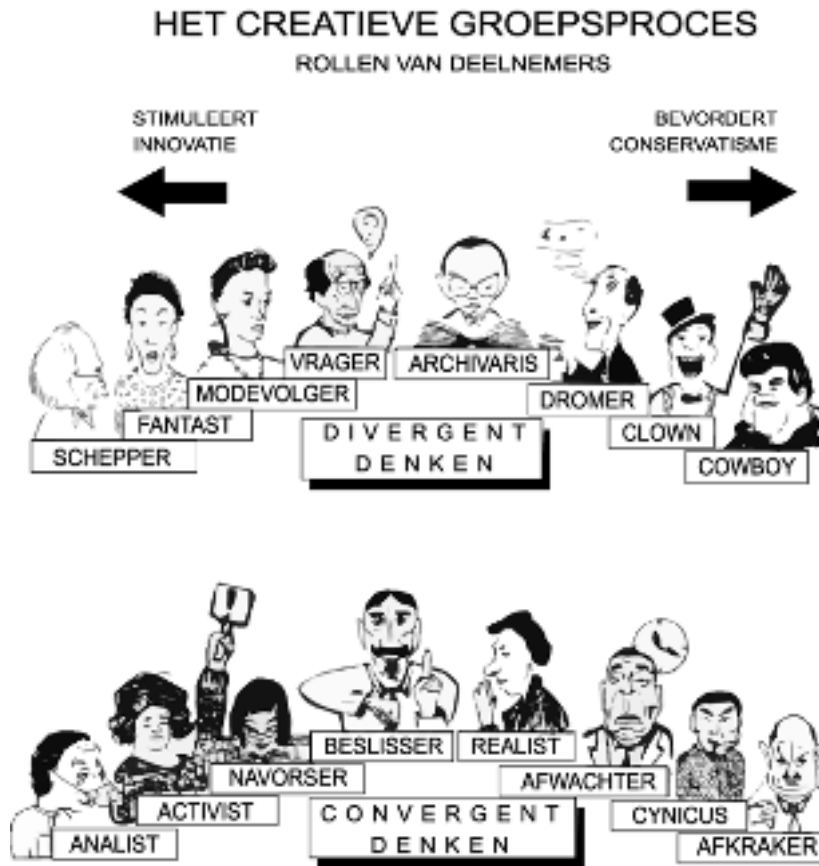
Figuur 5.

Daarbij moet hij rekening houden met de kwaliteiten van de participanten in het groepsproces. Sommige groepsleden zijn vooral productief in de creatieve fase, anderen komen beter aan hun trekken in de analytische fase. In beide fases zijn er groepsleden die zeer innovatief zijn en anderen die behoudend zijn.

We onderscheiden 16 types die elk op hun eigen wijze een positieve of negatieve bijdrage leveren en die door de groepsleider elk op een eigen wijze benaderd moeten worden. Uiteraard stelt dit hoge eisen aan de sturende kwaliteiten van de groepsleider. Complicerende factor is dat maar weinig groepsleden voortdurend slechts één rol spelen; de meeste deelnemers zullen gedurende een sessie voortdurend van rol wisselen. We gaan uit van het volgende model weergegeven in figuur 6.

De participanten in het creatieve en het analytische proces spelen elk hun eigen rol en moeten door de groepsleider elk op hun eigen manier benaderd worden:

1. De *schepster* genereert nieuwe ideeën, denkt hardop, stelt oplossingen voor. De groepsleider stimuleert, zorgt dat alles wordt opgeschreven.
2. De *analist* rubriceert de ideeën, ordent, werkt systematisch naar oplossing toe. De groepsleider zorgt dat hij pas na het verzamelen van ideeën in actie komt.
3. De *fantast* komt met de wildste ideeën, prikkelt het groepsproces. Voor de voortgang van het brainstormen is dit type van wezenlijk belang; hij verlaagt de drempel voor de meer schuchtere types.
4. De *activist* wil meteen aan de slag met goede ideeën. Hij kan ingeschakeld worden bij de verslaglegging en organisatie.
5. De *modevolger* is gevoelig voor trends, heeft weinig eigen ideeën maar weet wel wat de concurrent doet. Bij een concurrentie-onderzoek speelt hij derhalve een belangrijke rol.



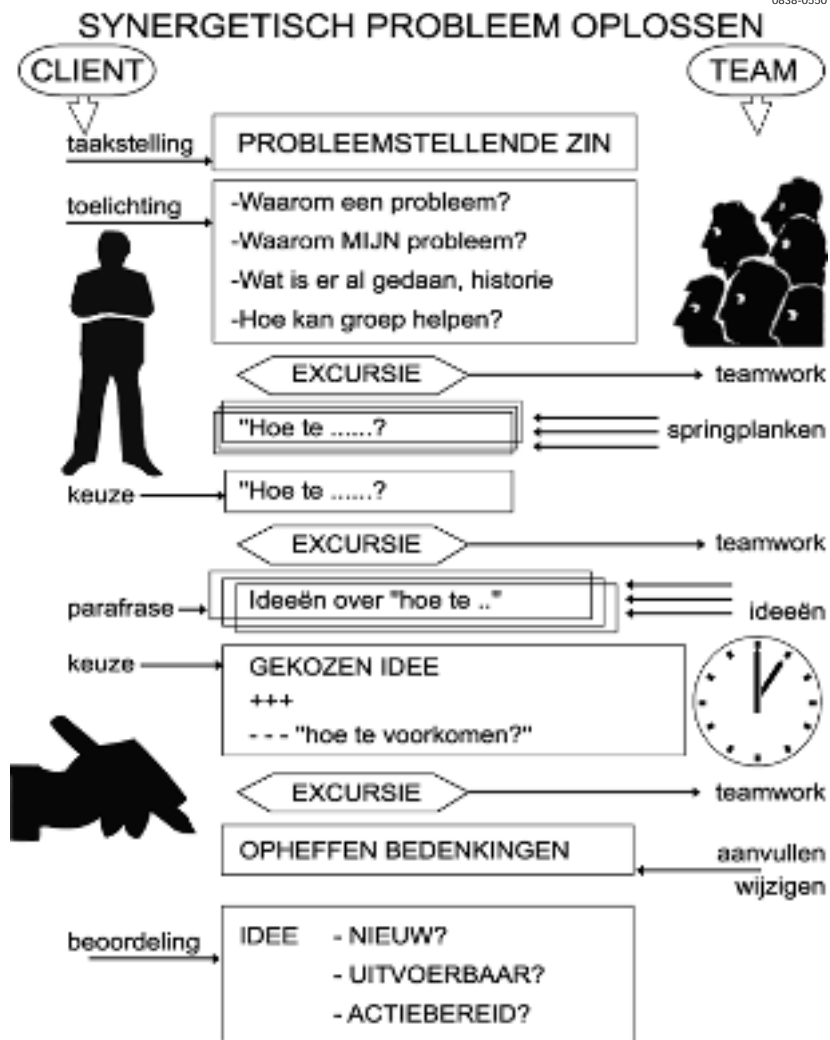
Figuur 6.

6. De *navorser* spendeert zijn tijd het liefst aan het narekenen en beproeven van oplossingen; hij is nauwgezet en werkt wetenschappelijk. Hij wordt productief na afloop van de sessie als hij huiswerk meegekregen heeft.
7. De *vrager* stelt kritische vragen bij de ideeën van anderen. Hij moet in het begin afgeremd worden maar kan in actie komen zodra een eerste brainstormronde heeft plaatsgevonden en er een aantal ruwe ideeën geformuleerd zijn. De gestelde vragen zijn nodig om de ruwe ideeën bij te schaven en acceptabel te maken.
8. De *beslisser* voelt zich geroepen te waken over het proces, legt verband tussen vraagstelling en mogelijke oplossing. De groepsleider waakt er echter voor dat hij zich het initiatief niet laat

- ontnemen en dat geen stappen in het brainstormproces worden overgeslagen.
9. De *archivaris* is de vraagbaak van de groep. Hij weet wat er in het verleden gespeeld heeft en waarom briljante ideeën het niet gehaald hebben. Hij overziet de problematiek en is als vakman onmisbaar.
  10. De *realist* streeft naar het haalbare, durft wezenlijke vernieuwingen niet aan. Een te dominante rol voor dit type brengt de groep weliswaar tot snelle besluitvorming maar verhindert echte innovatie.
  11. De *dromer* hindert niet maar je hebt er ook niets aan. Het best kan de groepsleider hem inzetten voor huishoudelijke of concrete organisatorische klussen.
  12. De *afwachter* komt pas in actie als hij aangesproken wordt op zijn specifieke kennis en ervaring of als hij de vinger kan leggen op foutjes. Streel zijn ijdelheid en vraag hem om advies.
  13. De *clown* heeft weinig oog voor het groepsproces en wil zichzelf in de kijker werken. De groepsleider moet adrem zijn en de grappen en grollen aanwenden als brandstof voor het brainstormproces.
  14. De *cynicus* legt op alle slakken zout. Vaak zit er een kern van waarheid in zijn kritiek en dat maakt het moeilijk er aan voorbij te gaan. Hij mag zeker geen dominante rol gaan spelen om de groep niet te frustreren.
  15. De *cowboy* haalt voortdurend oude koeien uit de sloot, vertelt stoere verhalen en wijdt graag uit over niet ter zake doende onderwerpen. Leg hem een maximale spreektijd op.
  16. De *afkraker* is met zijn geringschattende opmerkingen dodelijk voor de sfeer in de groep. De groepsleider doet er het beste aan om dit type publiekelijk ernstig te vragen zich coöperatief op te stellen zonder een waarde-oordeel uit te spreken over de opmerkingen zelf.

### 3.3. Synergetische technieken

Synergetische technieken zijn enigszins complexe hulpmiddelen om in teamverband problemen op te lossen. We beperken ons hier tot een korte weergave van het stappenplan. In figuur 7 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 7.

## **Stappenplan probleem oplossen in teamverband**

### *1. Taakstellende kopregel*

De cliënt (probleemeigenaar) geeft in één concrete bondige zin aan waaraan hij of zij wil werken. De formulering moet niet abstract en algemeen zijn maar ook niet te specifiek; de probleemstelling moet ruimte laten voor een breed scala van oplossingen.

### *2. Toelichting*

De cliënt licht heel kort toe:

- waarom is dit *mijn* probleem of een mogelijke kans?
- wat is er al bedacht en geprobeerd en wat was resultaat?
- hoe kan de groep het beste helpen?

### *3. Springplanken*

Elke deelnemer schrijft zienswijzen, bedenkingen, gevoelens, feiten, wensen op die opkomen tijdens het luisteren naar de toelichting. Dit gebeurt in de vorm van eenregelige uitspraken beginnend met: „Hoe te . . .”.

### *4. Keuze*

De cliënt kiest één of meerdere springplanken uit om verder aan te werken en licht zijn keuze kort toe.

### *5. Ideeën verzamelen; parafraseren*

De groep ontwikkelt ideeën die het door de springplank(en) aangegeven doel helpen bereiken. De cliënt controleert steeds door herhalen (parafraseren) of het voorstel en de eventuele aanvullingen zijn begrepen.

### *6. Plus/min-reactie*

Nadat een aantal ideeën zijn opgeschreven kiest de cliënt een idee uit dat hij vervolgens analyseert op de volgende items:

- identificatie van tenminste drie bruikbare voordelen;
- identificatie van de belangrijkste bedenkingen in de vorm „Hoe te . . .”.

### *7. Wijzigingen/aanvullingen*

De cliënt geeft een volgorde van belangrijkheid aan van de bedenkingen. Vervolgens wijzigt de groep de ideeën of vult de suggesties aan zodat de bedenkingen overwonnen kunnen worden. Zo ontstaan een aantal mogelijke oplossingen voor de taakstelling.

**R1010-22** Kostprijsbewust ontwerpen

*8. Mogelijke oplossingen*

Per oplossing geeft de cliënt aan:

- in welke mate biedt de oplossing iets nieuws voor cliënt?
- in welke mate is de geformuleerde oplossing uitvoerbaar?
- in welke mate is de cliënt bereid actie te nemen?

De oplossingen die het hoogst scoren worden uitgekozen.

*9. Actieplan*

De cliënt inventariseert in chronologische volgorde de stappen die hij moet ondernemen om de gekozen oplossing uit te voeren.

#### 4. Quality Function Deployment (QFD)

Het is in het algemeen verbazend hoe weinig op een structurele manier aan concurrentieonderzoek gedaan wordt. Bij een nieuwe opdracht baseert een constructeur zich meestal op een bestaand produkt dat in huis bekend is.

Van wezenlijk belang evenwel bij de ontwikkeling van een nieuw produkt is de vraag wat de feitelijke behoefte van de klanten, de afnemers is.

Ook willen we weten in hoeverre de concurrent deze behoefte reeds bevredigt en waar de technische kansen en nieuwe mogelijkheden liggen. (Een methodologie voor concurrentieonderzoek in de zin van Marketing wordt in het kader van dit artikel *niet* gegeven.)

De constructeur kan pas zinvol aan een opdracht werken als hij, te zamen met de afdeling marketing, een analyse heeft gemaakt van de markt wensen en deze doorgaans subjectieve klant wensen heeft vertaald in objectieve technische eisen. QFD is een hulpmiddel om deze vertaalslag te maken.

De functie-eisen dienen in het vervolgtraject als uitgangspunten voor waardeanalyse.

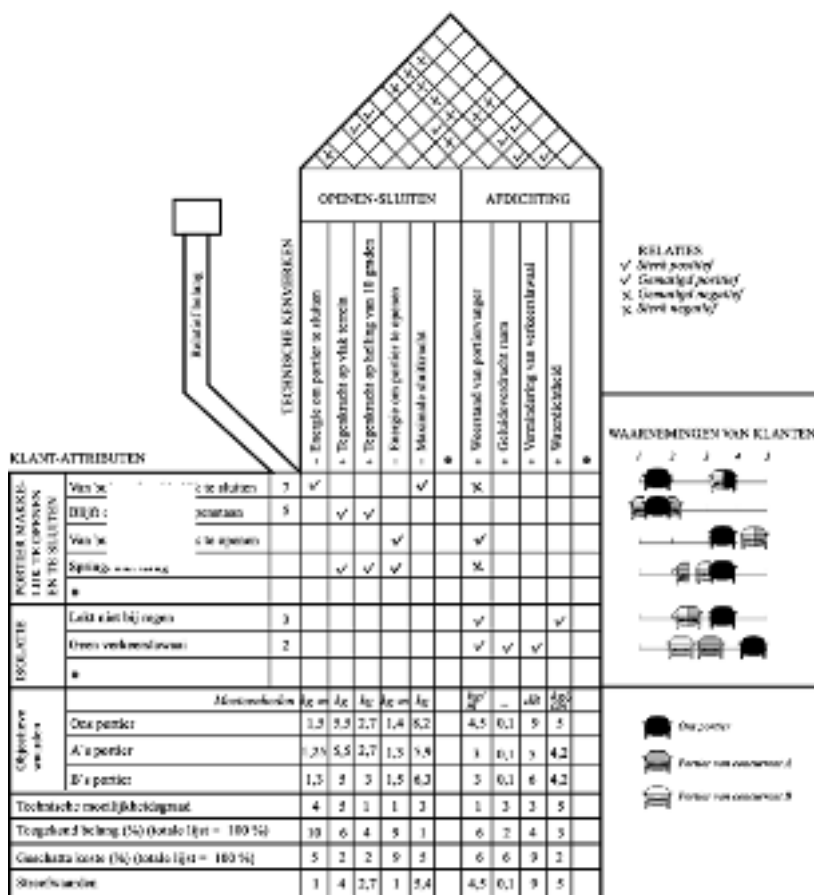
We werken in een multidisciplinair samengesteld team, met vertegenwoordigers van de afdelingen marketing, verkoop, produktontwikkeling en calculatie, volgens een zeven stappen plan:

1. De eerste stap van het team is het verzamelen van de geschreven en ongeschreven wensen en eisen (produkt-attributen) die de afdeling marketing formuleert. Doorgaans staan kwalitatieve en kwantitatieve eisen door elkaar heen, zonder prijskaartje, zonder prioriteiten, ongestructureerd.
2. Vervolgens ordenen we in volgorde van belangrijkheid de door de klanten gewenste produkt-attributen en zetten deze af tegen de produkten van de concurrenten. Op een schaal scoort elke concurrent voor elk criterium (of klant-attribuut).
3. In een correlatie-matrix geven de teamleden het verband aan tussen (verticaal) de klant-attributen en (horizontaal) de technische kenmerken. De technische kenmerken kunnen bovendien in een diagonaalmatrix met elkaar gecorreleerd worden.
4. Bij elk technisch kenmerk worden kwantitatieve waarden genoteerd, zowel voor het eigen produkt als voor de produkten van de concurrenten.

**R1010-24** Kostprijsbewust ontwerpen

- Uitgaande van wat de klant wenst en aan de hand van de prestaties van de concurrent wordt voor elk technisch kenmerk arbitrair een streefwaarde vastgesteld en in de onderste rij genoteerd. Vervolgens wordt ingeschat hoe moeilijk het is om die streefwaarde te halen. In een volgende rij wordt de ingeschatte technische moeilijkheidsgraad genoteerd.

0838-0551



Figuur 1. Het Kwaliteitshuis, zoals ontwikkeld door John R. Hauser, MIT Harvard Business Review, 1989 (vertaling M. Op den Camp).



6. Omdat het „kwaliteitshuis”, zoals ons diagram heet, uiteindelijk bedoeld is om tot kostprijsoptimalisatie te komen, kan een regel niet ontbreken waarin ingeschat wordt wat het zal kosten om aan de eisen te gaan voldoen. Deze geschatte kosten worden uitgedrukt in een percentage van de totale kosten van het produkt.
7. Ten slotte worden prioriteiten gesteld en wordt op grond van de kosten en de moeilijkheid het belang ingeschat van verbeteringen. Met andere woorden: welke zijn de technische kenmerken waarop we een achterstand hebben, waaraan de klanten belang hechten, waarop we geld kunnen besparen en waarvoor we niet erg veel moeite hoeven doen.

## 5. Waardeanalyse

### 5.1 *Waarom waardeanalyse?*

In een vorig hoofdstuk is reeds betoogd dat het Eureka-effect, het doorbreken van denkbarrières, nodig is om tot innovatie te komen. Het meest klassieke voorbeeld is Archimedes.

De kracht van waardeanalyse is gelegen in dit doorbreken van denkbarrières, in het uit balans brengen van de constructeur en de zijnen en in het aandragen van een methode om tot alternatieve functie-ervullingen te komen.

Of de „uitvinder” van waardeanalyse, de Amerikaan Larry Miles, Archimedes kende is nog de vraag. Hij was een pragmaticus met een zakelijke instelling. Het door Miles na de oorlog ontwikkelde systeem voor produktverbetering noemde hij Value Analysis en later Value Engineering.

De argumenten om waardeanalyse toe te passen op de geestesprodukten van constructeurs zijn de afgelopen veertig jaar niet veranderd; evenmin is aan de effectiviteit van de methode afbreuk gedaan.

### 5.2 *Definitie*

Het doel van waardeanalyse is het systematisch elimineren van alle kosten die niet bijdragen tot de waarde van een produkt, proces of dienst.

Onder waarde wordt daarbij verstaan al datgene wat de gebruiker er toe brengt het produkt of de dienst te verlangen.

Waardeanalyse heeft altijd een dubbele betekenis: niet alleen analyseren maar ook creëren. Waardeanalyse voor producten is derhalve:

- Een evaluatietechniek gericht op de relatie tussen kosten en functievervulling van concrete producten.
- Een creativiteitstechniek, gericht op een herzien ontwerp dat qua kosten, functievervulling en kwaliteit optimaal is.

Behalve op producten kan waardeanalyse ook toegepast worden op diensten; dit artikel beperkt zich tot toepassing op concrete producten.

### *5.3. Managementinstrument*

Binnen de onderneming berust het succes van waardeanalyse op drie pijlers:

1. De methode wordt door het management gewaardeerd en ondersteund. Waardeanalisten zijn doorgaans staffunctionarissen die rechtstreeks aan het management rapporteren.
2. Een waardeanalyse-onderzoek vindt plaats in teamverband met vertegenwoordigers uit verschillende disciplines binnen de onderneming. Wanneer het bedrijf het ontwikkelen van sociale vaardigheden bij haar werknemers stimuleert komt dat ook waardeanalyse ten goede.
3. Er wordt een duidelijk omschreven procedure doorlopen. Een Nederlandse norm bestaat nog niet; doorgaans wordt gewerkt volgens de Duitse DIN 69 910.

Het *doel* van Waardeanalyse is doorgaans *kostprijsbesparing* door het ontwerpen van een eenvoudiger en goedkoper samengesteld product. Door middel van een analyse van de functies, gebaseerd op de eerste schetsen, en een voorlopige stuklijst, worden functiekosten in beeld gebracht. Wanneer een team ontwerpers de methode consequent toepast wordt de creativiteit geprikkeld en ontstaan nieuwe concepten.

Waardeanalyse is dus een methode om overtollige kosten in het productontwerp te elimineren. En dat is nodig, want een product is doorgaans te duur. Wat veroorzaakt nu die immer te hoge kostprijs? Uiteraard is het gekozen constructieprincipe de belangrijkste kostenbepaler; daarbinnen scoren het hoogst:

- te veel materiaal;
- te duur materiaal;
- te veel bewerkt oppervlak;
- te zware verbindingen;

- te nauwkeurige toleranties;
- te fijne afwerking;
- te dure machines en gereedschappen.

Een ontwerper onder tijdsdruk construeert op veiligheid en niet op optimale kosten. De stelregel van WA is dan ook:

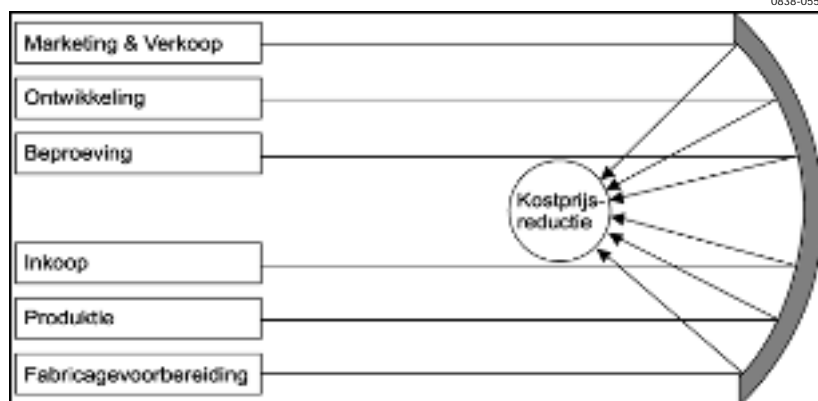
*Construeer niet zo goed mogelijk maar zo goed als nodig!*

#### 5.4. De methode

Het reguliere ontwerpproces verloopt over een aantal schijven, als de schakels van een ketting. Marketing bepaalt de produktspecificatie, de constructeur ontwerpt, inkoop benadert leveranciers, het lab verstrekt materiaalgegevens, fabricagevoorbereiding bepaalt het maakproces, productie produceert, verkoop verkoopt en calculatie cijfert. Elke schakel heeft zijn eigen systeembenadering, zijn eigen optimalisatieproces. Natuurlijk is er nauw overleg tussen opeenvolgende schakels.

Bij waardeanalyse wordt evenwel de kring gesloten en worden specialisten uit elke discipline verenigd rond één methode.

Men zou waardeanalyse ook kunnen vergelijken met een holle spiegel die de blikrichtingen van de diverse specialisten op één gemeenschappelijk doel richt (figuur 2).



Figuur 2. Waardeanalyse als holle spiegel.

## **R1010-28** Kostprijsbewust ontwerpen

De meest gebruikte methode is die zoals beschreven in de Duitse norm DIN 69 910. België en Italië gebruiken de Franse norm JSSN 0335-3931. Recent zijn de eerste stappen gezet op weg naar een Europese norm. Elke norm beschrijft vrijwel dezelfde methode, namelijk een methode die is gebaseerd op een zeven-stappenplan. Bij een WA-onderzoek worden de volgende fasen doorlopen:

1. Opdrachtfase: Bepalen taak, target, team, termijn.
2. Informatiefase: Vergaren specialistische informatie.
3. Visualisatiefase: Opstellen functieboom.
4. Analysefase: Inventariseren funktiekosten.
5. Creatieve fase: Ideeëngeneratie, brainstormtechnieken.
6. Evaluatiefase: Keuze maken uit alternatieven.
7. Invoeringsfase: Implementatie en resterende knelpunten.

### *5.4.1. Opdrachtfase*

De opdracht van het management aan de waardeanalist zou kunnen luiden:

- a. Ontwikkel middels WA van produkt X1 een variant X2 die de komende 6 jaar geproduceerd gaat worden met jaaraantal 8000.
- b. Realiseer een kostprijsreductie van 20%.
- c. Haal specialisten in het team van inkoop, voorcalculatie, fabricage en laboratorium.
- d. Presenteer binnen 4 weken een voorstel.

### *5.4.2. Informatiefase*

Als voorbereiding op een WA-onderzoek doet de waardeanalist het volgende:

- a. Hij verzamelt de eisen waaraan het ontwerp X2 moet voldoen, bij voorkeur vertaald in de functies die het produkt moet verrichten.
- b. Hij zorgt voor een tekening van het produkt X1 met stuklijst en bewerkingen.
- c. Hij stelt een concept functieboom van produkt X1 op.
- d. Hij plant een aantal sessies en roept het team bij elkaar met daarin doorgaans calculators en specialisten uit de fabricagevoorbereiding.

Een handig hulpmiddel in deze fase is de vragenlijst met 15 vragen waarmee tijdens een eerste gesprek met de opdrachtgever de „*Basisinformatie onderzoek waardeanalyse*” boven tafel komt:

*Basisinformatie onderzoek waardeanalyse*

1. Onderwerp/Project
  2. Datum
  3. Opdrachtgever/Adres/Telefoon
  4. Waar gaat het over?
    - Tekeningen/schema's/stuklijsten.
    - Specificaties/Functies (werkfuncties).
    - Toepassingen/Planningsaantallen per jaar/Projectduur.
    - Kostprijsopbouw oorspronkelijk ontwerp.
    - Component(groep)en volgens bedrijfssysteem.
  5. Wat moet er gebeuren?
    - Doelstelling (kostprijs, gewicht, kwaliteit, produktie).
  6. Waar moeten we rekening mee houden?
    - Randvoorwaarden m.b.t. termijn, techniek, team.
  7. Welke problemen zien we?
    - Welke problemen hebben zich in het verleden gemanifesteerd?
  8. Wie hebben we nodig?
    - Teamsamenstelling: specialisten in- en extern.
    - Infobronnen.
  9. Welke processen zijn wenselijk?
    - QFD, WA, DFA, FMEA.
  10. Wanneer moet onderzoek afgerond worden?
    - Wanneer protobouwvrijgifte.
    - Beproeving/Duurproef.
    - Wijzigingen na beproeving.
    - Productievrijgifte.
  11. Hoeveel capaciteit en geld vraagt het onderzoek?
    - Aantal sessies.
    - Ontwerpcapaciteit en doorlooptijd.
    - Beproevingskosten.
    - Investeringskosten.
- Besluitvorming*
12. Samenvatting/Go-no go beslissing/Conclusie.
- Uitvoering*
13. Planning in kader jaarplanning WA.
  14. Afspraken over verslagleggingen sessies:
    - Constructeur of waardeanalist?
  15. Voorbereidende werkzaamheden:
    - Uitnodiging eerste sessie.
    - Info verzamelen.
    - Functieboom/Montageschema maken.
    - Kostprijsanalyse volgens calculatie.

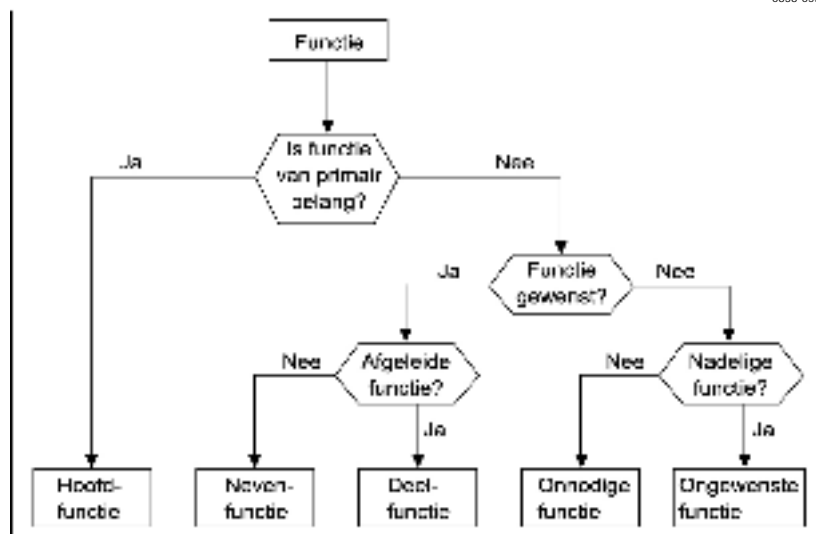
*5.4.3. Visualisatiefase*

Vanaf deze fase vinden alle activiteiten met het gehele team plaats. De meest cruciale stap is het maken van de functiekostenanalyse. Hiermee onderscheidt WA zich van andere methoden.

Allereerst maken we een functieboom. Volgens de Duitse norm die-

nen we daartoe de volgende vijf functiesoorten te onderscheiden (zie figuur 3):

1. Hoofdfunctie.
2. Nevenfunctie.
3. Deelfunctie.
4. Onnodige functie.
5. Ongewenste functie.



Figuur 3. Indeling functies.

Bij het formuleren van een functie gebruiken we een zelfstandig naamwoord en een werkwoord. We zorgen ervoor dat deze aanduiding voldoet aan de volgende kenmerken:

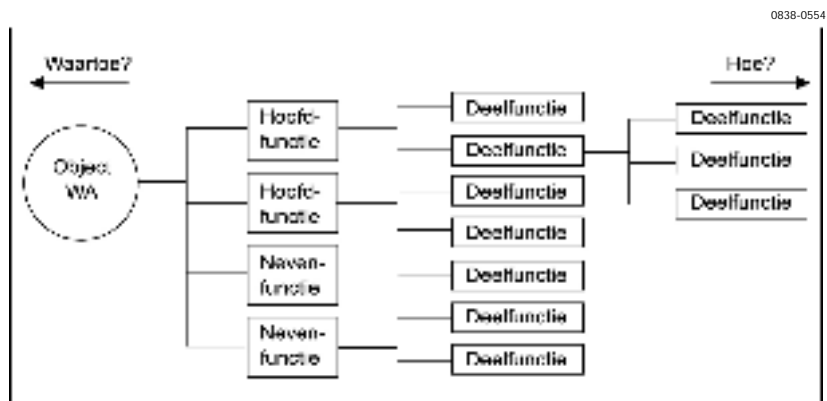
*Oplossingsneutraal, abstract gedefinieerd en kwantificeerbaar.*

De functie van een waterpomp is dus niet „water verpompen” maar „vloeistof verplaatsen”, en de functie van een schroevendraaier is niet „schroeven aandraaien” maar „moment overbrengen”.

Een functieboom wordt als volgt samengesteld:

- Aan de hand van de stuklijst stelt het team van elk stuknummer de functie(s) vast.
- Elke functie wordt op een kaartje geschreven en deze kaartjes of gegomde briefjes worden op een groot bord geprikt of geplakt.
- De functies worden in kolommen gerangschikt (zie figuur 4): uiterst links de hoofd- en nevenfunctie(s), daarnaast de afgeleide functies van het eerste niveau, daarnaast die van het tweede niveau, etcetera.

- In horizontale richting is er logische samenhang: De rechter functies geven antwoord op de vraag: „Hoe wordt deze functie vervuld?“, terwijl naar links kijkend de vraag beantwoord wordt: „Waartoe dient deze functie?“



Figuur 4. Functie-analyse: via stuklijst, zelfstandig naamwoord + werkwoord, functieboom opzetten.

#### 5.4.4. Analysefase

Als de functieboom klaar is stellen we een functie-kosten-matrix samen en wel als volgt:

De horizontale as bevat de deelfuncties uit de meest rechtse kolom. Verticaal staan alle onderdelen en bewerkingen die geld kosten. Als niet precies bekend is wat de inkoop- of maakprijs is van stuknummers of wat de kosten zijn van de bewerkingen, processen en assemblagehandelingen moeten deze ingeschat worden.

Van elk stuknummer wordt door het team ingeschat in welke mate het bijdraagt aan de genoemde functies, uitgedrukt in procenten en vervolgens in centen. Aldus kan van elke functie de kostprijs berekend worden. Naast een kostprijsopbouw uit artikelkosten hebben we nu dus een kostprijs die opgebouwd is uit funktiekosten.

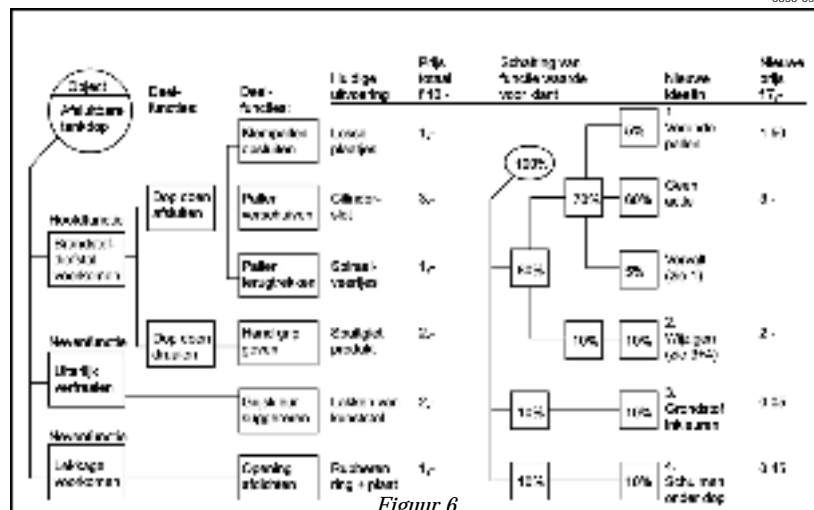
Voor een abstracte weergave van een matrix zie figuur 5.

Voor de constructeur is nu duidelijk wat het *kost* om een bepaalde functie te vervullen. Omgekeerd kan de vraag gesteld worden wat het de klant *waard* zal zijn een bepaalde functie aangeboden te krijgen. We kunnen daar achter komen door de kostprijs van het produkt via de functieboom uit te splitsen over de deelfuncties. Door ons te verplaatsen in de positie van de klant schatten we in hoe hij de waarde van het produkt zal verdelen over de hoofd- en deelfuncties.

	Functie A	Functie B	Functie C	Kosten 100%
Stuk-nummer 1	50%	50%		f 10,-
Stuk-nummer 2			100%	f 5,-
Stuk-nummer 3	20%	40%	40%	f 15,-
Stuk-nummer 4	10%	90%		f 20,-
Functie-kosten	f 10,-	f 29,-	f 11,-	f 50,-

Figuur 5. Functie-kosten-matrix.

We verkrijgen zo een subjectieve *functiewaarde* naast een iets minder subjectieve *kostprijs*. Voor de constructeur dient het vervolgens een nobel streven te zijn om te voorkomen dat de kostprijs groter wordt dan de functiewaarde. Uiteraard geldt dit streven voor het complete produkt; met WA wordt getracht ook op functieniveau dit doel te bereiken. In figuur 6 wordt als voorbeeld een afsluitbare tankdop geanalyseerd naar funktiekosten.



Figuur 6.



Opmerkingen bij figuur 6:

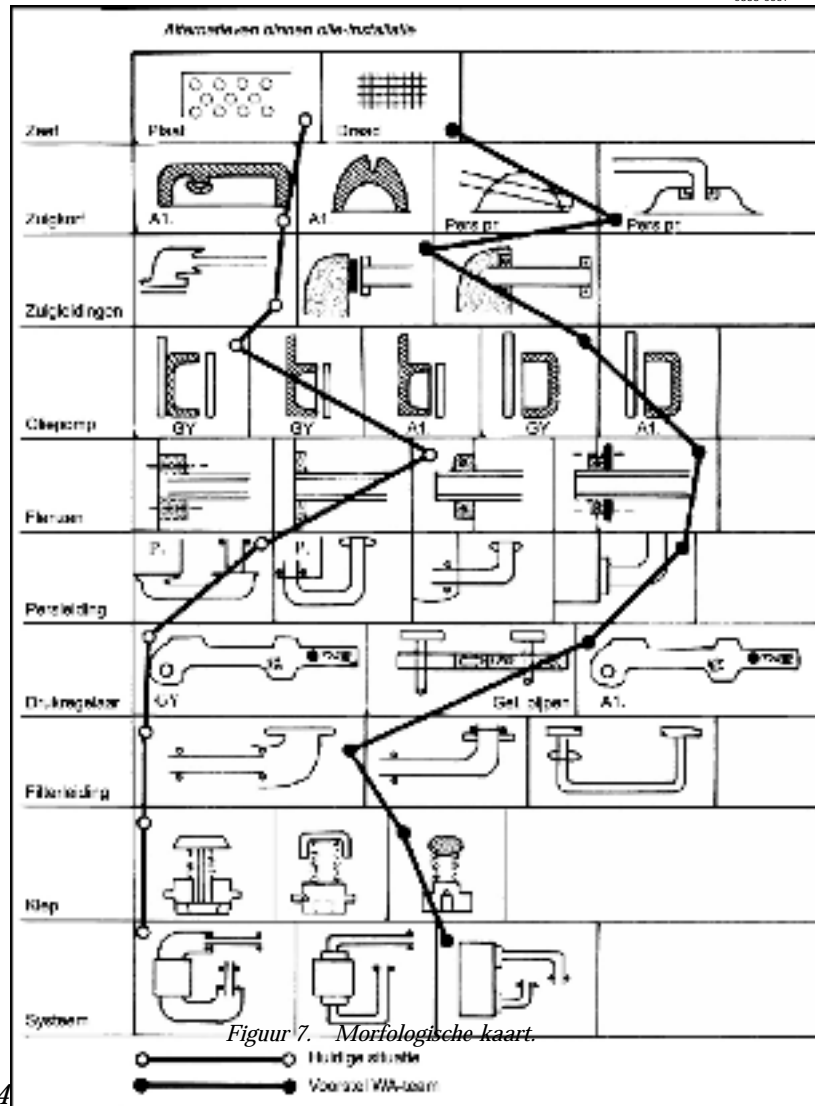
- De klant die f 10,— betaalt voor de dop heeft f 7,— over voor de functie „afsluiten”; deze functie wordt gerealiseerd voor f 5,—. Na WA wordt de functie voor f 4,50 gerealiseerd.
- Lakken kost f 2,—, terwijl de gemiddelde klant maar f 1,— over heeft voor kleurfunctie. Na WA kost deze functie nog maar f 0,05, omdat kunststof wordt ingekleurd in plaats van dop gelakt.
- De kostprijs van hoofd- en nevenfuncties is na WA lager dan de geschatte functiewaarde.

#### 5.4.5. *Creatieve fase*

Nu pas gaat het kostprijsbesparende werk beginnen. Voor elke functie worden alternatieve oplossingen gezocht.

De constructeur beschouwt niet meer het gehele concept maar zoekt oplossingen voor deelfuncties. En de teamleden uit andere disciplines denken met hem mee. Over het al dan niet kunnen combineren van oplossingen voor een aantal functies maken we ons voorlopig niet druk. Er zijn tientallen methoden bekend om tot nieuwe ideeën te komen. Zie hiervoor het hoofdstuk over creativiteit.

Wanneer het stadium van ideeëngeneratie gepasseerd is kan met behulp van een morfologische kaart een geschikte combinatie gezocht worden. Als voorbeeld dient het resultaat van het zoeken naar alternatieven voor inwendige olieleidingen binnen een DAF- motor (zie figuur 7).



5.4

In de evaluatiefase worden verschillende alternatieven met elkaar vergeleken en gewogen. Twee dimensies spelen daarbij een doorslaggevende rol: de functievervulling en de kostprijs.

Evenals de kostprijs is ook de functievervulling in een getal uit de drukken. Natuurlijk zijn technische eisen moeilijk met esthetische wensen te vergelijken. Toch kan een schaal ontworpen worden waarop de performance van een produkt, de prestatie van het

ontwerp, uitgedrukt wordt in een getal. Als zo'n beoordeling toegepast wordt op enkele alternatieve constructies ontstaat een beoordelingsmatrix. We gaan daartoe als volgt te werk (zie figuur 8):

1. Bepaal met het team welke beoordelingscriteria relevant zijn.
2. Geef met het team elk beoordelingscriterium een weegfactor F variërend van 1 (onbelangrijk) tot 10 (zeer belangrijk).
3. Beoordeel elk alternatief volgens elk criterium met een cijfer C variërend van 1 (zeer slecht) tot 10 (uitmuntend).
4. Vermenigvuldig het cijfer C met weegfactor F en bepaal de totale performance P door de produkten  $C * F$  op te tellen per alternatief.

0838-0558

Criterion	Servicevriendelijk	Laag gewicht	Besluitingsbezonnen	Resist. werend	Goed lakbaar	Wijdte van vormgeving	Goed maakbaar	Veermontage	Product performance	
Wegbreder	3	7	6	5	6	7	6	6	tot.	%
1. Stalen SMC	7 21	7 49	5 30	10 50	6 36	7 49	6 36	5 30	345	84%
2. Een deel SMC	5 15	6 42	5 30	10 50	6 36	7 49	6 36	6 36	356	87%
3. Stalen staal	8 24	3 21	8 48	6 30	9 54	5 35	5 30	5 30	276	69%
4. Stalen ABS	7 21	10 70	6 36	10 50	7 42	9 63	6 36	5 30	350	87%
5. Stalen ASA	6 18	10 70	6 36	10 50	10 60	9 63	6 36	5 30	413	102%

Figuur 8. Beoordelingsmatrix koplampbalk.

De performance van elk alternatief heeft nu een waarde P. De fabricagekostprijs (FKP) van elk alternatief heeft een waarde die door de afdeling voorcalculatie ingeschat is.

De FKP is opgebouwd uit de volgende elementen:

- Materiaalkosten/Inkoopkosten.
- Toeslagen (inkoop, transport, emballage e.d.).
- Loonkosten.
- Fabricagekosten (machinekosten, inclusief afschrijvingen).
- Gereedschapskosten inclusief afschrijvingen.

Elke FKP bestaat uit een vast deel (investeringen, kosten codenummer) en een variabel deel (mens, machine, materiaal). Het jaaraantal en de looptijd van een produkt bepaalt mede de FKP.

De performance P en de FKP van elk alternatief kunnen in een matrix uitgezet worden: verticaal de performance P, horizontaal de fabricagekostprijs F. Voor beide entiteiten kan een criterium vastgesteld worden. Het management kan de performance  $P_q$  van een bestaand produkt tot kwaliteitsnorm verheffen en kan voor de FKP een target  $F_t$  stellen.

Wanneer nu veel alternatieven voor een produkt bedacht zijn zal in de P-F-matrix een puntenwolk voorkomen waar doorheen een verticale en een horizontale criteriumlijn gezet kan worden die de puntenwolk in vier gebieden verdeelt:

- Alternatieven die niet aan het kwaliteitscriterium  $P_q$  voldoen en duurder zijn dan de targetprijs  $F_t$  vallen direct af.
- Alternatieven onder de lijn  $P_q$  maar goedkoper dan  $F_t$  komen in aanmerking voor verbeteringen.
- Alternatieven die voldoen aan beide criteria worden nader uitgewerkt (de goedkoopste het eerst).
- Alternatieven die kwalitatief goed zijn maar boven het prijstarget uitkomen geven de meeste hoofdbrekens, zeker als er geen oplossingen voorhanden zijn die aan beide criteria voldoen. De verleiding is dan vaak groot om, onder druk van de tijd, toch maar te kiezen voor de duurdere oplossing en het gestelde kostprijstarget te negeren. Dit is het moment waarop een alert management de ontwerpers moet stimuleren nog eens naar alternatieven te zoeken, ook al duurt het wat langer.

##### *5.5. WA internationaal*

In de Verenigde Staten is SAVE (Society of American Value Engineers) de belangenbehartiger van de ruim 2000 Amerikaanse waardeanalisten. De SAVE-lobby in het congres wil dat in de wet verankerd wordt dat bij contracten met constructiebedrijven gekwalificeerde value-engineers de projecten screenen.

Voor Europa zou dit kunnen gaan betekenen dat aan sommige exportprodukten door de VS de eis gesteld gaat worden dat die produkten mede door waardeanalyse tot stand zijn gekomen.

In 1984 werd het VDI Zentrum Wertanalyse opgericht als onderafdeling van de Verein Deutscher Ingenieure. Een tiental overheids- en industriële organisaties steunt het ZWA, dat momenteel 300 leden telt, verdeeld over 15 regionale kringen in Duitsland en Oostenrijk.

Het ZWA organiseert opleidingen (Grund-, Aufbau- en Weiterbildungsseminare), congressen, lezingen en geeft publikaties uit.

In Frankrijk is AFAV actief (Association Francaise pour l'analyse de la valeur). Met steun van de overheid is AFAV inmiddels gegroeid tot een gerespecteerde organisatie. Ook in België steunt de overheid een WA-organisatie, waarbij inmiddels 60 bedrijven zijn aangesloten. In Italië opereert een actieve landelijke organisatie waarbij ook adviesbureaus zijn aangesloten, echter zonder overheidssteun. Over de Britse organisatie, die vermoedelijk een sluimerend bestaan leidt, is weinig bekend. In Portugal en Spanje begint WA goed van de grond te komen. De Portugese overheid organiseerde in 1988 in Lissabon een congres om daarmee het bedrijfsleven wakker te maken.

In Europees verband zijn onlangs de eerste contacten gelegd. De Europese commissie stelt middelen beschikbaar voor nationale en internationale congressen, werkgroepen, prijzen en uniforme opleidingen. In 1989 vond in Milaan het eerste Europese congres plaats, in 1990 organiseerde Parijs het tweede congres en in 1991 is de Duitse organisatie Europees gastheer.

Waardeanalyse is binnen het Nederlandse bedrijfsleven relatief onbekend. Enkele grote bedrijven hebben waardeanalisten in dienst, die in een landelijke werkgroep ervaringen uitwisselen. De werkgroep wordt gecoördineerd door de DACE-organisatie te Leidschendam.

## **6. Design for Assembly**

Het doel van Design for Assembly is kostprijsbesparing door het doen ontwerpen van een eenvoudiger en goedkoper samengesteld produkt. Door middel van een analyse van de montage, gebaseerd op de eerste schetsen en een voorlopige stuklijst, worden knelpunten in het ontwerp in beeld gebracht. Wanneer een team ontwerpers de methode consequent toepast wordt de creativiteit geprikkeld en ontstaan nieuwe concepten.

In principe kan een constructeur op eigen kracht DFA toepassen. In de praktijk echter wordt doorgaans de hulp ingeroepen van de waarde-analist, die DFA als methode in zijn ransel heeft zitten. Design for Assembly is, evenals Waarde-analyse, een methode om overtollige kosten in het produktontwerp te elimineren.

## R1010-38 Kostprijsbewust ontwerpen

Een ontwerper onder tijdsdruk construeert op veiligheid en niet op optimale kosten. Evenals voor WA is de stelregel bij DFA dan ook: „*Construeer niet zo goed mogelijk maar zo goed als nodig!*”

De methode is gebaseerd op een zeven stappen plan. De eerste stap wordt door de constructeur gezet, de overige stappen worden in teamverband doorlopen. Aan een DFA-onderzoek gaat een actie van het afdelingshoofd vooraf, namelijk:

- Bepalen taak, target, team, termijn.

Vervolgens komen aan bod:

1. Informatiefase: Vergaren specialistische informatie.
2. Visualisatiefase: Opstellen montageschema.
3. Analysefase: Montagetijden en „verdachte” items.
4. Provocatiefase: Aangeven knelpunten.
5. Creatieve fase: Ideeëngeneratie, brainstormtechnieken.
6. Evaluatiefase: Analyseren resultaten.
7. Invoeringsfase: Besparingen, resterende knelpunten.

Net als bij WA kan de opdracht aan de constructeur luiden:

- a. ontwikkel middels DFA van produkt Y1 een variant Y2 die komende 5 jaar geproduceerd gaat worden met jaaraantal 500;
- b. realiseer een kostprijsreductie van 20%;
- c. inviteer specialisten van inkoop, fabricage en laboratorium;
- d. presenteer binnen 4 weken een voorstel.

### 6.1. Informatiefase

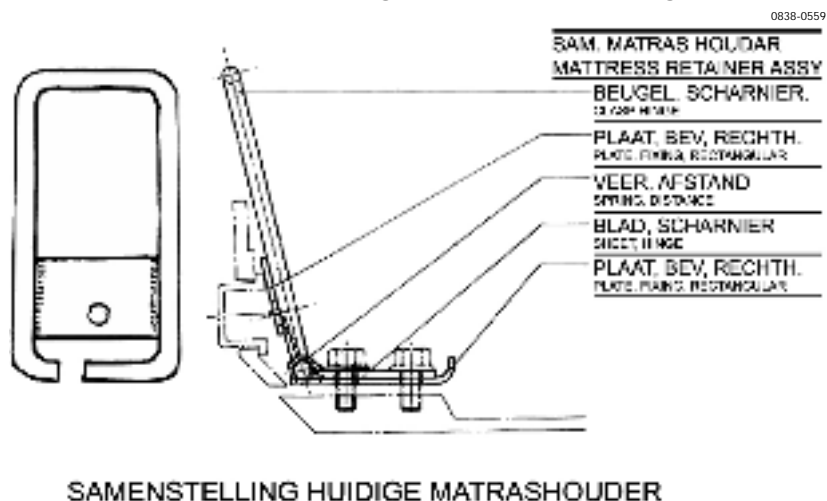
Als voorbereiding op een DFA-onderzoek doet de constructeur het volgende:

- a. Hij verzamelt de eisen waaraan het ontwerp moet voldoen, vertaald in de functies die het produkt moet verrichten.
- b. Hij zorgt voor een eerste uitgewerkte schets van het produkt met stuklijst en bewerkingen.
- c. Hij stelt een concept montageschema op (montagevolgorde).
- d. Hij plant een aantal sessies en roept het team bij elkaar. Doorgaans zijn daarbij aanwezig specialisten op het gebied van fabricage(voorbereiding) en calculatie.

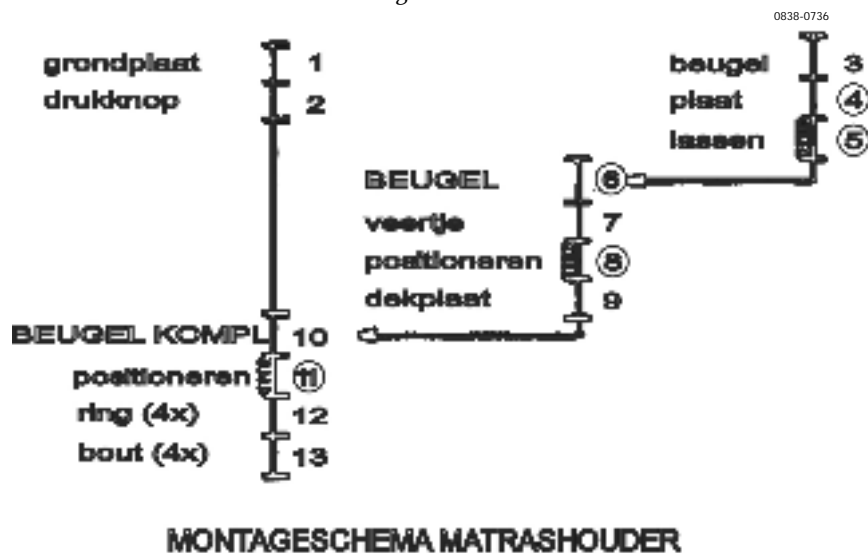
### 6.2. Visualisatiefase

Vanaf deze fase vinden alle activiteiten met het gehele team plaats. Het definitieve montageschema wordt op de volgende wijze vastgesteld:

- Ga er van uit dat de onderdelen één voor één gemonteerd worden. Het montageschema bestaat uit lijnstukjes die zijn genummerd in de montagevolgorde. Zie als voorbeeld figuur 9 met de samenstelling van een matrashouder in de slaapcabine van een vrachtauto en figuur 10 met het montageschema.



*Figuur 9.*



*Figuur 10.*

## **R1010-40** Kostprijsbewust ontwerpen

- Een lijnstukje kan voorstellen:
  - een onderdeel;
  - een sub-assemblage;
  - een bewerking of proces (een bewerking of proces wordt gedefinieerd als een handeling waarbij geen nieuw onderdeel wordt toegevoegd aan het produkt).
- De naam van het onderdeel of de bewerking wordt bij het lijnstukje geschreven. Onderdelen en bewerkingen in kleine letters, sub-assemblages in hoofdletters.
- Een volgnummer wordt gegeven aan elk apart onderdeel of groep identieke onderdelen. Zo wordt de montage van 4 identieke bouten op eenvoudig te bereiken plaatsen als één lijnstukje in het schema getekend. Moet echter één van de 4 bouten op een moeilijk toegankelijke plaats gemonteerd worden, dan krijgt deze een apart nummer.
- Als een onderdeel onmiddellijk na het plaatsen in de samenstelling wordt bevestigd door een bewerking zoals inklikken of buigen, dan krijgen het onderdeel én de bewerking samen één nummer.
- Een sub-assemblage wordt als een apart onderdeel beschouwd en wordt net als een onderdeel aangevoerd en in samenstelling gemonteerd.
- Bewerkingen en processen worden in het montageschema aangegeven met ringetjes langs het lijnstuk. (oooooo)

### *6.3. Analysefase*

We maken tijdens het DFA-proces gebruik van vijf werkbladen:

Werkblad 1: Tijden voor het pakken en plaatsen van produkten.

Werkblad 2: Tijden voor bewerkingen, processen en vastdraaien.

Werkblad 3: Regels om „verdachte” onderdelen op te sporen.

Werkblad 4: Tabel met 7 kolommen voor registratie montageplan.

Werkblad 5: Evaluatieformulier met besparingen.

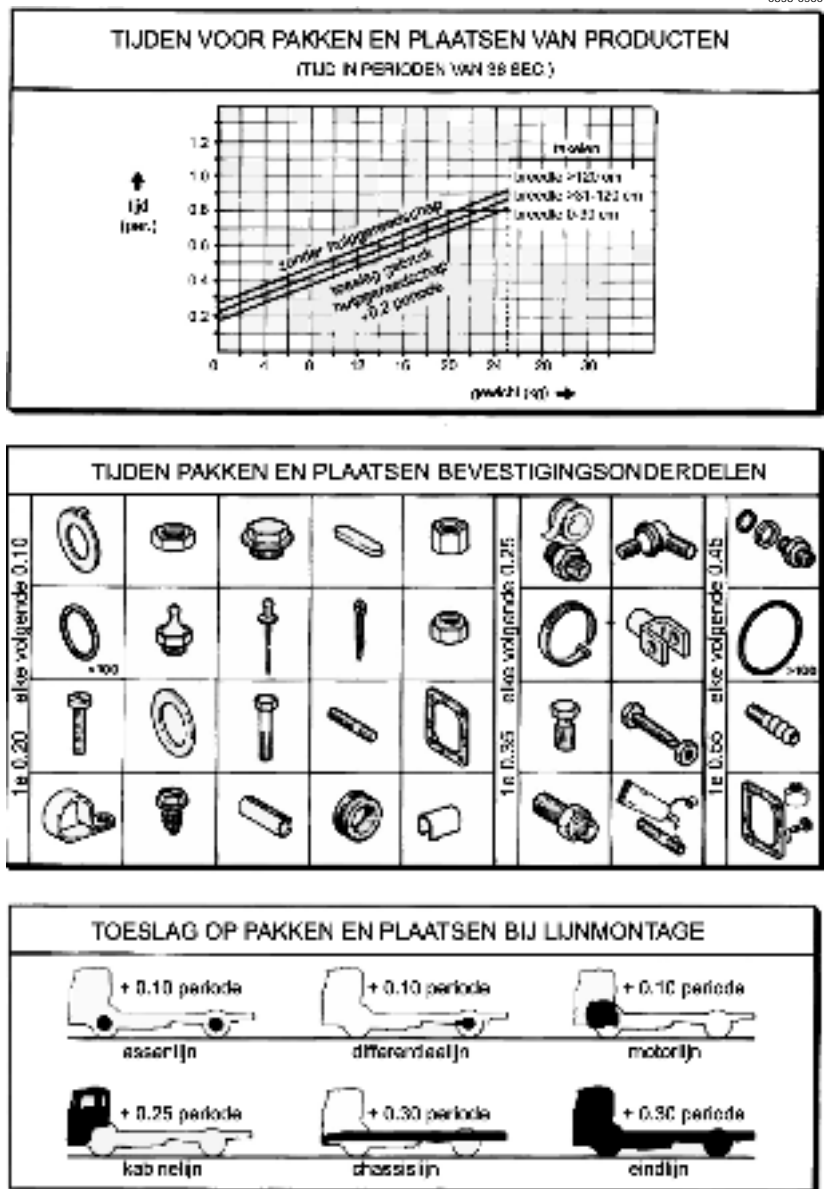
De vijf werkbladen zijn opgenomen onder figuur 11 t/m 15.

De werkbladen 1, 2 en 3 bevatten gegevens die bij het invullen van werkblad 4 geraadpleegd kunnen worden. Werkblad 4 wordt tijdens de analysefase ingevuld en wel als volgt:









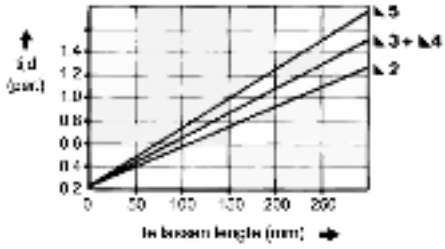
*Kolom 1 (nummer):*

Nummer overeenkomstig de lijnstukken uit het montageschema.





Figuur 11.

TIJDEN VOOR BEWERKING EN PROCESSEN				
(TIJD IN PERIODEN VAN 38 SEC.)				
	Doarsmeren met vet - aangedreven vooras, fuses 0.80 - lagars skeeps 1.00 - trekhaak 0.40			
		Borgen 0.20	Buigen 0.20	Complan in vreesel 0.15
	Indrijven met hamer/slijzer			
	Indrijflengte (mm)		Impersen met handpers 0.20	Klinken 0.20
	0 - 20	21 - 100	101 - 200	Lijmen 0.35
lichte passing	0.15	0.30	0.35	
(middel) zware passing	0.30	0.60	0.90	
			Nabekken met normale tol. tol.	
Lassen				
- insmeren aanlegvlakken	0.15			
				

TIJDEN VOOR VASTDRAAIEN VAN BEVESTIGINGSONDERDELEN									
									
	0.20		0.20		0.25		0.25		0.30
	0.30		0.30		0.40		0.40		0.40
									M4-V17 0.80
									M4-V18 1.75

Figuur 12.

Werkblad 3

BESLISSINGSREGELS DESIGN FOR ASSEMBLY

1. BEWEEGT HET ONDERDEEL IN FUNCTIE T.O.V. NABURIGE ONDERDELEN ZODANIG DAT DE BEWEGING NIET KAN WORDEN GEREALISEERD DOOR ELASTISCHE OF PLASTISCHE MATERIAALEIGENSCHAPPEN?
2. MOET HET ONDERDEEL VAN EEN ANDER MATERIAAL ZIJN OF GEISOLEERD WORDEN T.O.V. REEDS GEMONTEERDE ONDERDELEN?
3. MOET HET ONDERDEEL GESCHIEDEN ZIJN VAN ALLE ANDERE ONDERDELEN OM MONTAGE VAN HET PRODUCT MOGELIJK TE MAKEN?

INDIEN HET ANTWOORD OP ALLE VRAGEN 'NEE' LUIDT DAN HEBBEN WE TE MAKEN MET EEN 'VERDACHT' ONDERDEEL DAT ZICH IN PRINCIPIE LEENT VOOR INTEGRATIE.

Figuur 13.

DESIGN FOR ASSEMBLY *MATRASHOEDER* WERKBLAD 4

1	2	3	4	5	6	7
NR.	OMSCHRIJVING	AANT. IDENT.	TIJDEN WKR.1	TIJDEN WKR.2	TOT. TJD	TIJMIN WKR.3
1	grondplaat	1	0,2		0,2	1
2	draadknop	1	0,2		0,2	1
3	beugel	1	0,2		0,2	1
4	plaat	1	0,2		0,2	
5	knop	2		0,2	0,4	
6	BEUGEL	1	0,2		0,2	
7	schroef	1	0,2		0,2	1
8	positieven.	1		0,2	0,2	
9	deksplaat	1	0,2		0,2	1
10	BEUGEL KOMPLEET	1	0,2		0,2	1
11	positieven	1		0,2	0,2	
12	ring (2x)	4	0,5		0,5	2
13	ring (4x)	4	0,5	0,2	1,2	2
OEM						
MATERIALIEN						
		20			6,4	10

Figuur 14.

## RESULTATEN DFA-ONDERZOEK

DFA-ONDERWERK **MATRASHONDER**  
 DATUM **DEC. '88**

BESPARINGEN			
AANTAL ONDERDELEN	13	3	77%
AANTAL PROCESSEN	3	1	66%
MONTAGETIJD (5')	158	32	80%
FABRICAGEKOSTPRIJS	12,-	4,-	66%

INVOEREN WIJZIGINGEN	
ONTWERPCAPACITEIT	6 DGN
BEPROEVINGSCAPACITEIT	2 "
INVESTERINGEN	5.000,-

ONOPGELOSTE PROBLEMEN

- TEK. DRUGGEROEDSCHAP MAKEN
- INSERTS IN BED SIGNAAL
- BEVESTIGING AAN HEMEL
- OPTIMALISEREN

*Kolom 2 (omschrijving):*

Naam onderdeel of omschrijving proces, waarbij drie regels gelden:

- onderdelen en bewerkingen in kleine letters;
- sub-assemblages in hoofdletters;
- bewerkingen circa 2 cm van de kantlijn (zie fig. 14).

*Kolom 3 (aantal identieke handelingen):*

Aantal identieke montages of bewerkingen die achtereenvolgens plaats vinden.

*Kolom 4 (tijd voor pakken en plaatsen):*

Aan de hand van de tijdnormen van werkblad 1 worden hier de tijden ingevuld voor het uit de voorraad pakken en plaatsen van onderdelen. Voor producten is deze tijd afhankelijk van het gewicht en in mindere mate van de omvang. Voor bevestigingsonderdelen is deze tijd gebaseerd op gemiddelde waarden uit de praktijk van DAF. De tijd wordt uitgedrukt in perioden (1 periode is 36 sec., 1 uur telt 100 perioden). Bij gebruik van hulpgereedschap worden er toeslagen toegekend zoals op het werkblad aangegeven. Ook bij montage aan een produktielijn worden er vooraf vastgestelde toeslagen toegekend, variërend van 0,1 (motorlijn) tot 0,3 periode (eindlijn). Zonodig worden tijden geschat; deze worden gemarkeerd met de letter „S”. De gevonden tijd wordt vermenigvuldigd met het aantal identieke handelingen uit kolom 3.

*Kolom 5 (montagetijd):*

Aan de hand van de tijdnormen van werkblad 2 worden hier de tijden ingevuld voor bewerking en processen en voor het vastdraaien van bevestigingsonderdelen. Werkblad 2 bevat de bij DAF meest voorkomende bewerkingen en processen. Indien nodig wordt een schatting gemaakt, gemarkeerd met de letter „S”. De gevonden tijd wordt vermenigvuldigd met het aantal identieke handelingen uit kolom 3.

Tijden voor het lassen worden verkregen door de tijden van elke las afzonderlijk te bepalen en te sommeren.

De tijden voor het bevestigen van moeren, nippels en dergelijke zijn afgeleid van de tijden bij het monteren met luchtsleutels.

Lakbehandelingen blijven bij DFA buiten beschouwing. Ze spelen uiteraard wel een rol bij het kostprijs technisch afwegen van alternatieven.

*Kolom 6 (totale montagetijd):*

De som van de tijden in kolom 4 en 5.

*Kolom 7 (theoretisch minimum aantal onderdelen):*

Aan de hand van de drie beslissingsvragen van werkblad 3 wordt van elk onderdeel nagegaan of het „verdacht” is of niet. Een verdacht onderdeel kan in theorie worden weggelaten door zijn functies te integreren in een ander onderdeel. Kolom 7 bevat het aantal uit kolom 3 verminderd met het aantal verdachte onderdelen.

*6.4. Provocatiefase*

Voor de tijden in de kolommen 4 en 5 wordt door het team een drempelwaarde vastgesteld. Dit gebeurt arbitrair op grond van de montagetijden die er uit springen. Alle pak-, plaats- en montagetijden waarvan de tijd groter is dan de drempelwaarde komen in aanmerking voor een poging tot verbetering of vereenvoudiging.

Problemen worden nu als volgt in het montageschema aangegeven:

- bij „verdachte” onderdelen volgnummer omcirkelen;
- balk met arcering loodrecht op lijnstuk indien tijd uit kolom 4 groter is dan de gestelde norm;
- balk met arcering richting lijnstuk indien tijd uit kolom 5 groter is dan de gestelde norm.

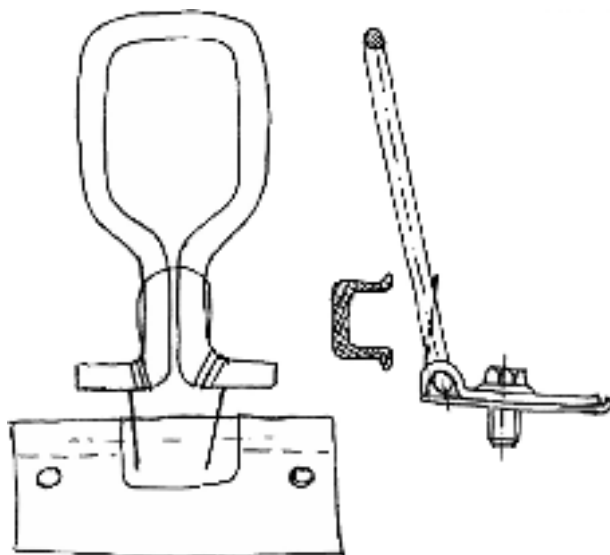
Het verdient aanbeveling om na het aanwijzen van de knelpunten een target-montageboom op te stellen waaruit alle in theorie te integreren delen verwijderd zijn. Deze targetboom kan nog vereenvoudigd worden middels een functie-analyse van de resterende onderdelen (is onderdeel nodig?). Vervolgens kan er doelgericht gezocht worden naar constructieve oplossingen die het targetschema zo veel mogelijk benaderen.

*6.5. Creatieve fase*

Het zoeken naar oplossingen om de verdachte onderdelen van de matrashouder kwijt te raken leidt bijvoorbeeld tot de in figuur 16 geschetste constructie. Een functie-analyse gaat nog een stapje verder en kan leiden tot integratie van de drukknop in de beugel, tot het weglaten van de grondplaat en tot het vervangen van de bouten door een schuif-klik constructie; zie figuur 17. (De ingegoten moeren worden vervangen door ingegoten verende palletjes.) Nog een stapje verder en we belanden bij een verende drukbeugel in de hemel en een neusje in de bedschaal. Het totaal aantal onderdelen voor de matrasophanging is hiermee teruggebracht van meer dan 40 tot 8. De ideeën die leiden tot deze constructie volgen niet

logischerwijze uit het DFA-proces maar ontstaan wel uit het denken over alternatieven voor de „verdachte” onderdelen.

0838-0565



**SAMENSTELLING NA DFA-ANALYSE**

### 6.6. Evaluatiefase

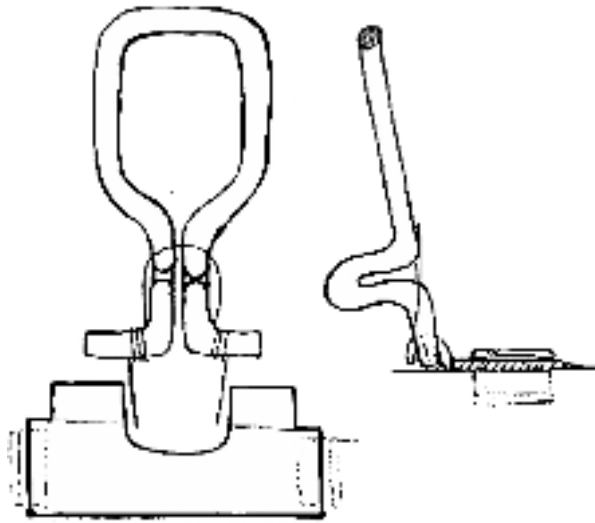
In de evaluatiefase worden verschillende alternatieven met elkaar vergeleken en gewogen. Twee dimensies spelen daarbij een doorslaggevende rol: de functieervulling en de kostprijs. Weging vindt plaats op dezelfde wijze als bij WA in paragraaf 5.4.6 omschreven. DFA is bedoeld om kosten te besparen; het is geen methode om kost wat kost minder onderdelen toe te passen. Als een constructie duurder of service-onvriendelijker wordt door onderdelen te integreren heeft integratie geen zin.

In feite is DFA een geforceerde manier van brainstormen.

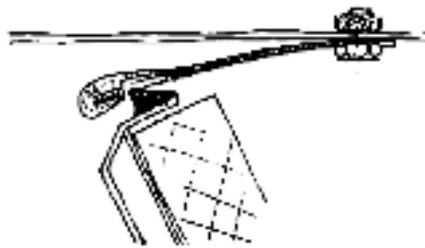
Met behulp van de tijdens de creatieve fase verkregen resultaten kan een nieuw montageschema worden opgesteld.

Problemen die (nog) niet zijn opgelost moeten hierin worden aangegeven op dezelfde manier als bij stap 4.

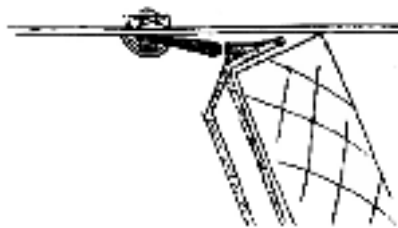
Deze stap is zinvol bij het presenteren van de resultaten van het DFA-team. Bovendien kan het nieuwe montageschema dienen als startpunt van een nader onderzoek in een latere fase indien er bijvoorbeeld functionele aanpassingen moeten plaatsvinden.



REDESIGN NA FUNCTIE-ANALYSE



VERENDE DRUKBEUGEL 1e VERSIE



VERENDE DRUKBEUGEL 2e VERSIE

*Figuur 17.*



**6.7. Invoeringsfase**

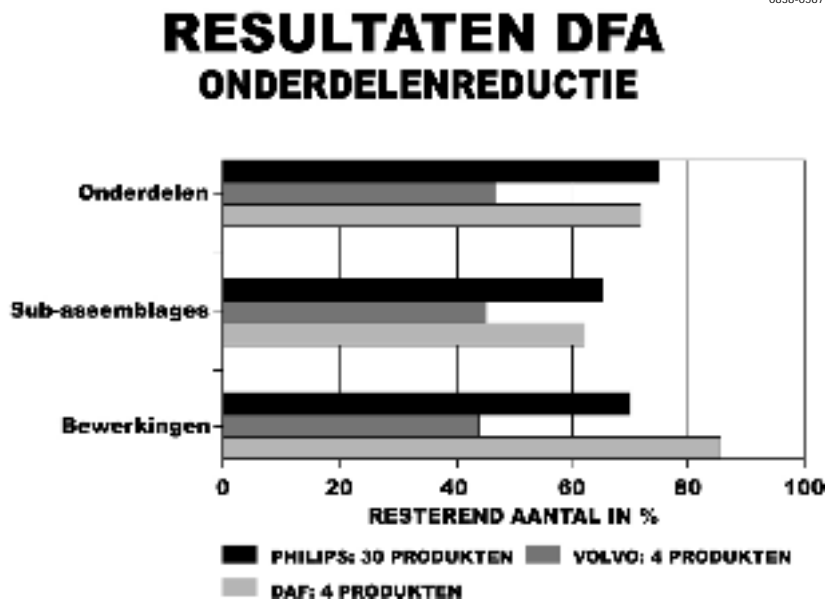
Ten behoeve van de presentatie van de resultaten van het DFA-team kunnen op werkblad 5 vermeld worden:

- besparing op het aantal onderdelen;
- besparing op het aantal processen;
- besparing op de montagetijd;
- besparing op de fabricagekostprijs.

Behalve de besparingen moeten op werkblad 5 ook de (nog) niet opgeloste problemen vermeld worden.

**6.8. Resultaten**

Dat door het toepassen van DFA aanzienlijke besparingen gerealiseerd kunnen worden is evident. In figuur 18 zijn de besparingen aangegeven die afgelopen jaren bij Philips, Volvo en DAF bereikt zijn door het toepassen van DFA op respectievelijk 30, 4 en 4 producten.



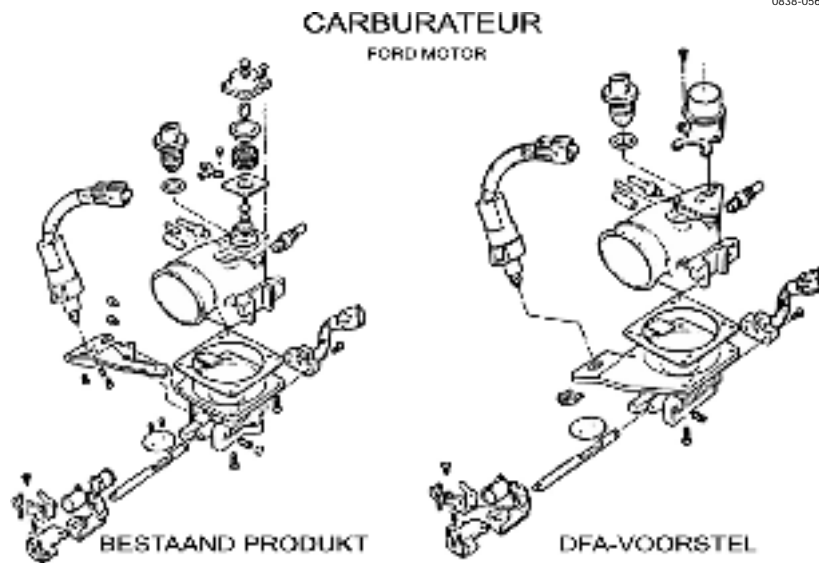
*Figuur 18.*

Bij Ford USA wordt Design for Assembly regelmatig toegepast. Figuur 19 toont het resultaat van DFA op een carburateur; er werd een besparing op de kostprijs bereikt van 25%.

**R1010-50** Kostprijsbewust ontwerpen

Natuurlijk is DFA niet de enig zaligmakende methode om een produkt te optimaliseren. Het is wel een snelle methode vanwege de eenvoudige systematiek. Een vuistregel is dat bij het optimaliseren van een nieuw produkt ongeveer 75% van de mogelijke besparingen reeds door DFA in kaart gebracht kan worden. Door middel van waardeanalyse kan het resterende deel worden verdiend.

0838-0568



*Figuur 19.*

Maximaal rendement van de methode wordt verkregen indien de volgende aanbevelingen in acht worden genomen:

1. Zorg dat DFA structureel en niet ad hoc wordt ingepast.
2. Zorg dat de methode bekend raakt door middel van korte cursussen.
3. Pas het consequent toe op alle produkten.
4. Draag er zorg voor dat de procedure volledig doorlopen wordt.
5. Zorg dat de resultaten binnen het bedrijf openbaar worden.

**7. Procedure FMEA***Samenvatting procedure voor Failure Mode Effect Analyse**Doel:*

FMEA is een hulpmiddel om de mogelijke fouten te verzamelen die gemaakt kunnen worden bij de ontwikkeling of productie van een component. Mede met het oog op nieuwe wetgeving aangaande produktaansprakelijkheid is het doorlopen van de FMEA-procedure en het zorgvuldig vastleggen van de resultaten nodig.

*Stappenplan:*

1. Verzamel voor de te onderzoeken producten alle relevante gegevens zoals specificaties, toepassingen, planningsaantallen, tekeningen, stuklijsten, kostprijzen.
2. Per produkt wordt een lijst van onderdelen opgesteld.
3. Per onderdeel wordt nagegaan:
  - a. welke mogelijke fouten kunnen optreden?
  - b. wat zijn de mogelijke gevolgen van die fouten?
  - c. wat zijn de mogelijke oorzaken van die fouten?
4. De mogelijke fouten worden volgens drie criteria ingeschaald:
  - a. *De kans van optreden van een fout (Pf):*

Zeer gering; onwaarschijnlijk dat fout optreedt	1
Gering; constructie redelijk betrouwbaar principe	2, 3
Matig; probleemmeldingen te verwachten wegens overeenkomsten met bekende problematische produkten	4, 5, 6
Hoog; sterke gelijkenis op produkt met veel problemen	7, 8
Zeer hoog; vrijwel zeker optreden fout; grote aantallen	9, 10
  - b. *De betekenis van de gevolgschade (Pb):*

Klant zal fout waarschijnlijk niet ontdekken	1
Fout is onbeduidend; klant merkt er weinig van	2, 3
Enige ontevredenheid bij klant; lichte irritaties	4, 5, 6
Grote ontevredenheid; enkele functies vallen uit	7, 8
Veiligheid of wettelijke eisen komen in het gedrang	9, 10
  - c. *De kans op ontdekking van een fout vóór aflevering (Po):*

Zeer hoog	1
Hoog	2, 3
Matig	4, 5, 6

## **R1010-52** Kostprijbewust ontwerpen

Gering	7, 8
Zeer gering	9, 10

5. Per mogelijke fout wordt een risico-prioriteitsgetal (RPG) bepaald door met elkaar te vermenigvuldigen:
  - a. de kans van optreden van een fout (Pf);
  - b. de betekenis van de gevolgschade (Pb);
  - c. de kans op ontdekking van een fout vóór aflevering (Po).
6. Op grond van het RPG ( $= Pf \times Pb \times Po$ ) wordt bepaald ten aanzien van welke fouten maatregelen worden genomen. Per fout kan dat zijn:
  - wijziging constructie, leverancier of fabricagemethode;
  - voorstel om controles in te bouwen;
  - accepteren van de fout.
7. De genomen maatregelen worden schriftelijk vastgelegd en voorzien van het commentaar van de betrokken afdelingen. Nadat de maatregelen getroffen zijn wordt een nieuwe inschaling gemaakt.

### **8. Ervaringen van enkele waarde-analisten**

Binnen de werkgroep waarde-analyse van DACE wisselen een tiental waarde-analisten uit Nederlandse bedrijven regelmatig ervaringen uit. Enkele van de deelnemers geven hier hun kijk op waarde-analyse en aanverwante zaken.

*Ing. J. A. de Bakker, waarde-analist bij Volvo Car bv*

Werkt al 20 jaar bij Volvo, waarvan 8 jaar als waarde-analist.

„Een waarde-analist moet goed kunnen luisteren, ideeën kunnen oppikken; hij moet tegelijk kunnen prikkelen en gerichte vragen stellen. Het werk van de constructeur wordt daardoor niet opgehouden, integendeel: door het methodies ontwerpen verbetert de communicatie, door een planmatige aanpak versnelt het project, door de brainstormtechnieken wordt men innovatiever.

Bij onze aanpak hebben we twee insteken: Op de eerste plaats geven wij veel aandacht aan het vastleggen van de plus- en minpunten van de produkten van de concurrent. Kostenreductie via produktvergelijk. Op de tweede plaats streven we naar balans tussen kwaliteit en prijs, naar balans tussen enerzijds de functie, de appreciatie door de klant, de verkoopwaarde en anderzijds de uitvoering, de kosten.”

*Ir. P. J. Blankevoort, waarde-analist bij Philips*

De heer Blankevoort was voorzitter van de landelijke werkgroep waarde-analyse van DACE.

„Bij het management bestaan misverstanden over WA; sommigen zien het uitsluitend als een methode om kosten te besparen. Maar het is meer: het geeft een analyse van gevraagde functies, geleverde functies, alternatieven en kosten. Op grond van die analyse kan het management beslissingen nemen. Bij Philips pakken we zo de diversificatie aan van tv's en allerhande afstandsbedieningen.

Je ziet in de moderne managementtechnieken het functiedenken en de multidisciplinaire aanpak van produktontwikkeling steeds meer van de grond komen, alleen de naam is anders. Het heet bijvoorbeeld Design For Marketing, een deftige naam voor een WA-achtige aanpak van produktanalyse en -ontwerp.”

*J. W. C. Walravens, directeur Industrial Eng. Consultants*

Ruim twintig jaar houdt de heer Walravens zich bezig met het verbeteren van produktiviteit en kwaliteit in de produktie, aanvankelijk als arbeidsanalist en de laatste twaalf jaar als zelfstandig consultant. „In optimalisatie van produktie is weinig meer te halen; het produktontwerp is belangrijk. De laatste jaren zie ik bij bedrijfsleiders de tendens om de aandacht te verleggen naar het voortraject. Met slim en verstandig construeren zijn aanzienlijke besparingen te realiseren, meer dan met de laatste procentjes arbeidsproduktiviteit in de werkplaats. In mijn praktijk pas ik WA meestal toe nadat ik met DFA, als grove zeef, 80% van de te verwachten besparingen behaald heb. De moeilijke vragen ga ik daarna met WA te lijf.”

*Ir. H. W. J. Muller, waarde-analist bij Fokker bv*

Sedert tien jaar bekleedt de heer Muller de functie van hoofd afdeling Value Engineering van Fokker te Schiphol.

„Ofschoon kosten belangrijk zijn is het niet het primaire doel van WA om (produktie)kosten te verlagen. Eerder wordt er bij Fokker gestreefd naar hogere kwaliteit door afweging van verschillende eisen. In de ontwerpfase, waarin 70% van de totale produktkosten worden vastgelegd, blijkt WA veel effectiever te zijn dan in het stadium van het produceren van delen. Goede samenwerking tussen waarde-analist en constructeur is daarbij een vereiste.”

*J. J. M. Hanssen, Daf Trucks bv*

Ongeveer vijf jaar is de heer Hanssen als waarde-analist bij Daf Trucks te Eindhoven actief geweest. „Bij Daf doen we al vijftien jaar aan waarde-analyse. Er waren gemiddeld twee waarde-analisten in

## **R1010-54** Kostprijsbewust ontwerpen

functie die, naast het dagelijkse advieswerk, jaarlijks enkele tientallen projecten onder handen namen. Door WA werd telkens een besparingspotentie van gemiddeld ruim twee miljoen gulden per jaar zichtbaar gemaakt. Gesommeerd over de duur van de lopende projecten levert dat jaarlijks een aanzienlijk bedrag op. Naast besparingen op kostprijs is ook veel aandacht besteed aan gewichtsbesparingen van de voertuigen. De jonge constructeurs raken door het toepassen van de methode enthousiast. Bijkomend voordeel is dat de deelnemers sneller informeel contact maken en dat men meer begrip krijgt voor elkaars problemen”.

### **9. Adressen**

*AFAV (Association Française pour l'analyse de la valeur)*  
Tour Europe, Cedex 7  
92080 Paris la Défense, France.

*Stichting DACE (Dutch Association of Cost Engineers)*  
Werkgroep Waarde-analyse (Doel: Ervaringen uitwisselen en bijdragen om begrip WA in praktijk te concretiseren)  
Secretaris: J. C. van Haarlem  
Postbus 443  
2260 AK Leidschendam, tel. (070) 3 20 04 00.

*VDI Zentrum Wertanalyse*  
Postfach 1139  
D-4000 Düsseldorf 1, West-Duitsland.

### **10. Literatuur**

- Koestler, Arthur, *The act of Creation*, The Anchor Press Ltd, Tiptree, Essex, Great Britain.
- Rawlinson, J. Geoffrey, *Creatief denken en brainstormen*, ISBN 90 274 1861 6, Marka paperback, Het Spectrum/Utrecht.
- Rozenburg, N. F. M. en J. Eekels, *Produktontwerpen structuur en methoden*, ISBN 90 5189 067 2, Lemma, Utrecht, 1991.
- Vanosmaelen, Prosper en Roger De Bruyn, *Handboek voor creatief denken*, ISBN 90 289 0938 9, Uitgeverij de Nederlandse Boekhandel Antwerpen/Amsterdam.
- WERTANALYSE Idee-Methode-System*, 1981, ISBN 3-18-400513-5, VDI-Verlag GmbH, Postfach 1139, D-4000 Düsseldorf 1, West-Duitsland.