

Onderhoudsmanagement



In a more positive vein, maintenance is a science since its execution relies, sooner or later, on most or all of the sciences. It is an art because seemingly identical problems regularly demand and receive varying approaches and actions and because some managers, foremen, and mechanics display greater aptitude for it than others show or even attain. It is above all a philosophy because it is a discipline that can be applied intensively, modestly, or not at all, depending upon a wide range of variables that frequently transcend more immediate and obvious solutions. Moreover, maintenance is a philosophy because it must be as carefully fitted to the operation or organization it serves as a fine suit of clothes is fitted to its wearer and because the way it is viewed by its executors will shape its effectiveness.

Lindley R. Higgins

“How much should one maintain one’s own motorcycle? It seems natural and normal to me to make use of the small tool kits and instruction booklets supplied with each machine, and keep it tuned and adjusted myself ... there is no manual that deals with the real business of motorcycle maintenance, the most important aspect of all. Caring about what you are doing is considered either unimportant or taken for granted.”

Robert M. Pirsig, Zen and the Art of Motorcycle Maintenance



Inhoud

1. VOORWOORD.....	9
2. CURSUSPLAN.....	10
2.1. VISIE OP HET VAK	10
2.2. BEGINSITUATIE EN BEPALING VAN DE DOELGROEP	10
2.3. LEERPLANDOELSTELLINGEN	10
2.4. EVALUATIE	11
3. INLEIDING.....	12
3.1. DE UITDAGING VAN HET ONDERHOUD	12
3.2. ENKELE CIJFERS.....	13
3.3. WELKE ELEMENTEN ZIJN KWALITEITSBEPALEND BIJ ONDERHOUD IN EEN PRODUCTIEOMGEVING?	14
3.3.1. De te onderhouden uitrustingen (de onderhoudsobjecten)	15
3.3.2. Onderhoudsorganisatie en -beheer.....	15
3.3.3. Materiële middelen voor het onderhoud	16
3.3.4. De menselijke middelen.....	16
3.3.5. De werkomgeving.....	16
4. DE ONDERHOUDSFUNCTIE	18
4.1. DEFINITIE	18
4.2. WELKE ZIJN DE OBJECTIEVEN VAN HET ONDERHOUD?	19
4.3. WELKE ZIJN DE BESTAANDE ONDERHOUDSVORMEN?	19
4.3.1. Het conceptueel onderhoud.....	20
4.3.2. Preventief onderhoud.....	20
4.4. DE ACTIVITEITEN VAN EEN ONDERHOUDSDIENST	21
4.4.1. De onderhoudsmethoden.....	22
4.4.2. Studies en nieuwbouw	22
4.4.3. Werkvoorbereiding.....	23
4.4.4. Werkprogrammering - werksturing - opvolging van werken in uitvoering.....	23
4.4.5. De uitvoering van het werk	24
4.4.6. De controle van het uitgevoerde werk.....	24
4.4.7. Het stockbeheer en de onderhoudsmagazijnen	24
4.4.8. Het beheer van het onderhoudspersoneel	25
4.4.9. Het opvolgen van onderhoudskosten en financiële aspecten	25
4.4.10. De uitbating van de nutsvoorzieningen.....	26
4.4.11. Het onderhoudsbeheer	26
4.5. DE ONDERHOUDSNIVEAUS	27
4.5.1. 1ste niveau (of echelon)	27
4.5.2. 2de niveau	27
4.5.3. 3de niveau	28
4.5.4. 4de niveau	28
4.5.5. 5de niveau	28
5. THEORETISCHE BESCHOUWINGEN	30
5.1. FALINGSDISTRIBUTIES	30
5.1.1. Inleiding.....	30
5.1.2. Faling: definitie.....	30
5.1.3. Falingsdistributies	31
5.2. WAARSCHIJNLIJKHEIDSFUNCTIES	34
5.3. FALINGSPATRONEN.....	35
5.3.1. De badkuipcurve	37



5.4.	GEGEVENSVERZAMELING EN -VERWERKING	39
5.4.1.	<i>Datacollectie</i>	39
5.5.	BETROUWBAARHEID EN ONDERHOUD	40
5.5.1.	<i>Benaderingswijzen</i>	41
5.5.2.	<i>Mathematische formulering</i>	41
5.5.3.	<i>Bepaling van betrouwbaarheid</i>	41
5.5.4.	<i>Berekeningen gebaseerd op componentgedrag</i>	44
5.6.	ONDERHOUDBAARHEID	47
5.7.	VEREENVOUDIGDE BEGRIPPEN I.V.M. ONDERHOUDBAARHEID - BETROUWBAARHEID - BESCHIKBAARHEID	48
5.7.1.	<i>Enkele definities</i>	48
5.7.2.	<i>MTBF</i>	49
5.7.3.	<i>MTTR</i>	50
5.7.4.	<i>Relatie tussen betrouwbaarheid, onderhoudsvriendelijkheid en beschikbaarheid</i>	51
5.8.	FMECA - RISK ANALYSIS - HAZOP	52
5.8.1.	<i>Criticiteitsanalyse FMECA (Failure mode, their effects and criticality analysis)</i>	52
5.8.2.	<i>Risicoanalyse (Risk analysis)</i>	54
5.8.3.	<i>Operationele criticiteitsstudie HAZOP (HAZard and OPerability study)</i>	54
5.9.	OVERAL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (O.E.E)	55
6.	ONDERHOUDSBELEID	59
6.1.	BEDRIJFSBELEIDSPAN EN ONDERHOUDSBELEIDSPAN	59
6.2.	BEKENDE ONDERHOUDSMODELEN	62
6.2.1.	<i>LCC /LCP (zie ook Hoofdstuk 15)</i>	62
6.2.2.	<i>PM</i>	62
6.2.3.	<i>Terotechnology</i>	62
6.2.4.	<i>RCM (zie ook Hoofdstuk 16)</i>	63
6.2.5.	<i>TPM (zie ook Hoofdstuk 17)</i>	63
6.2.6.	<i>TAM</i>	64
6.2.7.	<i>TUE</i>	64
6.3.	ONDERHOUDSSTRATEGIEËN EN TECHNISCH ONDERHOUDSCONCEPT	64
7.	ORGANISATIE VAN HET ONDERHOUD	66
7.1.	HOE ZIET EEN ORGANOGRAM VAN DE ONDERHOUDSDIENST ERUIT?	66
7.1.1.	<i>Organisatieprincipes voor het onderhoud</i>	66
7.1.2.	<i>Invloedsfactoren</i>	66
7.1.3.	<i>Plaats van de onderhoudsafdeling in de organisatorische structuur van het bedrijf</i>	67
7.1.4.	<i>Onderhoudsstructuur</i>	67
7.2.	HOE MAAKT U EEN ORGANOGRAM VAN HET ONDERHOUD?	68
7.3.	BASISORGANOGRAMMEN	69
7.3.1.	<i>Eerste stap</i>	69
7.3.2.	<i>Tweede stap</i>	71
7.3.3.	<i>Derde stap</i>	73
7.3.4.	<i>Vierde stap</i>	74
8.	ONDERHOUDSPLANNING	75
8.1.	WAT MOET U PLANNEN IN ONDERHOUD?	75
8.1.1.	<i>Inleiding</i>	75
8.1.2.	<i>De planning van het preventief onderhoud (GAO en TAO)</i>	76
8.1.3.	<i>De smeerplanning</i>	78
9.	INFORMATIESYSTEMEN IN HET ONDERHOUDSBEHEER	79
9.1.	WELKE ZIJN DE INFORMATIEDRAGERS?	79
9.1.1.	<i>Technische gegevens van de uitrustingen</i>	79
9.1.2.	<i>Instructies en informatie aangaande de werkaafhandeling</i>	79
9.1.3.	<i>De gegevens over het historiek van de machine</i>	80



9.1.4.	Formulieren gebruikt voor de gegevensverzameling aangaande de wisselstukken.	80
9.2.	INFORMATIEKRINGLOPEN	81
9.2.1.	Informatiekringloop van de werkaafhandeling	81
9.2.2.	Informatiekringloop van de wisselstukken	82
10.	ONDERHOUDSMETHODES	84
10.1.	INLEIDING	84
10.2.	INVENTARIS VAN DE ONDERHOUDSOBJECTEN DOOR MIDDEL VAN EEN BOOMSTRUCTUUR	84
10.3.	MACHINEHISTORIEKEN	85
10.3.1.	Wat zijn machinehistorieken?	85
10.3.2.	Hoe bouwt men machinehistorieken op?	86
10.3.3.	Wie bouwt de machinehistorieken op?	86
10.3.4.	Wat doet men met de machinehistoriek?	86
10.4.	INSPECTIEPROGRAMMA'S	87
10.4.1.	Inleiding	87
10.4.2.	Opmaken van het inspectieprogramma	87
10.4.3.	Planning van inspectieronden	88
10.4.4.	Organisatorische aspecten	89
10.5.	PERIODIEKE ONDERHOUDSPROGRAMMA'S	89
10.6.	HET VERBETEREN VAN DE O.E.E.	89
10.7.	EVALUATIE EN TECHNISCHE ANALYSES	91
11.	TECHNISCHE DOCUMENTATIE	93
11.1.	DE PROBLEMATIEK VAN DE TECHNISCHE DOCUMENTATIE VOOR HET ONDERHOUD	93
11.1.1.	Goede technische documentatie is een noodzaak	93
11.1.2.	Situatie in de bedrijven	93
11.2.	DOELSTELLINGEN VAN DE TECHNISCHE DOCUMENTATIE	94
11.2.1.	Tijdens de uitvoering van het project	94
11.2.2.	Tijdens de uitbating	94
11.3.	WELKE TECHNISCHE DOCUMENTATIE BESTAAT ER VOOR ONDERHOUDSDOELEINDEN?	95
11.3.1.	Soorten documentatie	95
11.3.2.	Structuur van de documentatie	96
11.4.	DOCUMENTATIEBEHEER	98
11.4.1.	Inleiding	98
11.4.2.	Nummering van de documentatie	98
11.4.3.	Enkele praktische opmerkingen	99
12.	(HER)BEVOORRADING EN MAGAZIJNEN	100
12.1.	INLEIDING	100
12.2.	LEVENSLOOP VAN EEN MATERIEEL	102
12.3.	DE INITIËLE BEVOORRADING	103
12.4.	HERBEVOORRADING	104
12.4.1.	Niet-geserialiseerd niet-herstelbaar materieel	104
12.4.2.	Niet-geserialiseerd herstelbaar materieel	104
12.4.3.	Geserialiseerd materieel	105
12.5.	DE HERBEVOORRADINGSSYSTEMEN	105
12.5.1.	Niet-geserialiseerd niet-herstelbaar materieel	105
12.5.2.	Aanschaf van het materieel	108
12.6.	VOORRADEN	108
13.	MAGAZIJN	110
13.1.	DEFINITIE	110
13.2.	INDELING VAN HET MAGAZIJN	110
13.2.1.	Ruimte voor ontvangst	110
13.2.2.	Opslagruimten	110



13.2.3.	Quarantaine ruimte.....	111
13.2.4.	Ruimte voor verzending.....	111
13.2.5.	Plaats voor uitgave van materieel.....	111
13.2.6.	Burelen.....	111
13.3.	INDELING VAN DE OPSLAGRUIMTEN	111
13.3.1.	Zone	111
13.3.2.	Lokalisatie.....	111
13.3.3.	Methoden.....	112
14.	ONDERHOUDSBEHEER	115
14.1.	WAT ZIJN DE BEHEERSINSTRUMENTEN EN HOE WORDEN ZE GEBRUIKT?	115
14.2.	PERFORMATIE-INDICATOREN	116
14.2.1.	Economische ratio 's.....	116
14.2.2.	Technische ratio 's.....	117
14.3.	STUURBOORDTABELLEN	120
14.3.1.	Opstellen van de stuurboordtabel	120
14.3.2.	De gebruikers van de stuurboordtabel.....	120
14.3.3.	De stuurboordtabel als tool voor het onderhoudsbeheer.....	121
14.4.	COMPUTERONDERSTEUND ONDERHOUDSBEHEER	121
14.4.1.	Inleiding.....	121
14.4.2.	Functionaliteiten	122
14.4.3.	Voorbereiding voor informatiseren van het onderhoud.....	123
14.4.4.	Hoe maakt u een keuze uit het ruime aanbod aan pakketten ?.....	124
14.4.5.	Conclusies.....	124
15.	LIFE CYCLE COST (LCC)	126
15.1.	LIFE CYCLE COST EN OPTIMALISATIE VAN DE LEVENSCYCLUS VAN ONDERHOUDSOBJECTEN	126
15.2.	“LIFE-CYCLE COST”-CONCEPTEN	128
15.2.1.	Definitie.....	128
15.2.2.	Kosteneffectiviteit (“cost-effectiveness”).....	128
15.2.3.	De kostenijtsberg.....	130
15.2.4.	De kostenboom.....	130
15.2.5.	Gebruik van de kostenboom	131
15.2.6.	Impact op de LCC tijdens de levenscyclus	131
15.2.7.	“Life-cycle cost” en “integrated logistic support”	132
15.2.8.	Het modellenennetwerk.....	133
15.2.9.	“Life-cycle cost” en “total quality management”	134
15.2.10.	Besluiten.....	135
15.3.	INVESTERINGSANALYSES EN LCC	135
15.3.1.	Invalshoeken voor investeringsanalyses	135
15.3.2.	Het investeringsproces.....	136
15.3.3.	Moeilijkheden bij het gebruik van LCC-analyses	136
15.4.	DE GENERIEKE LCC-ANALYSE	137
15.4.1.	De stappen van de generieke LCC-analyse.....	137
15.4.2.	Doelstellingen van de analyse.....	138
15.4.3.	Identificatie van de alternatieven.....	139
15.4.4.	Ontwikkeling van een kostenboom	140
15.4.5.	Selectie van een kostenmodel	142
15.4.6.	Ontwikkeling van de kostenestimaties.....	142
15.4.7.	Opstellen van de kostenprofielen	142
15.4.8.	Uitvoeren van een globale analyse	142
15.4.9.	Uitvoeren van een “breakeven”-analyse	143
15.4.10.	Identificatie van de kostendrijvers en de oorzaken ervan	144
15.4.11.	Uitvoering van gevoeligheidsanalyses	144
15.4.12.	Uitvoering van risico-analyses	145



15.4.13.	<i>Keuze van het beste alternatief</i>	145
15.4.14.	<i>Besluiten</i>	147
15.5.	SCHATTINGSMETHODES VOOR KOSTEN	147
15.5.1.	<i>Categorieën schattingsmethodes</i>	148
15.5.2.	<i>Vóórcalculatiemethodes</i>	148
15.5.3.	<i>Nacalculatiemethodes</i>	149
15.5.4.	<i>Besluiten</i>	149
15.6.	LCC-ALTERNATIEVEN EN -AANVULLINGEN	149
15.6.1.	<i>Investeringsanalyses</i>	149
15.6.2.	<i>"Strategic cost management"</i>	150
15.6.3.	<i>Besluiten</i>	150
16.	RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)	152
16.1.	INLEIDING	152
16.2.	WAT IS RCM?	152
16.3.	HET RCM ASSESSMENTPROCESS	152
16.3.1.	<i>Stap 1: Selecteer sleutelafdelingen van het bedrijf</i>	152
16.3.2.	<i>Stap 2: Bepaal de sleutelfuncties en productiviteitsdoelstellingen</i>	153
16.3.3.	<i>Stap 3: Bepaal de mogelijke functionele falingen</i>	153
16.3.4.	<i>Stap 4: Bepaal de waarschijnlijke falingsmodes en hun effect</i>	154
16.3.5.	<i>Stap 5: Selecteer uitvoerbare en effectieve onderhoudstactieken</i>	154
16.3.6.	<i>Stap 6: Voer de geselecteerde onderhoudstactieken uit</i>	155
16.3.7.	<i>Stap 7: Verbeter de tactieken en het algemeen programma</i>	155
17.	TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)	156
17.1.	INLEIDING	156
17.2.	WAT IS TPM?	156
17.3.	HET TPM WIEL EN DE INVOERING	158
18.	UITBESTEDING	159
18.1.	ONDERHOUDSCONSULTANTS	159
18.2.	ONDERHOUDSFIRMA'S	160
19.	ONDERHOUD EN ONTWIKKELINGSLANDEN	162
Exhibit 3.1:	Onderhoud in relatie met de omgeving.	13
Exhibit 3.2:	Kwaliteitsbepalende elementen van het onderhoud.	15
Exhibit 4.1:	Eerste mogelijke indeling onderhoud.	19
Exhibit 4.2:	Tweede mogelijke indeling onderhoud.	20
Exhibit 4.3:	Het netwerk van onderhoudsgebeurtenissen.	29
Exhibit 5.1:	Hiërarchie van de componenten in een industriële installatie.	31
Exhibit 5.2:	Continue functies.	33
Exhibit 5.3:	De Weibull functie.	37
Exhibit 5.4:	Verdeling in % volgens falingspatroon.	37
Exhibit 5.5:	Falingspatronen.	38
Exhibit 5.6:	Risicodragende elementen.	40
Exhibit 5.7:	"Weerstand - Belasting" model.	43
Exhibit 5.8:	Complex systeem: voorbeeld.	47
Exhibit 5.9:	Betrouwbaarheid- en onderhoudbaarheidsprogramma's.	48
Exhibit 5.10:	Grafische relatie tussen betrouwbaarheid, onderhoudsvriendelijkheid.	51
Exhibit 5.11:	Hypothetisch beschikbaarheidsooppervlak.	52
Exhibit 5.12:	Typevoorstelling van een risicoanalyse.	54
Exhibit 5.13:	O.E.E. als analyse van de verliestijden.	57
Exhibit 6.1:	De elementen van een onderhoudsbeleidsplan.	60



Exhibit 7.1: De meest eenvoudige onderhoudsstructuur.....	70
Exhibit 7.2: Structuur stap 2.....	72
Exhibit 7.3: Structuur stap 3.....	73
Exhibit 7.4: Finale structuur.....	74
Exhibit 12.1: De bevoorradingsmodellen.....	101
Exhibit 12.2: Stockhoogte bij SMI.....	102
Exhibit 12.3: De levensloop van een materieel.....	103
Exhibit 12.4: De bestelmethode.....	107
Exhibit 15.1: Kosten tijdens de levenscyclus.....	127
Exhibit 15.2: Levenscyclus van een systeem.....	128
Exhibit 15.3: Basisingredienten van kosteneffectiviteit.....	129
Exhibit 15.4: Opstellen van kostenprofielen.....	131
Exhibit 15.5: Ontwikkeling van een “integrated logistic support”-plan.....	133
Exhibit 15.6: Modellenetwerk voor LCC-berekeningen.....	134
Exhibit 15.7: De basisstappen in een LCC-analyse.....	138
Exhibit 15.8: Het evaluatieproces van alternatieven.....	139
Exhibit 15.9 : “Cost Breakdown Structure”.....	141
Exhibit 15.10 :”Reliability” versus LCC.....	143
Exhibit 15.11: “Breakeven”-analyse voor een investering (“pay-back”).....	144
Exhibit 15.12: Risico-analyse op een “breakeven”-analyse.....	145
Exhibit 15.13: “Life-cycle cost analysis process”.....	146
Exhibit 15.14: Kosteneffectiviteitsvergelijking.....	147
Exhibit 16.1: De RCM assessmentproces.....	153
Exhibit 16.2: Standaards en falen.....	154
Exhibit 17.1: TPM technieken.....	157
Exhibit 17.2: Het TPM wiel.....	158
Exhibit 18.1: Outsourcing.....	161
Exhibit 19.1: Belangrijke O&M vaardigheden.....	162



1. Voorwoord

Toen ik begin september 2001 de les Onderhoudsmanagement overnam, bestond het cursusmaterieel uit niet veel meer dan een farde met slides en enkele tekeningen. Alhoewel ik door mijn professionele loopbaan voldoende ervaring met onderhoud heb aangevuld met een fragmentarisch opgebouwde theoretische basis was er een noodzaak aan een rode draad. Gelukkig kon ik vanuit mijn omgeving de nodige werken vast krijgen om deze rode draad op te bouwen en nu aan je voor te stellen.

Het resultaat dat voor je ligt, is voornamelijk gebaseerd op de cursus 'Onderhoudsbeheer' van ir. P. De Groote aangevuld met stukken uit 'Industrieel Beleid in het Onderhoud' van L. Pintelon et al. en de Logistieke Richtlijnen van de Belgische Luchtmacht. Naarmate de jaren zullen verstrijken zal ik deze cursustekst aanvullen, actualiseren en verbeteren. Vergeleken met de editie van April 2002 heb ik:

- de stijl een beetje directer gemaakt;
- een aantal fouten verbeterd;
- een aantal hoofdstukken aan toegevoegd, zoals RCM, TPM, Outsourcing en Ontwikkelingslanden.

Bij dit boek hoort ook een deel met bijvoegsels waaronder tekeningen, extra tekst, oefeningen, enz.

Voorstellen en commentaar met de bedoeling positieve en opbouwende kritiek te geven zijn steeds welkom.

Ik hoop dat de uitleg die hierna volgt je als lezer en/of student een beetje wegwijs maakt in de boeiende wereld van het onderhoud. Welkom.

Patrick Van Hoesserlande Ir
Lesgever 'Onderhoudsmanagement' HORITO



2. Cursusplan

2.1. Visie op het vak

Het belang van onderhoud binnen een onderneming is de laatste decennia sterk gestegen. Een efficiënt onderhoud is een noodzakelijke voorwaarde voor productie, kwaliteit, veiligheid en bescherming van het leefmilieu. Om de productiekosten te drukken en flexibiliteit te verhogen, dienen alle actoren binnen een onderneming hun activiteiten op elkaar af te stemmen. Onderhoud speelt hierin een sleutelrol omwille van zijn vele vertakkingen naar deze actoren toe.

Het ligt niet in de bedoeling met deze cursus onderhoudsmanagers te vormen. De cursus is slechts een inleiding op onderhoudsmanagement en tracht die algemene kennis (noties van bepaalde begrippen, principes en onderhoudsmodellen) te geven.

2.2. Beginsituatie en bepaling van de doelgroep

De cursisten zijn meestal zelf actoren binnen de onderneming en hebben dus automatisch baat bij deze algemene kennis inzake onderhoudsbegrippen.

Vaak zal getracht worden de begrippen of filosofieën te vertalen naar andere diensten dan de onderhoudsdienst. Bovendien zullen deze begrippen steeds verduidelijkt worden met eenvoudige oefeningen of praktische, uitgewerkte voorbeelden die de assimilatie moeten vergemakkelijken.

2.3. Leerplandoelstellingen

- De cursisten moeten de kwaliteitsbepalende factoren bij onderhoud kunnen omschrijven en evalueren.
- De cursisten moeten de verschillende vormen van onderhoud kunnen omschrijven en plaatsen binnen het bedrijf.
- De cursisten moeten falingspatronen kunnen opstellen, falingsanalyse, criticiteitsanalyse en risicoanalyse kunnen doorvoeren.
- De cursisten moeten de onderhoudsstructuren en de ondersteuning van informatiesystemen in het onderhoudsbeheer kunnen omschrijven.
- De cursisten moeten technische documentatie kunnen beheren.
- De cursisten moeten een Life Cycle Cost kunnen berekenen.
- De cursisten moeten de onderhoudsbeheersinstrumenten kunnen omschrijven, toepassen en evalueren.
- De cursisten moeten de diverse technieken bij wisselstukkenbeheer beheersen.



2.4. Evaluatie

De evaluatie gebeurt d.m.v. een gecombineerd schriftelijk en mondeling examen, bestaande uit een combinatie van theorievragen en praktische oefeningen die de volledige leerstof omvatten. Het mondelinge gedeelte gebeurt aan de hand van een persoonlijk, thuis voorbereid gedeelte. Bij je voorbereiding mag je alle beschikbare informatiebronnen gebruiken: cursusboek, internet, Je geeft deze schriftelijk voorbereiding, dit hoeft geen doorlopende tekst zijn en mag beperkt worden tot de antwoordelementen, enkele dagen voor het mondeling gedeelte af. Tijdens het mondelingexamen, waar de punten verdient worden, worden je antwoorden overlopen en verwacht ik op sommige antwoorden extra, persoonlijke en verduidelijkende uitleg. Het examenverloop gaat dus over dezelfde vragen alhoewel het buiten dit kader kan treden.



3. Inleiding

3.1. De uitdaging van het onderhoud

Een efficiënt onderhoud is een noodzakelijke voorwaarde voor

- productie (in termen van kosten, hoeveelheid en continuïteit);
- kwaliteit;
- veiligheid en
- bescherming van het leefmilieu.

Een verbetering van het onderhoud betekent een verbetering van bovenstaande factoren. De beslissing betreffende het leggen van de prioriteiten maakt deel uit van het bedrijfsbeleid. Het onderhoud van produktie-uitrustingen - in de breedste zin van het woord - staat voor een continue uitdaging:

- fysisch: veroudering en slijtage van uitrustingen en componenten, klimatologische invloeden;
- technisch: in constante en galopperende evolutie, niet in het minst door het invoeren van moderne technologieën en nieuwe materialen;
- menselijk: sociale en culturele evolutie van de werknemers, vernieuwde benaderingen in de motivatie, constante nood aan scholing en bijscholing;
- organisatorisch en beheersmatig: nieuwe beheerstechnieken, ontwikkelingen in de computerondersteuning;
- economisch en financieel: fluctuaties van de nationale en internationale economie, hoge eisen qua beheersing van de onderhoudskosten, een voortdurend gebrek aan financiële middelen voor het onderhoud.
- marktgebonden: sterke evolutie van de nationale en vooral Europese marktsituatie met de daaraan verbonden eisen van kwaliteit, prijs en levertijden.

De verkoopbaarheid van producten en diensten in een steeds hardere concurrentieomgeving verplicht de bedrijven om maatregelen te nemen teneinde een kwaliteitsimago op te bouwen, de productiekosten te drukken en de flexibiliteit te verhogen.

Om dit te verwezenlijken dienen alle “acteurs” die in de productie- en verkoopscyclus tussenkomen, hun diensten op bovenvermelde maatregelen of te stemmen, in het bijzonder:

- de inkoop;
- de productie;
- het onderhoud;
- de kwaliteitsdienst;
- de opleiding en vorming;
- de boekhouding;



- de informatica;
- de verkoop;
- de dienst na verkoop;
- de R&D;
- de nieuwbouw en engineering.

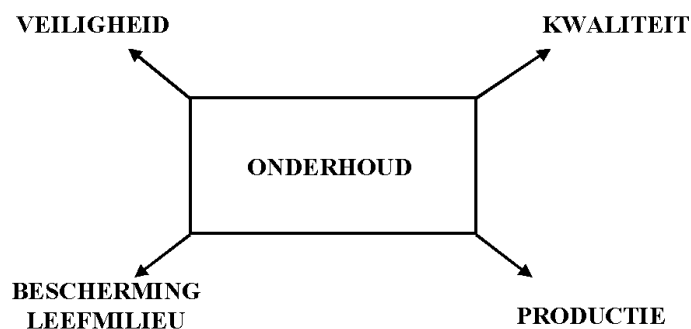


Exhibit 3.1: Onderhoud in relatie met de omgeving.

Al deze “acteurs” zijn van elkaar afhankelijk om de hogere doelstellingen van het bedrijf te kunnen verwezenlijken. Elke functie op haar niveau dient kwaliteitsprincipes te handhaven in het raam van een algemeen bedrijfsbeleidsplan.

Het onderhoud in het ganse gebeuren speelt een sleutelrol omwille van zijn vertakkingen naar deze “acteurs” toe, die voor de meeste ervan bovendien kwaliteitsbepalend zijn. Het bedrijf heeft met andere woorden geen andere keuze dan een doelbewust en efficiëntiegericht onderhoud te waarborgen. Met andere woorden:

**GEEN KWALITEITSBORGING
ZONDER ONDERHOUDSBORGING**

3.2. Enkele cijfers

Volgende cijfers betreffende de directe onderhoudskosten tonen het belang aan van de onderhoudsfunctie. Ze geven een idee van wat kwaliteitsgerichte verbeteringen van het onderhoud als gevolg kunnen hebben in monetaire termen:

- Onderhoudskost/productiekost op jaarbasis in de industriële productie in Europa: gemiddeld tussen 10 en 12%;



-
- Onderhoudskost/zakencijfer: van 3,6 tot 5,1% (cijfers van het EFNMS).

Enkele gegevens uit een onderzoek gedaan door DGS International in 1987 in 3 verschillende sectoren in België, Duitsland, Engeland en Frankrijk (petrochemie, cement, automobielbouw):

- onderhoudskosten/toegevoegde waarde: 10,44 tot 12,9%;
- onderhoudskosten/vervangingswaarde van de uitrustingen: 7,86 tot 16,4%.

Uit een studie uitgevoerd door Dhr. Dr. Ir. Guy Hanssen aan de RUG met betrekking op de papierindustrie in Europa, duiden volgende cijfers het belang aan van het onderhoud:

- onderhoudskosten/omzet: 3,5 à 7 %
- kostenstructuur onderhoud (exclusief overheads); resultaten van een enquête in 21 papierfabrieken in Europa:
 - materiaal: 23%
 - vreemde firma's voor normale onderhoudswerken: 10 %
 - gespecialiseerde firma's: 25 %
 - eigen personeel: 42 %.
- 30 tot 50 % onderhoudspersoneel op totaal personeelsbestand; 15 jaar terug was dit minder dan 25
- machine-operatoren zijn over de laatste 15 jaar met 20 % gedaald in aantal en onderhoudspersoneel met minder dan 5 % (studie in de pulp- en papierindustrie in Zweden).

3.3. Welke elementen zijn kwaliteitsbepalend bij onderhoud in een productieomgeving?

De kwaliteit van het onderhoud wordt bepaald door een groot aantal elementen, schematisch in 5 groepen ingedeeld.

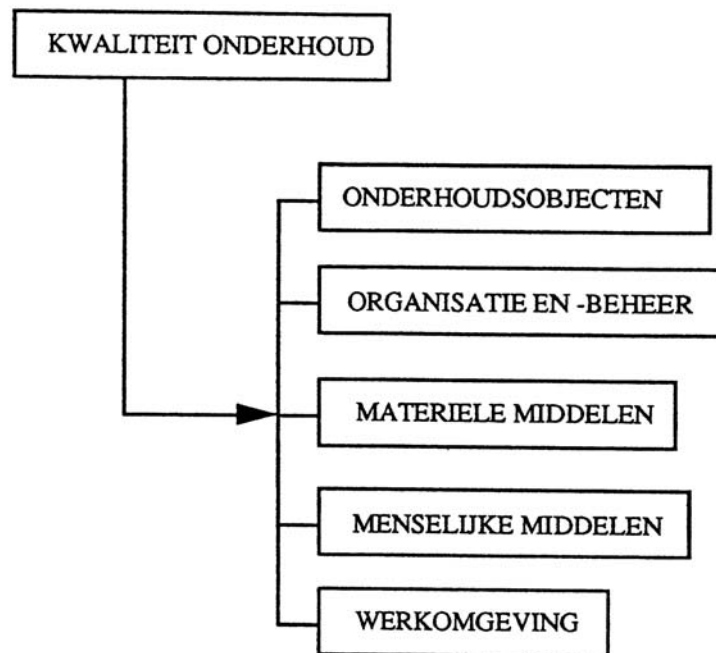


Exhibit 3.2: Kwaliteitsbepalende elementen van het onderhoud.

3.3.1. De te onderhouden uitrustingen (de onderhoudsobjecten)

- voorzieningen op budgettair vlak om het onderhoud veilig te stellen tijdens de preinvesteringsstudies;
- het ontwerp in termen van onderhoudsvriendelijkheid, standaardisatie, degelijkheid, bedieningsvriendelijkheid, beveiliging tegen bedieningsfouten, ... ;
- de aanschaffing: een investeringsbeleid gebaseerd op LCC (Life Cycle Costing), het voorzien van de nodige middelen om het onderhoud correct te kunnen doorvoeren (o.a. lastenboeken m.b.t. de technische documentatie, de opleiding van het onderhoudspersoneel....), de betrokkenheid van de onderhoudsdienst bij de aankoop van nieuwe machines;
- de correcte bediening en opvolging van de machines door het productiepersoneel;
- orde en netheid in de productieafdelingen;
- de beschikbaarheid, de productiesnelheid en de kwaliteit van het eindproduct;
- een gezond hernieuwingbeleid.

3.3.2. Onderhoudsorganisatie en -beheer

- het onderhoudsbeleidsplan;
- plaats van het onderhoud in het organogram van het bedrijf;
- type van onderhoudsstructuur: centralisatie, decentralisatie of gemengd;
- het organogram van de onderhoudsdienst en van de verschillende afdelingen;
- de relatie met de productie en de relatie tussen de verschillende onderhoudsafdelingen;
- de functie- en jobbeschrijvingen;
- de organisatieprocedures;
- het onderhoudsconcept;



-
- de onderaannemingspolitiek en de opvolging van werken uitgevoerd door derden;
 - planning van het onderhoud met bijbehorende procedures;
 - het MMIS (Maintenance Management Information System);
 - kwaliteitsborging van onderhoudswerken;
 - het onderhoudbeheersmodel: opvolgen van technische en economische indicatoren, stuurboordtabellen, rapportering;
 - de computerondersteuning.

3.3.3. *Materiële middelen voor het onderhoud*

- de technische documentatie: norm, inhoud, klassering, beheer;
- de wisselstukken en verbruiksartikelen: keuze, benaming en codering, beheersmodel, organisatie van de magazijnen, stockeringstechnieken, orde en netheid;
- de werktuigen en meetinstrumenten: keuze, verzorging en onderhoud, beheer;
- de onderhoudswerkplaatsen: ontwerp, keuze van machines en meetinstrumenten, orde en netheid;
- het onderhoudsbudget;
- kennis en opvolgen van onderhoudskosten, kostenanalyses.

3.3.4. *De menselijke middelen*

- de bepaling van de noden: bezetting, kwalificatie;
- de aanwervingpolitiek;
- samenstelling van de interventieteams (specialisten versus multiskilling);
- de houding en motivatie van personeel;
- het correct naleven van instructies en procedures;
- werkomstandigheden: belasting, werkverdeling, coördinatie, initiatiefname;
- de vorming en opleiding;
- het salaris- en vergoedingsbeleid;
- de loopbaanplanning.

3.3.5. *De werkomgeving*

- de onderlinge verstandhouding tussen de verschillende diensten;
- de relaties met het management en de sociale partners;
- de sociale voorzieningen;
- de arbeidsveiligheid.

U kunt bij deze factoren, die voor het onderhoud kwaliteitsbepalend zijn, de volgende bedenkingen maken:

- het bereiken van kwaliteit in het onderhoud is niet afhankelijk van één van deze factoren alléén. Alle zijn interdependent: het heeft bijvoorbeeld geen enkele zin om een computerondersteund onderhoudsbeheerspakket te kopen als de onderhoudsdienst slecht georganiseerd is of als het personeel niet voldoende gekwalificeerd is; het heeft geen zin te investeren in vernieuwende organisatorische systemen als men een slechte technische documentatie heeft; het heeft geen zin zware inspanningen te doen om het bedrijf te laten certifiëren volgens ISO 9000 als men de nodige financiële middelen voor het onderhoud niet wil vrijmaken.
- bovenstaande factoren zijn niet typisch voor een bepaalde sector: ze zijn kwaliteitsbepalend voor de industrie, de agro-industrie, het transportwezen, de telecommunicatie, de technische installaties uit de gezondheidssector, de openbare werken, de gemechaniseerde landbouw, enz.



- tenslotte stellen we vast dat de kwaliteit en de graad van verwezenlijking van deze factoren niet uitsluitend een zaak is van het bedrijf alleen: ook de overheid speelt hier een belangrijke rol (arbeidswetgeving, invoerbepalingen, ...) alsook andere “acteurs” zoals het technisch en hoger onderwijs.

Bovenstaande benadering verduidelijkt het belang van het samenspel tussen het bedrijf en zijn omgeving in het zoeken naar kwaliteit in het onderhoud. Het verduidelijkt tevens het belang van de rol die weggelegd is voor onder andere de beroepsverenigingen waaronder de onderhoudsverenigingen, die een spreekbuis kunnen vormen naar de andere “acteurs” toe.



4. De Onderhoudsfunctie

4.1. Definitie

De onderhoudsfunctie definiëren we als de functie die tot doel heeft een maximale globale technische effectiviteit (O.E.E. of Overall Equipment Effectiveness) van de productie-uitrustingen, de nutsvoorzieningen en de bijhorende infrastructuren te waarborgen, tegen een optimale kostprijs. Daarenboven moeten alle voorwaarden in acht genomen worden om de kwaliteit van het eindproduct, de veiligheid van het personeel en installaties alsook de bescherming van het leefmilieu te garanderen.

Daarbij definiëren we de globale technische effectiviteit (O.E.E) als het product van 3 factoren: beschikbaarheid x productiesnelheid x kwaliteit.

Voor het ogenblik is er op Europees niveau geen uniforme terminologie wat betreft het onderhoud. Wel zijn een aantal voorstellen geformuleerd die ter studie liggen bij een internationale werkgroep in het kader van het EFNMS (European Federation of National Maintenance Societies) en bij het CEN (Centre Européen de Normalisation).

De meeste landen in Europa hebben de onderhoudsfunctie gedefinieerd in het kader van hun Instituut voor Normalisatie.

Hieronder volgen ter informatie een aantal definities door de voornaamste normalisatie instituten:

- DIN (DEUTSCHE INDUSTRIENORMEN): een geheel van maatregelen die tot doel hebben om de voorziene staat van een object te behouden of het erin te herstellen alsook om de huidige staat ervan vast te stellen en te beoordelen (DIN 31051)
- BSI (BRITISH STANDARDS INSTITUTE): het coördineren van alle technische en de daaraan verbonden administratieve acties, die tot doel hebben om objecten in een gepaste staat te behouden of het erin terug te brengen teneinde het zijn verwachte functie te laten verwezenlijken (BS 3811)
- AFNOR (ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION): een geheel van acties die moeten toelaten om een object in een specifieke staat of in een staat om een welbepaalde functie te verwezenlijken, te behouden of te herstellen (norm X60010)
- EFNMS-werkgroep: een geheel van acties die moeten toelaten om een object in een specifieke staat of in een staat om een welbepaalde functie te verwezenlijken, te behouden of te herstellen. Deze acties zijn een combinatie van technische en de daarmee overeenstemmende administratieve, beheer- en controleacties.

Het probleem van een uniforme terminologie is veelzijdig en complex. Daar het onderhoud zoals het nu bestaat vooral gegroeid is vanuit het bedrijf en enkel gaandeweg een plaats heeft ingenomen in het technisch onderwijs en de normalisatie-instellingen, bestaat er voorlopig geen algemene consensus wat betreft die terminologie.

Op het einde van deze cursus bevindt zich een bibliografie die een meer gedetailleerde studie van bepaalde aspecten van het onderhoud toelaat.



4.2. Welke zijn de objectieven van het onderhoud?

De voornaamste objectieven van het onderhoud met betrekking tot technische uitrustingen en infrastructuur zijn:

- de betrouwbaarheid te verbeteren;
- op permanente wijze te waken over de goede staat;
- ontstoringen en herstellingen vlug uit te voeren teneinde een optimale beschikbaarheid veilig te stellen;
- de productiviteit te verhogen door middel van modificaties, uitbreidingen of vernieuwingen;
- de uitbating van de nutsvoorzieningen te verzekeren;
- de arbeidsveiligheid te verbeteren;
- het personeel te scholen in de verschillende beroepen van het onderhoud;
- als raadgever op te treden voor de directie van het bedrijf en voor de productiedepartementen, de inkoop, de engineering alsook ter gelegenheid van de aankoop en aanschaffing van nieuwe uitrustingen;
- op permanente wijze een rol te spelen in de kwaliteitsborging van het eindproduct;
- de bescherming van het leefmilieu te verzekeren.

4.3. Welke zijn de bestaande onderhoudsvormen?

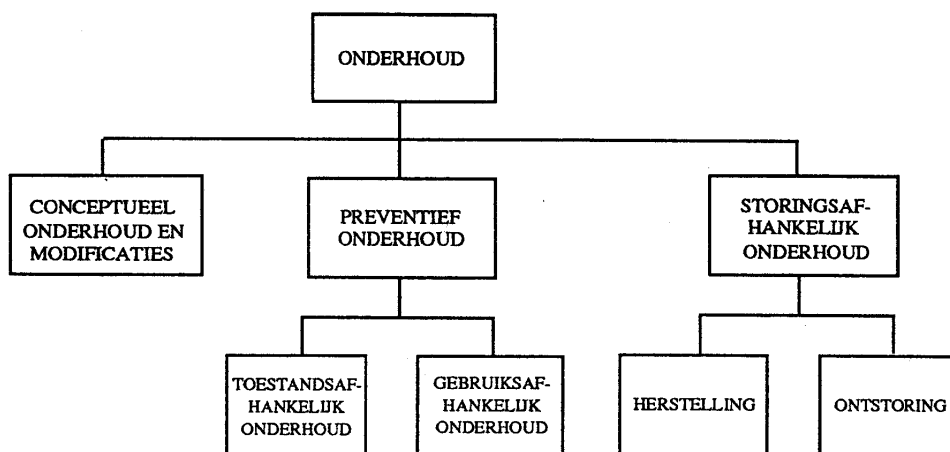


Exhibit 4.1: Eerste mogelijke indeling onderhoud.

Deze vormen van onderhoud kunnen we ook indelen in gepland en niet-gepland (soms ook gekend als accidenteel) onderhoud.

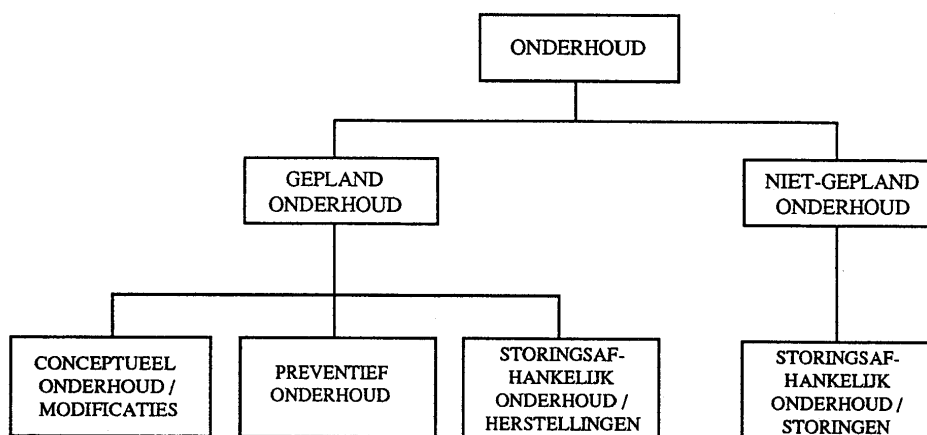


Exhibit 4.2: Tweede mogelijke indeling onderhoud.

4.3.1. *Het conceptueel onderhoud*

Een andere naam voor conceptueel onderhoud is dikwijls voor wat de toepassing ervan in het bedrijf betreft, verbeteringsonderhoud of aanpassingsonderhoud (modificaties). Het heeft tot doel de werking, de betrouwbaarheid, de veiligheid of de capaciteit van de uitrustingen te verbeteren.

De werken die voortvloeien uit deze vorm van onderhoud betreffen vooral studies (ontwerp-engineering), installatie (constructie-engineering), opvolging van montage, opstart en afstelling.

Merk op dat het principe van conceptueel onderhoud reeds begint vanaf de tekenplank. Inderdaad, het komt er op aan van bij het ontwerp van de machine reeds het onderhoud te voorzien en dit vanuit een studie van het mogelijk onderhoudsgedrag van de uitrustingen:

- onderhoudsvriendelijkheid;
- plaatselijke herstelbaarheid;
- uitbouwbaarheid;
- toegankelijkheid;
- keuze van onderhoudsarme materialen;
- onderhoudspreventie, in het algemeen.

4.3.2. *Preventief onderhoud*

Het principe van preventief onderhoud is gebaseerd op anticipatie. Preventief onderhoud bestaat onder twee vormen: het gebruiksafhankelijk onderhoud (GAO), ook genoemd “periodiek” of “systematisch” onderhoud en het toestandafhankelijk onderhoud (TAO), ook genoemd “predictief onderhoud”.

4.3.2.1. *Gebruiksafhankelijk onderhoud (GAO)*

Het gebruiksafhankelijk onderhoud bestaat in tussenkomsten op objecten op vaste tijdstippen volgens een tijdschema ofwel op basis van voorafbepaalde gebruiksparemeters (uren werking, kilometers, ton,



...). De bedoeling ervan is een ontoelaatbare werking of vroegtijdige slijtage op te sporen en te verhelpen vooraleer een storing zich voordoet. De periodiciteit van de interventies wordt meestal bepaald volgens de gegevens die de machinefabrikant verstrekt, dewelke na een tijd evolueren op basis van eigen ervaring.

4.3.2.2. *Toestandsafhankelijk onderhoud (TAO)*

Het toestandsafhankelijk onderhoud is een techniek van preventief onderhoud waarbij men zoveel mogelijk zonder demontage het object onderzoekt tijdens haar werking teneinde de graad van slijtage te kennen van componenten of bouwgroepen.

Deze vorm van onderhoud vraagt niettemin een tamelijk gesofistikeerde diagnostiekuitrusting en gespecialiseerd personeel om volgende technieken te kunnen toepassen en de resultaten ervan te kunnen interpreteren: geluidsanalyse, trillingsanalyse, thermografie of thermoscopie, ultrasoon onderzoek, spectrografisch olieonderzoek, tomografie, endoscopie, andere NDT-technieken (Non Destructive Testing).

We kunnen onregelmatigheden in de werking vaststellen door de tendens te onderzoeken van de meetresultaten en deze te vergelijken met referentiewaarden die we vooraf hebben vastgelegd. Deze technieken maken zeer dikwijls gebruik van grafische voorstellingen die de interpretatie van de resultaten vergemakkelijken. We maken hierbij gebruik van de waarschijnlijkheidsrekening als uitgelezen middel om falingspatronen te kennen of om falingstendenzen te bepalen.

Op basis daarvan en als aanvulling op de inspecties die in het kader van een gebruiksafhankelijk onderhoud worden gedaan, kunnen we dan tussenkomsten plannen met het doel een eventuele storing te vermijden.

4.3.2.3. *Storingsafhankelijk onderhoud (ook accidenteel, correctief of curatief onderhoud genoemd) (SAO)*

Deze vorm van onderhoud bestaat uit:

- ontstoringen van uitrustingen als gevolg van een slechte werking, van een volledige of een gedeeltelijke stilstand ofwel van een werking onder ontoelaatbare voorwaarden;
- herstellingen aan machines en toebehoren.

We kunnen het storingsafhankelijk onderhoud (SAO) plannen voor zover het gaat over herstellingen maar bestaat in een grote mate uit niet-gepland (accidenteel) werk, in het bijzonder in het geval van ontstoringen.

Een dergelijke vorm van onderhoud vereist een methodische aanpak van het uit te voeren werk en een grote zin voor analyse van het uitvoerend personeel. In vele gevallen zal een goede werkvoorbereiding de benodigde interventietijd kunnen verminderen.

4.4. **De activiteiten van een onderhoudsdienst**

De activiteiten van een onderhoudsdienst omvatten een aantal hieronder vermeldde functies.



4.4.1. *De onderhoudsmethoden*

De functie “methoden” bestaat erin na te denken en zo goed mogelijk de werken van een onderhoudsdienst voor te bereiden aan de hand van geëigende technieken en middelen. Deze functie betreft zowel een bepaald werk, en in dat geval handelt het over de werkvoorbereiding (zie verder onder 4.4.3), als een geheel onderhoudsprogramma voor een machine of productielijn.

Deze functie bestaat uit volgende deelgebieden:

- de codering van de machines volgens hun lokalisatie (opstellen van de boomstructuur en bijhorende niveaus);
- het opmaken van kaarten met technische karakteristieken;
- het opmaken van historiekkaarten;
- het aanmaken en actualiseren van de machinedossiers;
- het bepalen van de uitvoeringswijze o.a. voor standaard of belangrijke onderhoudswerken;
- het bepalen van het technische onderhoudsconcept (het bepalen van de juiste dosering tussen de verschillende vormen van onderhoud op een machine);
- het opmaken van preventieve onderhouds- en smeerprogramma's;
- het samenwerken met het studiebureau in geval van nieuwbouw en modificaties (o.a. met betrekking tot onderhoudsvriendelijkheid, standaardisatie, veiligheid, ...);
- het deelnemen aan de standaardisatie van uitrustingen en wisselstukken;
- het deelnemen aan falingsanalyses en diagnostieken in het geval van kritische storingen;
- de analyse en continue evaluatie van de gegevens na werkuitvoering met het doel tot het verbeteren van arbeidsmethodes en het actualiseren of bijsturen van onderhoudsprogramma's en de daaraan verbonden procedures;
- de analyse van herhaaldelijk voorkomende falingen;
- de voorbereiding van shut-downs;
- het deelnemen aan de keuze en het benoemen van de wisselstukken;
- het deelnemen aan de juiste keuze van de werktuigen en meetinstrumenten;
- het ontwerpen van benodigde formulieren of computerscherm-lay-outs met betrekking tot het verzamelen en verwerken van gegevens;
- het vastleggen van de informatie-routings.

4.4.2. *Studies en nieuwbouw*

De functie “studies en nieuwbouw” betreft de studie en realisatie van modificaties en kleine uitbreidingen aan bestaande uitrustingen om:

- de capaciteit of het rendement te verhogen;
- de stilstandstijden te verlagen;
- de kwaliteit van de productie te verhogen;
- de veiligheid te verbeteren;
- de onderhoudsvriendelijkheid en de toegankelijkheid te verhogen;
- de bescherming van het leefmilieu te verbeteren.

Deze functie wordt zowel gekenmerkt door de grote diversiteit van de werken die ter studie liggen als door de hoeveelheid van aangewende technieken om deze te realiseren. Ze treedt eveneens op als controleur van de realisatie van bovenstaande modificaties en nieuwbouw verwezenlijkt door de onderhoudsdiensten en/of haar onderleveranciers. In deze hoedanigheid draagt deze functie niet alleen de



verantwoordelijkheid van de engineering, maar ook van de constructie, de installatie, het opstarten en het afstellen der machines.

4.4.3. *Werkvoorbereiding*

De functie “werkvoorbereiding” heeft tot taak de uitvoeringsprocedures vast te leggen alsook de benodigde materiële middelen (wisselstukken, werktuigen, meetapparatuur), de geschatte tijden en de personeelsbehoeften voor onderhoudswerk.

Deze functie vloeit direct voort uit de methodefunctie maar betreft een welbepaald werk.

De werkvoorbereiding omvat in het bijzonder op 2 aspecten: de beschrijving van het werk en het opsplitsen in verschillende taken. De beschrijving van het werk is eveneens een gids voor diegene die verantwoordelijk is voor de veiligheid, de kwaliteit en de kostprijs van het werk. De opsplitsing in taken ligt aan de basis van het bepalen van de tijdsduur die nodig is voor het opmaken van de werklustplanning.

4.4.4. *Werkprogrammering - werksturing - opvolging van werken in uitvoering*

4.4.4.1. *De functie “werkprogrammering”*

De functie “werkprogrammering” is verantwoordelijk voor het tijdig verzamelen van de menselijke en materiële middelen om een werk uit te voeren alsook voor het bepalen van het ogenblik van uitvoering van bepaalde werken. In dat verband zal deze functie in het bijzonder:

- het algemeen werkprogramma opstellen (lange termijn planning);
- de prioriteiten vastleggen voor de uitvoering van de werkaanvragen;
- de bestellingen opvolgen betreffende onderaanneming en allerhande leveringen met betrekking tot het geprogrammeerd werk en dit in afspraak met de werkvoorbereiding;
- erop nazien dat de instructies qua veiligheid nageleefd worden en dat de uitvoeringstijd in het algemeen geëerbiedigd wordt.

Deze functie moet nauw samenwerken met de werkvoorbereiding en wordt heel dikwijls uitgevoerd door dezelfde persoon als de dienst niet te groot is.

4.4.4.2. *De functie “werksturing” of “werklustplanning”*

De functie “werksturing” of “werklustplanning” is de functie die het dichtst staat bij de uitvoering. Deze functie betreft de verdeling van de werklust volgens een opgemaakte planning in functie van de beschikbaarheid van personeel en machines. Het gaat hier over een korte termijn planning. In deze samenhang is deze functie heel belangrijk wat betreft het rationeel gebruik van het personeel.

4.4.4.3. *De functie “opvolging van werken in uitvoering”*

De personen die de werksturing doen staan meestal ook in voor de “opvolging van werken in uitvoering”. Deze functie staat in voor de continue bewaking van de werklust van het uitvoerend personeel en van de machines. Waar onder- of overbelasting optreedt, brengt deze ook correcties aan. De werklustplanning moet rekening houden met een gedeelte van de niet voorziene of dringende



accidentele werken. Een gescheiden planning voor het preventief onderhoud (en waarvan de uitvoeringstijd over het algemeen goed beheersbaar is) moet toelaten om op een eenvoudige manier de werken in uitvoering qua timing te controleren.

4.4.5. De uitvoering van het werk

Een goede werkvoorbereiding en een daaruit voortvloeiende efficiënte planning vergemakkelijkt en optimaliseert de functie “uitvoering”. Zowel de kwaliteit van het uitgevoerde werk als het naleven van de opgegeven tijden moet door de meester gast worden veilig gesteld.

Zonder deze werkvoorbereiding en werklastplanning zou het uitvoerend personeel veel dode tijden ondervinden en zou er een te lage belasting zijn van het onderhoudspersoneel door:

- een slechte synchronisatie van de werken uitgevoerd door verschillende ploegen;
- vele niet opgeloste praktische problemen die zich voordoen tijdens de uitvoering;
- een tijdverlies door het halen van wisselstukken in het magazijn;
- het gebruik van niet gepaste werktuigen voor een bepaald werk;
- een slecht gebruik van het gekwalificeerd personeel.

Het hoeft geen betoog dat deze tijdsverliezen de onderhoudskosten én de stilstandtijden van de uitrustingen verhogen.

4.4.6. De controle van het uitgevoerde werk

De functie “controle van het uitgevoerde werk” is zeer belangrijk, want ze is in zekere zin een kwaliteitsborging. Haar graad van efficiëntie zal het imago van de onderhoudsdienst bepalen.

De controle van het uitgevoerde werk wordt enerzijds door de werklieden zelf gedaan, en anderzijds door de brigadiers en de meester gasten. De functie “controle” omvat ook de controle van het werk uitgevoerd door derden. Deze wordt vooral waargenomen door het methodebureau of de werkvoorbereider.

Alhoewel de voor de kwaliteitscontrole noodzakelijke instrumenten en werktuigen in zekere zin een investering betekenen voor het bedrijf, leidt het geen enkele twijfel dat deze gerechtvaardigd is.

4.4.7. Het stockbeheer en de onderhoudsmagazijnen

De functie “stockbeheer en magazijnen van het onderhoud” wordt dikwijls geïntegreerd in de onderhoudsfunctie alhoewel in heel wat bedrijven de dienst Aankoop deze functie verzekert. Zonder een stelling te willen innemen qua beste keuze (in dat verband bestaat er trouwens geen absolute oplossing), gaan we er hier vanuit dat de onderhoudsdienst deze functie op zich neemt. In dat geval worden de taken tussen het Onderhoud en de Aankoop als volgt gescheiden:

- het Onderhoud neemt de volledige afhandeling op zich tot aan de aanvraag voor herbevoorrading/aankoop hetgeen in feite de technische keuze omvat, het vastleggen van de hoeveelheid, de benaming en de codificatie van de artikels in kwestie;
- de Aankoop zorgt voor het maken van de beste commerciële keuze, het plaatsen van de bestellingen en het opvolgen van de leveringen.

De voornaamste taak van het stockbeheer is er op elk moment voor te zorgen dat de behoeften voldaan zijn voor:



-
- verbruiksartikelen en courante magazijnartikelen;
 - standaard wisselstukken;
 - specifieke wisselstukken.

De daartoe benodigde magazijnitems moeten rationeel beheerd worden teneinde tegen een optimale prijs de herbevoorradingshoeveelheden alsook de voorraadniveaus te bepalen. Daartoe leggen we beheersparameters zoals de gemiddelde verbruiken, levertijden, de minimum voorraad, de herbevoorradingsalgorithme, enz. vast.

Daarenboven moet deze functie ervoor zorgen dat de artikels op een correcte wijze opgeslagen worden en dat de nodige beveiligingen tegen roest, stof, schokken, enz. genomen worden.

4.4.8. *Het beheer van het onderhoudspersoneel*

Het beheer van het onderhoudspersoneel is een belangrijk aspect voor een goede werking van de onderhoudsdienst. Dit beheer sluit o.a. in: de juiste keuze, de scholing, bijscholing en herscholing alsook de motivatie van het personeel. Die punten zullen een onmiddellijke weerslag hebben op de kwaliteit en de hoeveelheid van het uitgevoerde werk, hetgeen bepalend is voor efficiëntie en rentabiliteit. Hedentendage zijn er allerhande technieken in gebruik, waarvan later sprake, voor het motiveren en nauwer betrekken van personeel bij het onderhoudsgebeuren.

Volgende punten moeten van dichtbij bekeken worden wat betreft het onderhoudspersoneel:

- de kwalificatie: onderhoudswerken die dikwijls complex en gevarieerd zijn, vragen een zeer gekwalificeerd personeel. Logische denkwijze, zin voor analyse en een diepgaande vakkennis zijn enkele van de karakteristieken van dit personeel;
- het zoeken naar een gedoseerde polyvalentie bij het onderhoudspersoneel (bv. mecaniciens met goede noties elektriciteit, lassers met goede noties mechanica, electroniciens met goede noties automatisatie, ...) wordt hoe langer hoe meer noodzakelijk omwille van de interferenties van taken, vooral in bepaalde omstandigheden (vb. de nacht- en weekendploegen);
- bijzondere aandacht moet geschonken worden aan het meestergastniveau dat nog altijd heel ondergewaardeerd is. Buiten haar leidinggevende taak heeft dit niveau een andere fundamentele taak, namelijk de continue scholing en de motivatie van het uitvoerend personeel.
- de basis voor het bepalen van de benodigde profielen van het onderhoudspersoneel is de functie- en jobsbeschrijving; hier worden nog veel zwakke punten vastgesteld in de bedrijven omwille van het onderschatten van deze basisinformatie;
- het aanwerven van onderhoudspersoneel moet met veel zorg gebeuren en na grondige tests; men moet er niet voor terugschrikken om voor bepaalde functies een hoge kwalificatie te zoeken (bv. methode-mensen);
- wat de loonpolitiek betreft moet men ervoor zorgen dat het salaris van het onderhoudspersoneel minstens even hoog is als dat van het productiepersoneel voor een zelfde kwalificatie. Daarenboven zullen motiveringstechnieken moeten gebruikt worden door bv. een materieel voordeel te binden aan een goed resultaat van de dienst.

4.4.9. *Het opvolgen van onderhoudskosten en financiële aspecten*

Om de kosten te kunnen beheersen moet men die in de eerste plaats kennen en moeten de cijfers kunnen geïnterpreteerd worden. Dit is een absolute noodzaak om aan kostenvermindering in de onderhoudsdienst te kunnen doen en daarmee bij te dragen tot het verhogen van de rentabiliteit van de onderneming.



Aangezien een analytisch boekhoudsysteem in vele gevallen niet volstaat om de kosten te isoleren die nodig zijn voor een correct onderhoudsbeheer, zal men er moeten voor zorgen dat door een gepast informatiesysteem de benodigde cijfers bekend worden. Het betreft hier in het bijzonder:

- alle informatie die moet bijdragen om de volledige kosten van het onderhoud te kennen en bijgevolg op een correcte manier te kunnen reageren;
- de cijfers die men nodig heeft om de imputaties juist uit te voeren en de onderhoudskosten ten minste voor de belangrijkste machines te kennen;
- de berekening van de kostprijs van bepaalde werken;
- het juist toekennen en doseren van de algemene kosten van de onderhoudsdienst;
- de cijfers die het opstellen van een onderhoudsbudget moeten mogelijk maken.

4.4.10. De uitbating van de nutsvoorzieningen

Nutsvoorzieningen zijn installaties die de productie en de distributie van energie en fluïda omvatten zoals bv.:

- productie en distributie van elektriciteit;
- de behandeling, de distributie en de afvoer van water;
- de productie en distributie van druklucht;
- het vacuümnetwerk;
- de productie en distributie van stoom;
- de productie en distributie van koude;
- de opslag en distributie van diverse gassen;
- de opslag en distributie van brandstoffen.

De uitbating van de nutsvoorzieningen betreft niet alleen het onderhoud maar ook de ganse bediening van de installaties.

De onderhoudsdienst is het best geplaatst om deze taak op zich te nemen vermits het daartoe geëigend personeel een technische kwalificatie moet hebben om als bediener én als uitvoerder te kunnen optreden.

Het kenmerk van dit personeel is niet zozeer de kennis van een bepaald soort productieuitrusting maar wel de kennis van een electromechanici die een complementaire scholing gekregen heeft voor de uitbating van die uitrustingen.

4.4.11. Het onderhoudsbeheer

Alle hierboven beschreven functies moeten op een gepaste manier beheerd worden. Naast het technische aspect wordt het onderhoud meer en meer bekeken als een beheersfunctie op topniveau in het bedrijf.

Onderhoudsmanagers moeten leren zich uit te drukken in termen die door de beslissingnemers verstaan worden. Hun taal is meestal veel te technisch en zou moeten evolueren naar een beheersen economisch-gerichte taal (bv. met nadruk op termen als directe en indirecte kosten, return on investment, toegevoegde waarde, enz.).

De functie onderhoudsbeheer moet opgebouwd worden vanuit verschillende niveaus:

- op shop-floor niveau: technisch beheer van het onderhoud waaronder de methodes, planning, kwaliteitscontrole van de werken, analyse van operationele statistieken;



- op het niveau van het hoofd van de onderhoudsdienst: strategisch en economisch beheer door het definiëren van onderhoudspolitieken, waaronder het technisch onderhoudsconcept, het opvolgen van succesindicatoren (technisch maar vooral economisch), personeelsbeheer, onderaannemingspolitiek, enz.;
- op het niveau van de onderneming: deelname aan de definitie van beleidsplannen waaronder de hernieuwingspolitiek, aanschaffingspolitiek voor uitrustingen, human resources development (human reliability), enz.

Om dit objectief te bereiken moet het hoofd van het onderhoud een snelle toegang hebben tot technische en economische gegevens.

Vermits de onderhoudsfunctie meer en meer in de ondernemingen evolueert naar een “total assets management”, moet het hoofd van het onderhoud bovendien deel gaan uitmaken van het directiecomité van het bedrijf.

4.5. De onderhoudsniveaus

Om een efficiënte onderhoudsorganisatie te implementeren en om beleidsbeslissingen te nemen in gebieden zoals onderaanneming, investeringen, rekrutering, enz. is het nodig de onderhoudsactiviteiten te analyseren in functie van hun complexiteit. We onderscheiden 5 niveaus die volgens de AFNOR-norm X60-O1 1 als volgt ingedeeld zijn:

4.5.1. *1ste niveau (of echelon)*

Eenvoudige door de fabrikant van de machine voorziene afstellingen van toegankelijke organen zonder demontage noch opening van de machine; vervanging van verbruiksdelen die in alle veiligheid toegankelijk zijn zoals zekeringen, filters, enz.; kuisen, kleine controles (olieniveau, drukken, temperaturen, ...).

Bemerkning:

Dit type van interventie kan gemakkelijk door de operator zelf ter plaatse gebeuren zonder speciale werktuigen en volgens vooraf opgemaakte gebruiksinstructies. De daartoe benodigde verbruiksdelen zijn zeer beperkt.

4.5.2. *2de niveau*

Ontstoring door standaarduitwisseling van elementen die daartoe voorzien zijn en kleine preventieve onderhoudstaken zoals smeren en controle van de goede werking.

Bemerkning:

Dit soort interventies kan gedaan worden door een daartoe aangewezen technicus met een gemiddelde kwalificatie; het werk wordt ter plaatse uitgevoerd met handwerktuigen volgens de onderhoudsinstructies die ofwel door de constructeur ofwel door het methodebureau opgemaakt zijn. Wisselstukken kunnen eenvoudig verkregen worden zonder levertijd en worden dikwijls gestockeerd in de onmiddellijke omgeving van het uit te voeren werk.

Nota:

Onder “daartoe aangewezen technicus” verstaat men een technicus die de nodige scholing gekregen heeft



om in alle veiligheid op een machine te kunnen werken zonder potentiële risico's en met volle kennis van de uit te voeren taken.

4.5.3. 3de niveau

Identificatie en diagnostiek van storingen, herstelling door uitwisseling van componenten of functionele elementen, kleine mechanische herstellingen en alle routine preventieve taken zoals algemene afstelling, uitlijning, enz.

Bemerking:

Dit soort interventie kan worden gedaan door een gespecialiseerde technicus ter plaatse, ofwel in de werkplaats en dit met behulp van werktuigen die voorzien zijn in de onderhoudsinstructies van de constructeur. In vele gevallen moeten ook meet- en regelinstrumenten gebruikt worden of eventueel testbanken en dit volgens de bij de machine geleverde documentatie; de wisselstukken worden door het magazijn geleverd.

4.5.4. 4de niveau

Alle belangrijke onderhoudswerken van storingsafhankelijke of preventieve aard, met uitzondering van renovering en heropbouw. Dit niveau omvat ook het afstellen en ijken/calibreren van meetapparatuur, die voor het onderhoud gebruikt wordt, en eventueel de verificatie van kalibers door gespecialiseerde instellingen.

Bemerking:

Dit type van interventie kan enkel door een team gedaan worden dat een technisch gespecialiseerde verantwoordelijke heeft en dit in een gespecialiseerde werkplaats die daarvoor uitgerust is met de nodige middelen; alle werken worden uitgevoerd volgens de instructies die in de algemene of gespecialiseerde documentatie vervat zijn of volgens eigen ontworpen instructies.

4.5.5. 5de niveau

Renovering, heropbouw of belangrijke herstellingen die aan een centrale werkplaats of aan derden worden uitgegeven. Fabricage van wisselstukken.

Bemerking:

Dit soort werk wordt vooral uitgevoerd door de constructeur of door de aannemer die belast is met de heropbouw en dit met de middelen die door de constructeur van de machine beschreven zijn. Deze werken kunnen ook in een centrale werkplaats, die daartoe uitgerust is, uitgevoerd worden.

Opmerking 1:

Het is evenwel mogelijk om een andere indeling te maken. Sommige organisaties gebruiken slechts 3 niveaus of echelons (vb. Belgische Luchtmacht gebruikt O(rganizational) - I(ntermediate) - D(epot level), of 4 echelons (vb. 1 - 2 - 3 - 4de echelon). Deze in de militaire luchtvaart gebruikelijke onderhoudsniveaus (O, I en D) en diagnosetechnieken creëert een netwerk zoals voorgesteld in Exhibit 4.3.

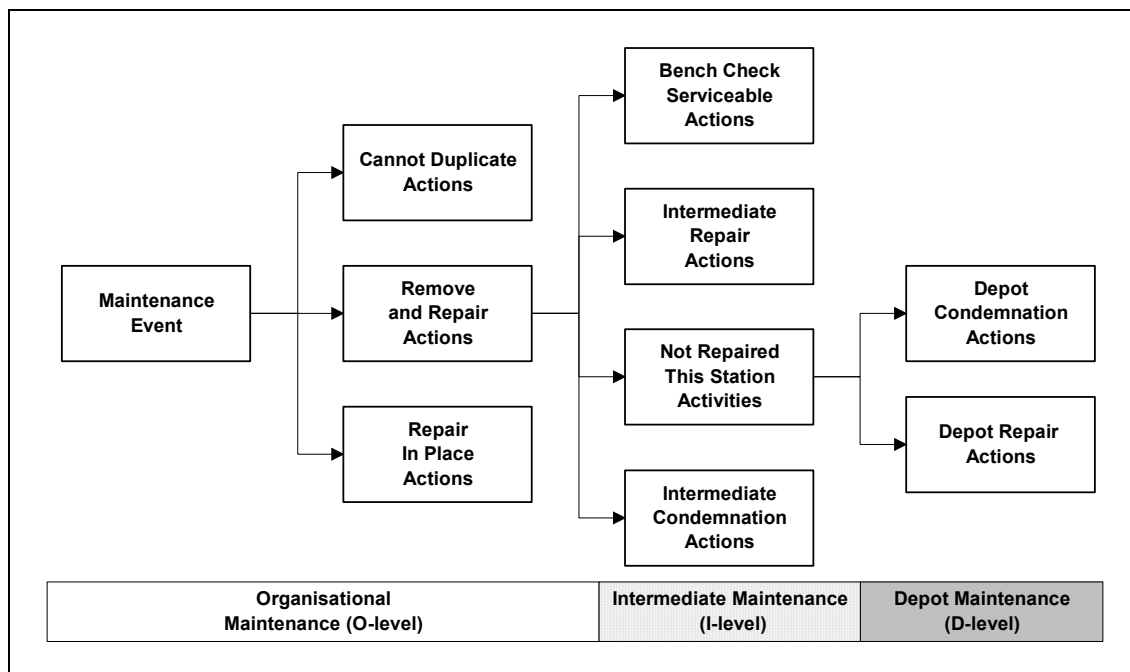


Exhibit 4.3: Het netwerk van onderhoudsgebeurtenissen.

Opmerking 2:

Alhoewel ieder niveau een grotere specialisatie vereist, betekent dit echter niet noodzakelijk dat er een hoger diploma vereist. Op het 5de echelon kunnen er zowel arbeiders als ingenieurs werken.



5. Theoretische Beschouwingen

5.1. Falingsdistributies

5.1.1. Inleiding

Onderhoud omvat zowel correctieve als preventieve acties die ervoor moeten zorgen dat de systemen operatief blijven. Correctief onderhoud is er op gericht om het systeem vanuit een onbeschikbare toestand terug bedrijfsklaar te maken, terwijl preventief onderhoud probeert om via vroegtijdige interventies installatiestoringen te vermijden. Dit betekent dat het uitvoeren van correctief en preventief onderhoud afhangt van de betrouwbaarheid van het systeem. De betrouwbaarheidsanalyse (“reliability”) concentreert zich op het falingsgedrag van systemen gedurende hun volledige levensduur. Het voorspellen of een systeem werkt of niet werkt op een bepaald moment kan teruggebracht worden tot een kansberekening. Vandaar ook de praktische definitie van betrouwbaarheid:

de betrouwbaarheid is de kans dat een element zijn specifieke functie zal uitvoeren onder de opgelegde procesomstandigheden en gedurende de gewenste tijd, zonder falen.

Aangezien het de uiteindelijke bedoeling is om het gedrag van systemen kwantitatief te beschrijven teneinde de optimale onderhoudspolitiek en/of het optimale betrouwbaarheidsverbeteringsprogramma te berekenen, moet de inbreng van het concept “kans” in deze context verder bekeken worden. Dit betekent dat statistische methodes moeten worden gebruikt bij de modellering van onderhoudsprobleemsituaties. In dit hoofdstuk worden dan ook die statistische technieken behandeld die gebruikt kunnen worden voor de beschrijving en analyse van falingspatronen van een globaal systeem, of van de samenstellende delen ervan.

5.1.2. Falen: definitie

Complexe industriële installaties kunnen hiërarchisch onderverdeeld worden volgens hun functie en hun vervangbaarheid (Exhibit 5.1).

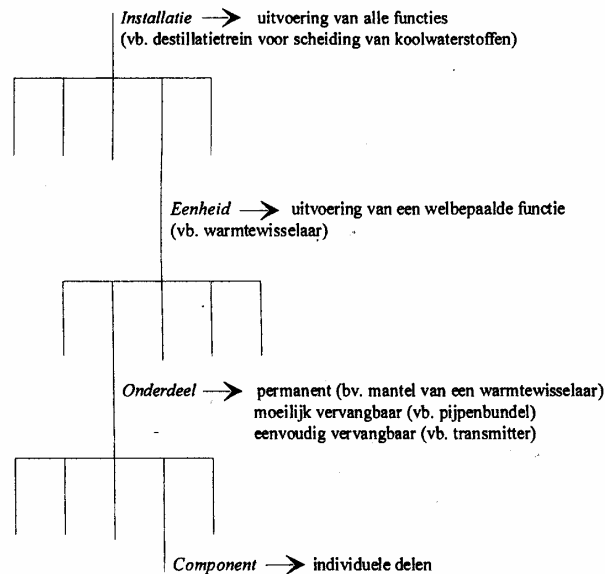


Exhibit 5.1: Hiërarchie van de componenten in een industriële installatie.

Iedere component, onderdeel en eenheid heeft een bepaalde functie binnen de gehele installatie. Wanneer deze functie niet meer vervuld wordt, dan spreekt men van een “faling” of “storing”. Het is hier wel degelijk van belang dat het niet-functioneren eenduidig bepaalbaar is, m.a.w. het criterium moet op een duidelijke indicatie of op een meetbare parameter betrekking hebben. Een gebroken slang bv. betekent een duidelijke faling, maar een lekkende klep zal pas als faling worden aangeduid wanneer het lekdebiet een bepaald niveau overschrijdt.

De opgemeten distributies van falingen in functie van de tijd kunnen dan meestal goed benaderd worden door distributies van een welbepaalde mathematische vorm, de zogenaamde waarschijnlijkheidsfuncties. Deze functies kunnen worden gebruikt in de modellering van het falingsgedrag, om een verdere onderhouds- of betrouwbaarheidsoptimalisatie door te voeren.

Het gebruik van de statistische modellen bij onderhoud moet echter zorgvuldig gebeuren. Bij de meeste statistische toepassingen is men vooral geïnteresseerd in het gedrag van het grootste deel van de populatie: met een overvloed aan gegevens, en een kleine spreiding, ... Bij betrouwbaarheidsstudies gaat het vooral om de ongebruikelijke situaties (falingen): met weinig gegevens en een slechte kennis van de gegevensspreiding. Daarenboven is de spreiding meestal tijdafhankelijk: ze varieert nl. t.g.v. seizoensgebonden invloeden, verloop operationele cyclus, preventief onderhoudsprogramma, ... Het blind toepassen (zonder rekening te houden met machinemodificaties, opleiding van de gebruikers van het registratiesysteem, ...) van statistische analysetechnieken op historische data zal meestal niet leiden tot aanvaardbare voorspellingen.

5.1.3. *Falingsdistributies*

De statistische dichtheidsfuncties die gebruikt worden bij de beschrijving van falingen kunnen opgedeeld worden in twee grote families: discrete functies en continue functies. De discrete functies worden



gebruikt in situaties waar de parameters discrete waarden aannemen, bv. een schakelaar werkt of werkt niet. Continue functies worden gebruikt wanneer de betrouwbaarheid via een continue variabele beschreven wordt (bv. tijd, afgelegde weg). Het gebruik van discrete en continue functies is echter niet zo zeer afhankelijk van de onderliggende mechanische of fysische principes, maar vooral van de benadering van het probleem. Een drukvat kan goed- of afgekeurd worden (discreet); de toestand van het drukvat kan echter afhankelijk zijn van de ouderdom (continu).

Vaak wordt in deze context nog een derde familie vermeld, nl. de puntprocessen; maar deze worden in deze cursus niet behandeld.



Distributie	Bereik	Distributiefunctie $f(t)$	Betrouwbaarheidsfunctie $R(t)$	Gemiddelde $\mu = \int_0^\infty t f(t) dt$	Variantie $\sigma^2 = \int_0^\infty (t - \mu)^2 f(t) dt$
Exponentieel	$0 \leq t < \infty$	$\lambda \exp(-\lambda t)$	$\exp(-\lambda t)$	$1/\lambda$	$1/\lambda^2$
Normaal	$-\infty \leq t < \infty$	$\frac{1}{\sigma(2\pi)^{1/2}} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$	$\int_0^t f(t) dt$	μ	σ^2
Lognormaal	$0 \leq t < \infty$	$\frac{1}{\sigma(2\pi)^{1/2}} \exp\left(-\frac{\ln(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$	$\int_0^t f(t) dt$	$\exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)$	$\exp(2\mu + 2\sigma^2) - \exp(2\mu + \sigma^2)$
Gamma	$0 \leq t < \infty$ $0 < a$ $0 < \lambda$	$\frac{\lambda}{\Gamma(a)} (\lambda t)^{a-1} \exp(-\lambda t)$	$\frac{\lambda^a}{\Gamma(a)} \int_0^t t^{a-1} \exp(-\lambda t) dt$	$\frac{a}{\lambda}$	$\frac{a}{\lambda^2}$
Weibull	$\gamma \leq t < \infty$ $0 < \alpha$ $0 < \tau$	$\frac{\alpha}{\tau} \left(\frac{t-\gamma}{\tau}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\tau}\right)^\alpha\right]$	$\exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\tau}\right)^\alpha\right]$ voor $\gamma = 0$	$\tau \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)$	$\tau^2 \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)\right]$ voor $\gamma = 0$

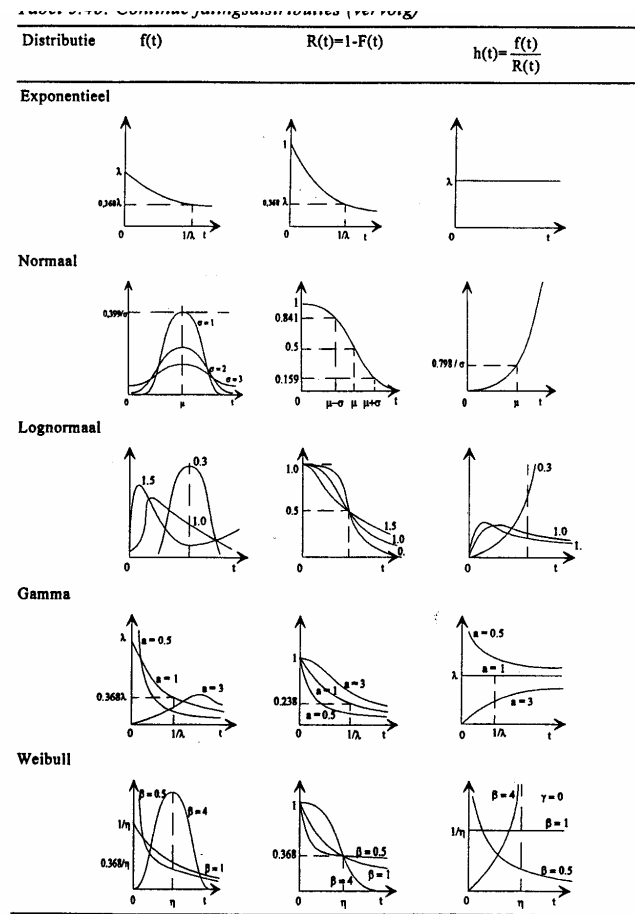


Exhibit 5.2: Continue functions.



5.2. Waarschijnlijkheidsfuncties

Veelal worden de opgemeten data uitgezet in een histogram, wat dan eenvoudig omgezet kan worden tot een relatief frequentiehistogram. Bij een voldoende aantal gegevens kan zo'n histogram benaderd worden door een continue waarschijnlijkheidsfunctie. Bij de beschrijving van een waarschijnlijkheidsfunctie $f(x)$ worden volgende aspecten beschouwd:

- de globale trend, het gemiddelde ("mean");
- de spreiding ("variance") die de variatie rond het gemiddelde aangeeft;
- de scheefheid ("skewness"), die het gebrek aan symmetrie rondom het gemiddelde aangeeft;
- de kurtosis; die een maat is voor de steilheid van de verdeling.

Mathematisch stelt de waarschijnlijkheidsfunctie ("failure probability distribution") de kans voor dat een element zal falen op een moment X binnen het interval $[x, x+dx]$:

$$f(x) = \text{Prob}(x < X \leq x+dx)$$

De oppervlakte onder de curve $f(x)$ correspondeert met alle mogelijke falingstijdstippen, zodat:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$$

De cumulatieve functie die van de waarschijnlijkheidsfunctie wordt afgeleid, wordt gedefinieerd als:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx$$

zodat de cumulatieve functie ("cumulative failure distribution") de kans weergeeft dat het element zal falen alvorens x bereikt wordt.

$$F(x) = \text{Prob}(X \leq x) = \int_0^x f(x)dx$$

De betrouwbaarheid ("reliability") wordt gedefinieerd als het complement van de cumulatieve functie; m.a.w. de kans dat het element het tijdstip x zal overleven.

$$R(x) = 1 - F(x) = \text{Prob}(X > x)$$

Een begrip dat veel voorkomt in de betrouwbaarheidsanalyses is de falingssnelheid ("failure rate or hazard rate"):

$$h(x) = \frac{f(x)}{R(x)} \text{ (soms ook } Z(t) \text{ genoemd)}$$

$h(x)$ wordt dus gedefinieerd als de voorwaardelijke kans dat een element zal falen binnen $(x, x+dx)$, gegeven dat het al overleefd heeft tot x .

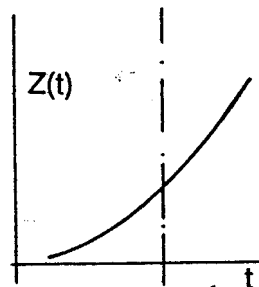


Op basis van het verloop van de falingssnelheid $h(x)$ in functie van de tijd wordt een onderscheid gemaakt tussen verschillende falingspatronen.

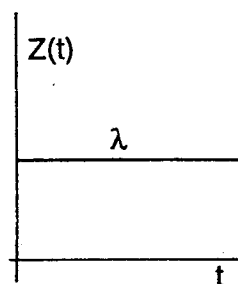
5.3. Falingspatronen

Er bestaan hoofdzakelijk 3 falingsmodellen:

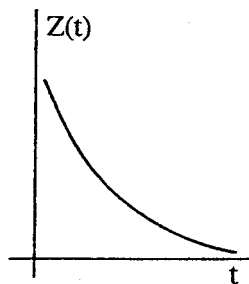
- voor de WEAR-OUT FAILURES (leeftijdsafhankelijke falingen - een falingsvoorspelbaar patroon) de falingsgraad toeneemt naarmate het aantal gecumuleerde en overleefde gebruiksduureenheden toeneemt. We spreken hier van een toenemende falingsgraad (IFR: “increasing failure rate”). Een falingsgraadspatroon van dit type geeft aan dat de faling leeftijdsgebonden is en te wijten aan mechanismen als afslijting, corrosie of moeheid.



- voor de PURELY RANDOM FAILURES (een onvoorspelbaar falingsmodel) de falingsgraad constant blijft, ongeacht het aantal gecumuleerde en overleefde gebruiksduureenheden. We spreken van een constante falingsgraad (CFR: “constant failure rate”).



- Een falingsgraadspatroon van dit type geeft aan dat het falingsmechanisme voor de RUNNING IN FAILURES (een vroegfalingsmodel) de falingsgraad afneemt naarmate het aantal gecumuleerde en overleefde gebruiksduureenheden toeneemt. We spreken hier van een afnemende falingsgraad (DFR: “decreasing failure rate”). Een falingsgraadspatroon van dit type geeft aan dat de waarschijnlijkheid van faling veel hoger is tijdens de periode onmiddellijk volgend op de ingebruikname of een onderhoudsinterventie dan gedurende het verder bruikbare leven dan procesverbonden is, b.v. door een slechte bediening en/of zwak ontworpen.



Enkele conclusies die getrokken kunnen worden uit de vorm van de falingsgraadsfunctie:

- Stel dat we een item hebben dat uit een populatie van nieuwe items komt waarvan de falingsgraad stijgend is (IFR). Men zou zich de vraag kunnen stellen of het gunstig is zo'n item, nadat het een aantal gebruikseenheden gefunctioneerd heeft en nog niet gefaald heeft, preventief te vervangen door een nieuw item uit de populatie. Op basis van louter statistische overwegingen is het antwoord ja want het toenemen van de falingsgraad met het aantal gecumuleerde en overleefde gebruikseenheden leert ons dat een nieuw item een lagere falingsgraad zal vertonen dan een oud item, ook al is dit laatste nog niet defect. Of zo'n vervanging economisch of strategisch verantwoord is, is een andere vraag waarop we hier niet ingaan.
- In het geval van een CFR is er een andere conclusie. In de veronderstelling dat er niets fout gaat bij de vervanging van het item kunnen we geen beter resultaat boeken dan de falingsgraad dewelke het oude item op het ogenblik van de vervanging had. De falingsgraad in dit geval is immers constant en onafhankelijk van het aantal gecumuleerde en overleefde gebruiksduureenheden. Het is dus niet efficiënt om een functionerend item door een nieuw te vervangen als de populatie items een constante falingsgraad vertoont.
- De conclusie in het geval van een DFR is nu vanzelfsprekend.

Vanuit het gezichtspunt van het onderhoud, gebruikt men meestal “de” waarde van de falingsgraad in het geval dat die constant is en dus voor alle waarden van de gecumuleerde en overleefde gebruiksduur inderdaad gelijk is aan “de” waarde. “De” waarde van de falingsgraad $h(t)$ wordt weergegeven door λ met

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\lambda e^{-\lambda t}}{1 - \phi(t)}.$$

In alle andere gevallen kan “de” waarde k van de falingsgraad hoogstens worden geïnterpreteerd als een gemiddelde over een (meestal niet vermelde) bepaalde tijdsduur. Maar dan nog verdoezelt deze laatste zin de uit onderhoudsstandpunt belangrijkste eigenschap van de falingsgraadsfunctie nl. zijn afhankelijkheid van het aantal gecumuleerde en overleefde gebruiksduureenheden.

De gevolgtrekkingen die kunnen worden gedaan op grond van het verloop van het falingsgraadspatroon als functie van het aantal gecumuleerde en overleefde gebruikseenheden spelen een belangrijke bij het ontwerpen van het technisch onderhoudsconcept.

De WEIBULL-verdeling is bijzonder bruikbaar op het gebied van onderhoudsbeheer.

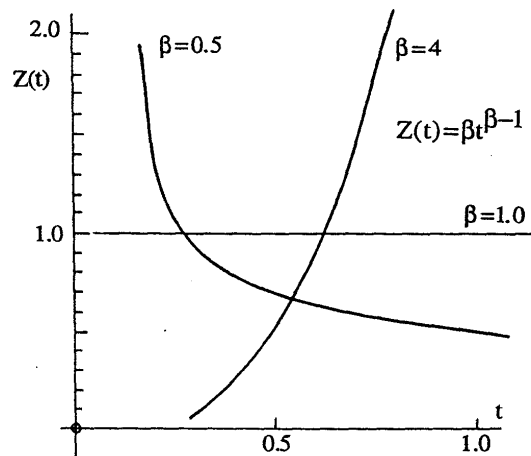


Exhibit 5.3: De Weibull functie.

Hieronder worden enkele Weibull specifieke leeftijds-falingsgraadscurves voorgesteld (voor de eenvoud is $n=1$, $t_0=0$).

5.3.1. De badkuipcurve

Sinds geruime tijd werd de badkuipcurve aanzien als het basispatroon van het falingsgedrag van technische systemen. Falingen te wijten aan normale slijtage zijn meestal leeftijdsgebonden onder normale werkingsvoorwaarden. Dit kan gezien worden op de onderstaande figuur, de “badkuipcurve”, die samengesteld is uit de bestaande falingspatronen.

Een dergelijke curve kan onderverdeeld worden in drie zones:

- Zone 1: Tijdens het opstarten veroorzaken een dalend aantal verdoken constructiefalingsen, assembleerfouten en inloopp Problemen storingen (DFR).
- Zone 2: Exploitatie: de falingsgraad wordt gestabiliseerd door de slijtage te controleren hetgeen echter onvermijdelijk zal verhogen (CFR).
- Zone 3: wordt gekarakteriseerd door een versnelde falingsgraad te wijten aan de leeftijd gevolgd door de veroudering/het verschromen van de uitrusting (IFR).

Men ziet dat de badkuipcurve (F) één van de zes patronen is. Alle bestaan ze uit één, of meer in combinatie, van de elementaire IFR, CFR en DFR. De resultaten uit het FAUSST onderzoek waren als volgt:

	FALINGSPATROON					
	A	B	C	D	E	F
Units	68.3	14.4	6.5	5.0	2.2	3.6
Zuigermotoren	0	20	0	0	80	0
Turbinemotoren	0	16,7	0	66,6	16,7	0

Exhibit 5.4: Verdeling in % volgens falingspatroon.

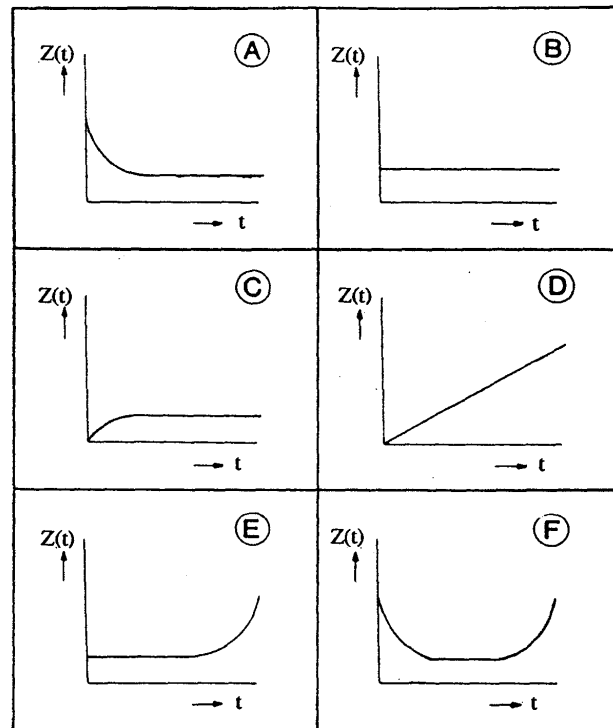


Exhibit 5.5: Falingspatronen.

Het is opvallend dat de badkuipcurve een uitzonderingsgeval is. De CFR-IFR combinatie (E) domineert voor zuigermotoren alleen. Het is geen verrassing dat de vroegfalingsperiode hier niet voorkomt. Dat fenomeen is typisch voor elektronische componenten (patroon A) die dan weer geen IFR vertonen op het einde van hun falingsgraadcurven. Zo te zien is de badkuipcurve een vlugge en slordige combinatie van de patronen A en E. Het verschil tussen zuigermotoren en turbinemotoren ligt in de onvergelykbare verschillen in belasting en spanning, toe te schrijven aan de procesverschillen van de twee motortypes.

Algemeen:

- Hoe complexer de uitrusting, hoe meer het patroon evolueert naar A en B (elektronische, hydraulische en pneumatische uitrustingen).
- Kennis over de leeftijdsgebonden patronen van een item (b.v. de badkuipcurve F en de patronen E en D) is belangrijk voor de onderhoudsmanager. Dit kan hem helpen beslissen ofwel te investeren in een rehabilitatie, ofwel naar verschroming toe te gaan.
- Bij falingen die niet leeftijdsgebonden zijn - zij hangen gewoonlijk of van de complexiteit van een item - is er bijna geen verband tussen bedrijfszekerheid en werkingsleeftijd (patronen A, B en C). Om inloophalngen te vermijden na de onderhoudsinterventie, kan zelfs beslist worden om geen enkele geprogrammeerde revisie voor dat type van uitrusting te doen. In dit geval zullen eerder toestandsafhankelijke technieken gebruikt worden vooraleer tot een interventie te beslissen.



5.4. Gegevensverzameling en -verwerking

Bij betrouwbaarheids- en onderhoudsstudies vormen de gegevens over falingen en herstellingen de basis voor realistische modellen. De kwaliteit van betrouwbaarheidspredikaties en onderhoudsoptimalisaties steunt volledig op de kwaliteit, nl. het al dan niet gefundeerd en representatief zijn van deze gegevens. Voor de onderhoudsingenieur is deze systematische informatie over falingen van belang voor o.a.:

- de identificatie van de probleemcomponenten die verantwoordelijk zijn voor de “down-time” en grote onderhoudsinspanningen en -kostenvragen;
- de detectie van de probleemoorzaak in bovenstaande gevallen;
- de opvolging van de impact van onderhoudsinterventies en de gevolgen van operationele wijzigingen;
- de evaluatie van de beschikbaarheid en de betrouwbaarheid en de invloed van verbeteringsprogramma’s ter zake;
- de bepaling van optimale onderhouds- en betrouwbaarheidsprogramma’s De wijze waarop de gegevens gecollecteerd worden en de graad van detaillering worden vooral bepaald door organisatorische aspecten: personeel (opleiding ter zake, motivatie en discipline m.b.t. de gevraagde registratie, ...), computerpotentieel (bv. data capture terminals, ...), geleverde inspanningen (kosten) bij het opzetten van het systeem (gebruiksvriendelijkheid, volledigheid), ...

5.4.1. *Datacollectie*

Bronnen voor het verzamelen van gegevens zijn:

- “in-house” geregistreerde gegevens;
- gepubliceerde gegevens (literatuur en databanken).

Zoals reeds gezegd is het wet aangewezen om deze gegevens met de nodige omzichtigheid te behandelen, vermits ze meestal een zekere mate van onvolledigheid met zich meedragen.

In het ideale geval moet de collectie van de falingsgegevens voor iedere component onder gecontroleerde procescondities gebeuren. De informatie die zeker genoteerd moet worden is: falingsgedrag (o.a. tijdstip van faling), falingsoorzaak (bv. slijtage of fout operator), en procescondities (bv. type materiaal dat de machine aan het verwerken was, machinesnelheid, opmerkingen i.v.m. gebruik van corrosieve stoffen, ...). Het opstellen van zo’n datacollectieschema kost echter veel geld en kan enkel “binnenshuis” gebeuren.

In de praktijk worden de gegevens veelal gehaald uit testrapporten, onderhoudsrapporten en operatielogboeken. Deze rapporten zijn er in eerste instantie niet op gericht om betrouwbaarheidsgegevens te verzamelen, zodat deze hieruit moeten worden geëxtraheerd. Het vertalen van de rapportgegevens naar het aangepaste formaat vereist tijd en expertise. Daarenboven ontbreekt het deze rapporten meestal ook aan relevante gegevens over operationele omstandigheden, herstellingskarakteristieken en -historieken. De onderhoudsrapporten bevatten ook nog vaak onrechtstreeks nuttige informatie hieromtrent, jammer genoeg is deze informatie meestal niet gegroepeerd of geaggregeerd. Hierdoor kunnen er problemen optreden bij de interpretatie. Bij onderhoudsrapporten worden vaak de oorzaken en gevolgen van een faling niet vermeld, maar enkel hoeveel tijd de interventie heeft gekost en welke materialen er bij deze interventie werden gebruikt. Het grote voordeel van deze onderhoudsrapporten is dat het gebruik ervan reeds ingeburgerd is, en dat via een kleine aanpassing van de documenten alle andere nodige informatie omtrent de falingen kan gecollecteerd worden.



5.5. Betrouwbaarheid en onderhoud

Een installatie bestaat uit een aantal componenten die elk een beperkte levensduur hebben. Dit betekent dat men er vrij zeker kan van zijn dat de installatie vroeg of laat zal falen indien er niet tijdig preventief ingegrepen wordt. Bij het efficiënt beheer van installaties is het van belang om een goed inzicht te hebben in de gevolgen van falen op de veiligheid en de productiviteit. Dit laat toe op een gefundeerde wijze de kosten van onbeschikbaarheid en betrouwbaarheidsverbeteringen tegen elkaar af te wegen. Hiertoe is een kwantitatieve bepaling van het begrip betrouwbaarheid nodig, want slechts op basis van numerieke data kunnen betekenisvolle vergelijkingen gemaakt worden tussen verschillende opties ter zake.

Zoals reeds vermeld kan betrouwbaarheid gedefinieerd worden als

“de kans dat een component of een systeem naar behoren zal werken, zonder enige falen, onder de opgelegde procesomstandigheden en gedurende de gewenste periode”.

Uit deze definitie bleek dat probabiliteitstheorie zal worden gebruikt voor de kwantitatieve beschrijving van de betrouwbaarheid. Vermits een installatie nagenoeg altijd uit verschillende componenten bestaat, moeten niet alleen de componentbetrouwbaarheden gekend zijn, maar moet ook geweten zijn hoe de individuele componenten bijdragen tot de betrouwbaarheid van het systeem waarvan ze deel uitmaken. Uiteraard moet er gebruik gemaakt worden van basiskansrekening teneinde de systeembetrouwbaarheid te berekenen. Voor het beschrijven van het betrouwbaarheidsverloop in functie van de tijd zal een beroep moeten gedaan worden op elementen uit de stochastische beslissingstheorie. Een correcte en volledige omschrijving van de werking van een dergelijk systeem, omvat nog een aantal verdere parameters (bv. inbreng van de menselijke factor) wat de complexiteit nog verhoogt.

Betrouwbaarheidsanalyses en -voorspellingen vormen een basis voor verdere verbeteringen: aanpassingen, vervangen van componenten, inbreng van redundantie, herontwerp, ... Deze analyses kunnen o.a. helpen om de prioriteiten te bepalen bij het aanpakken van problemen van installatiebetrouwbaarheid en beschikbaarheid. Bij deze analyses is het belangrijk om de variabiliteit in rekening te brengen. Meestal zijn we geneigd om deterministisch te denken met absolute getallen, terwijl in werkelijkheid geen unieke afmetingen, tijden, gewichten, ... bestaan. Materialen, processen en toepassingen hebben steeds te maken met afwijkingen: variabiliteit rond “de” nominale waarde. Het begrijpen van de oorzaken en de gevolgen van de variabiliteit helpt bij het oplossen van problemen i.v.m. betrouwbaarheid.

Betrouwbaarheidsanalyses mogen niet worden beschouwd als een curatieve ingreep maar dienen beschouwd te worden als een instrument om controle te behouden over de verschillende risicodragende elementen binnen de productie-omgeving (Exhibit 5.6).

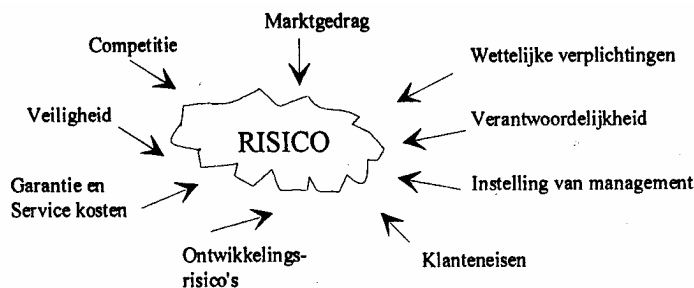


Exhibit 5.6: Risicodragende elementen.



5.5.1. *Benaderingswijzen*

Uit de definitie van betrouwbaarheid blijkt dat de betrouwbaarheid m.b.t. onderhoud zich richt op de falingen tijdens de levensduur van de installatie. De kwantitatieve beschrijving van de betrouwbaarheid kan naargelang de invalshoek op twee manieren gebeuren:

- 1) strikte mathematische vertaling van de definitie a.h.v. de statistische beschrijving. Deze beschrijving richt zich enkel tot de faling en wordt vooral gebruikt in theoretische betrouwbaarheidsstudies en de optimalisatie van onderhoudspolitieken.
- 2) praktische benadering, waarbij wordt gekeken naar zowel de faling als de reparatie. Deze techniek geldt dus voor repareerbare systemen en wordt vooral gebruikt in beschikbaarheidsstudies.
- 3) Aangezien de betrouwbaarheid zich richt tot de gehele levensduur van de apparatuur, zal deze ook een invloed hebben op de kosten tijdens de levensduur. Het is dan ook nuttig om de implicaties hiervan voldoende in detail te bekijken (Life Cycle Costing).

5.5.2. *Mathematische formulering*

De wiskundige vertaling van betrouwbaarheid als een functie van de tijd:

$$R(t) = \text{Prob} (T > t)$$

De betrouwbaarheid $R(t)$ is dus de kans dat de levensduur T groter zal zijn dan t . Uitgedrukt via de cumulatieve falingsdistributiefunctie $F(t)$ is dit:

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt$$

waarbij $f(t)$ de falingsdistributiefunctie is.

De bepaling van de betrouwbaarheid hangt nauw samen met de falingssnelheid. De falingssnelheid $h(t)$ is een maat voor het aantal optredende fouten per tijdseenheid, of:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Tijdens de levensduur van een niet-repareerbaar systeem worden drie verschillende stadia onderscheiden, vaak voorgesteld m.b.v. het badkuipcurve-concept.

5.5.3. *Bepaling van betrouwbaarheid*

In de praktijk bestaan er verschillende manieren om de betrouwbaarheid te berekenen. Een beknopt overzicht wordt hier gegeven en de voor de praktijk meest nuttige technieken worden in de volgende secties verder uitgewerkt.



5.5.3.1. *Gebaseerd op empirische gegevens*

Het bepalen van de falingsdistributie $f(t)$ en de afleiding van de betrouwbaarheid $R(t)$ a.h.v. historische gegevens vormt de basis van deze techniek. Bij het bepalen van de distributie kunnen zowel grafische technieken als statistische fittingsmethodes worden gebruikt. Naast de ouderdom wordt soms ook nog andere informatie genoteerd. Deze informatie wordt meestal verwerkt in de falingssnelheid als $h(t, z(t))$ waarbij $z(t)$ refereert naar de aanvullende informatie. Een typisch voorbeeld is de schatting van de betrouwbaarheid van vliegtuigmotoren voor de bepaling van het optimale revisie-tijdstip. Het aantal vlieguren is een indicatie voor de ouderdom, terwijl de bijkomende informatie $z(t)$ gegeven wordt door de spectrometrische analyse (bepaling van ijzer- en zilvergehalte in de motorolie).

5.5.3.2. *Gebaseerd op het falingsmechanisme*

Bij deze techniek wordt teruggegrepen naar de fundamentele karakteristieken van het ontwerp en de operationele omstandigheden. Het meest populaire model is het weerstand-belasting model (load-strength model). De begrippen belasting en weerstand moeten hier worden beschouwd in hun breedste betekenis: om aan de “belasting” te kunnen weerstaan, moet de intrinsieke “weerstand” van het systeem groter zijn dan deze belasting. Een voorbeeld hiervan is de faling van een lager: inwendige spanningen (t.g.v. ruwheid, gebrek aan smering, ...) kunnen de sterkte van de lager overstijgen zodat overhitting, breuk, ... optreedt.

In de weerstand-analyse worden wel twee factoren gedefinieerd, nl. de veiligheidsmarge (VM) en de belastingsruwheid (BR), nl.

$$\text{Veiligheidsmarge} = VM = \frac{\bar{S} - \bar{L}}{\sqrt{\sigma_s^2 + \sigma_L^2}}$$

$$\text{Belastingsruwheid} = BR = \frac{\sigma_L}{\sqrt{\sigma_s^2 + \sigma_L^2}}$$

De veiligheidsmarge is een maat voor het relatieve verschil tussen de gemiddelde waarden voor belasting en weerstand. De belastingsruwheid is een maat voor de standaardafwijking van de belasting. Deze twee parameters laten een analyse toe van de interferentie tussen de belasting en de weerstand, zoals geïllustreerd in Exhibit 5.7. Dit model kan nog verder gesofistikeerd worden door tijdafhankelijke veranderingen te beschouwen t.g.v. vermoeiing, slijtage, corrosie, ...

Deze modellen worden gebruikt om de functionele afhankelijkheid weer te geven van de betrouwbaarheid van een aantal factoren. Meestal ontbreekt echter de fundamentele kennis van het falingsmechanisme zodat een gefundeerde voorspelling van de betrouwbaarheid niet mogelijk is.

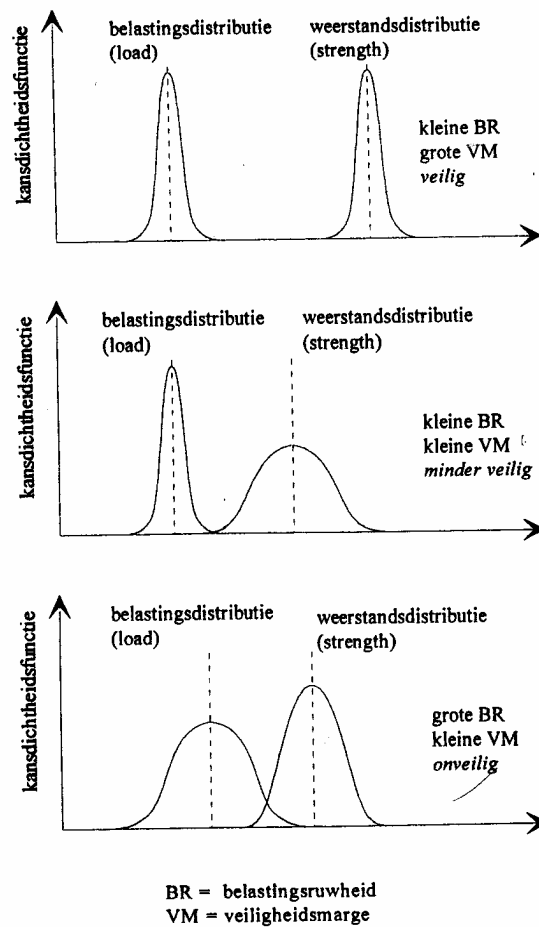


Exhibit 5.7: “Weerstand - Belasting” model.

5.5.3.3. Gebaseerd op de componentbetrouwbaarheid

In de literatuur worden de systemen meestal voorgesteld als bestaande uit componenten met een onafhankelijk falingsgedrag. In de praktijk geldt deze visie wel voor elektronische componenten, maar niet voor mechanische componenten. In mechanische structuren zijn de belastingen en weerstanden sterk gecorreleerd. Hierdoor komt het dat het falingsgedrag van de globale installatie niet simpelweg kan worden beschreven a.d.h.v. unie en doorsnede van de individuele samenstellende mechanische componenten. Om een realistische bepaling van de betrouwbaarheid te verkrijgen, moeten modellen of simulatie worden gebruikt. Toch wordt vaak de interafhankelijkheid in een eerste benadering verwaarloosd.

Wanneer het falingsgedrag van de samenstellende componenten als onafhankelijk mag beschouwd worden, dan gebeurt de voorspelling van de betrouwbaarheid in vier stappen:

1. bepaal de betrouwbaarheid van elke component
2. bepaal de superviserende controlestrategie (reparatie en onderhoud)



3. bepaal de afhankelijkheid tussen systeemfalingen en componentfalingen
4. stel een waarschijnlijkheidsmodel op aan de hand van de informatie uit (1), (2) en (3).

Op de berekeningstechnieken ter zake zal in paragraaf 5.5.4 dieper ingegaan worden.

5.5.3.4. *Gebaseerd op standaardgegevens*

Voor sommige componenten bestaan er databanken met informatie voor de berekening van de betrouwbaarheid. De meeste van deze databanken zijn ontwikkeld voor militaire toepassingen.

Een standaardvoorbeeld zijn de militaire tabellen voor elektronische componenten (MIL-HDBk-217). De berekening houdt niet enkel rekening met de structuur, maar eveneens met de belasting en de operationele omstandigheden. Een analoog handboek voor mechanische componenten is nu eveneens in ontwikkeling. Het grote probleem bij deze databanken is dat de toepassingen en types zo verschillend zijn dat de opgegeven data niet als algemeen geldend kunnen worden beschouwd.

5.5.4. *Berekeningen gebaseerd op componentgedrag*

5.5.4.1. *Serie en parallel systemen*

De meeste installaties zijn opgebouwd uit verschillende componenten. De meest eenvoudige configuraties zijn de serieopbouw en de parallel opbouw. In de serieopstelling betekent de faling van één component eveneens de faling van het hele systeem. Een systeem met parallelschakelingen functioneert wanneer tenminste één van de samenstellende componenten werkt. Als de componenten onafhankelijk zijn met een individuele betrouwbaarheid van R_i , dan wordt de globale betrouwbaarheid van het systeem met n seriële, resp. n parallelle componenten gegeven door:

$$R_{\text{serie}} = \prod_{i=1}^n R_i$$

$$R_{\text{parallel}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i)$$

Systemen kunnen dikwijls als een combinatie van serie- en parallel structuren gezien worden.

5.5.4.2. *Complexe systemen: exacte methodes*

Complexe systemen kunnen niet geklasseerd worden als eenvoudige serie of parallel systemen.

Volgende methodes kunnen gebruikt worden om de betrouwbaarheid van een dergelijk systeem te bepalen:

- enumeratie: hierbij worden alle mogelijke configuraties genoteerd en nagegaan in welke omstandigheden het systeem werkt of faalt;
- pad-opsporing: hierbij worden de combinaties opgegeven waarbij het systeem werkt;



- sleutelcomponent: hierbij worden de conditionele kansen genoteerd rond het element dat de structuur complex maakt.

Al deze methodes hebben het nadeel dat het rekenwerk exponentieel toeneemt als het aantal componenten toeneemt. Vandaar dat deze technieken weinig of niet van belang zijn en dat meestal naar de hieronder beschreven benaderingsmethodes wordt gegrepen.

5.5.4.3. *Complexe systemen: Betrouwbaarheidsblokdigramma's*

Bij een betrouwbaarheidsblokdigram analyse worden de logische verbanden weergegeven die tot een falen kunnen leiden. Het is belangrijk om in te zien dat dit blokdigram niet noodzakelijk hetzelfde hoeft te zijn als het functionele schema van het systeem. De procedures die in de volgende sectie besproken worden zijn nuttige hulpmiddelen bij het opstellen van de blokdigrammen. Bij deze analyse wordt het globale betrouwbaarheidsblokdigram gereduceerd tot een eenvoudige vorm die geanalyseerd kan worden m.b.v. serie- en parallelstructuren. Hierdoor kan zowel een onder- als bovengrens voor de betrouwbaarheid van het systeem worden bepaald.

De ondergrens wordt bepaald door de betrouwbaarheid te berekenen van de systemen die gevormd worden door de componenten in serie te beschouwen. De bovengrens wordt bepaald door de componenten in parallel te beschouwen. Hiervoor moeten twee verzamelingen opgesteld worden: (1) de minimale-uitval verzameling (cut set), nl. de minimale verzameling van combinaties van componenten die ervoor zorgen dat het globale systeem faalt, en (2) de minimale operationele verzameling (tie set), nl. minimale verzameling van combinaties van componenten die ervoor zorgen dat het globale systeem werkt.

De grenzen voor de betrouwbaarheid worden dan gegeven door:

$$\prod_{j=1}^T \left(1 - \prod_{i=1}^{n_j} (1 - R_i)\right) < R_{\text{systeem}} < 1 - \prod_{j=1}^N \left(1 - \prod_{i=1}^{n_j} R_i\right)$$

waarbij N het aantal combinaties is in de minimale uitval-verzameling, T het aantal combinaties in de minimale operationele verzameling en n_j is het aantal componenten in de j-de combinatie.

Deze methode is geschikt voor de analyse van grote systemen waarbij verschillende configuraties mogelijk zijn. Bovendien is deze techniek geschikt voor een computerondersteunde verwerking.

Deze methodes worden geïllustreerd aan de hand van het numerieke voorbeeld in Exhibit 5.8, de betrouwbaarheid is dezelfde voor alle componenten nl. 0,9.

De minimale operationele verzameling wordt bepaald door de opsomming van de paden die ervoor zorgen dat het globale systeem operationeel blijft. De mogelijke operationele paden zijn hier: C1-C4, C2-C5, C1-C3-C5 en C2C3-C4. Deze kunnen dus in een parallel netwerk gezet worden vermits het systeem werkt als minstens 1 van de combinaties beschikbaar is. Van deze parallelle structuur wordt de betrouwbaarheid dan gevonden als

$$1 - (1 - R_1 R_4) (1 - R_2 R_5) (1 - R_1 R_3 R_5) (1 - R_2 R_3 R_4) = 0,99735$$

De uitvalverzameling wordt opgesteld door de sommatie te maken van de combinaties die ervoor zorgen dat het globale systeem faalt. De mogelijke combinaties tot uitval zijn hier: C1-C2, C4-C5, C1-C3-C5 en C2C3-C4. Wanneer één van deze combinaties optreedt, gaat het ganse systeem in falen,



zodat we deze verzameling als een serieschakeling kunnen zien. De betrouwbaarheid van deze schakel is:

$$(1-(1-R1)(1-R2))(1-(1-R4)(1-R5))(1-(1-R1)(1-R3)(1-R5))(1-(1-R2)(1-R3)(1-R4)) = 0,97814.$$

5.5.4.4. *Redundantie*

Wanneer een aantal componenten in parallel geschakeld zijn, betekent dit meestal dat het systeem overgedimensioneerd is. Bij het parallel schakelen moet dus nagegaan worden of de winst in betrouwbaarheid wel degelijk opweegt tegen de extra kosten die deze redundantie teweegbrengt. Er bestaan bovendien verschillende types redundantie. Bij “actieve redundantie” zijn alle eenheden actief, zodat ze niet aangeschakeld hoeven te worden wanneer de opererende eenheid uitvalt. Bij “m-van-de-n” redundantie” is het nodig dat m eenheden van de n operationeel zijn, opdat het systeem zou functioneren. Inactieve (stand-by) redundantie duidt aan dat een component niet continu is aangeschakeld, maar dat deze pas ingeschakeld wordt wanneer nodig (d.i. wanneer de primaire component uitvalt). Dit introduceert een bijkomende faalkans vanwege de schakelaar.

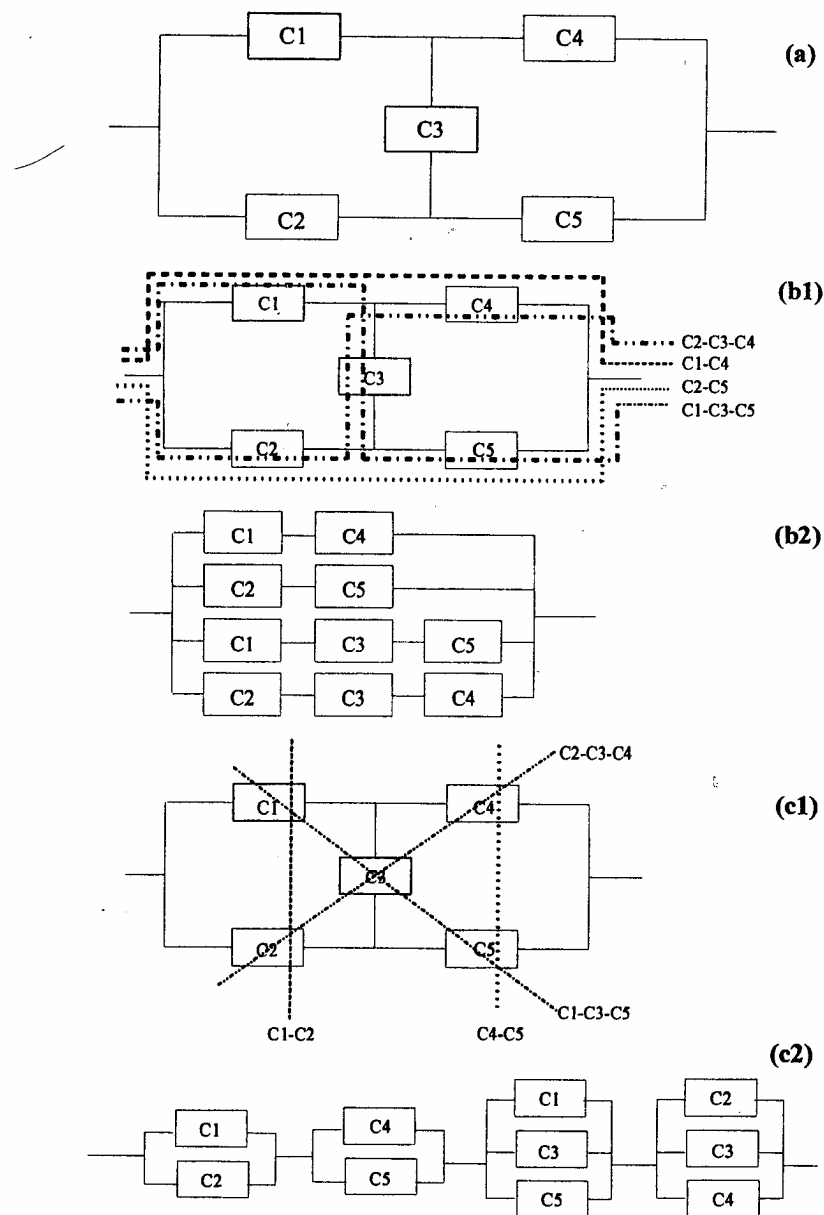


Exhibit 5.8: Complex systeem: voorbeeld.

5.6. Onderhoudbaarheid

Naast de betrouwbaarheid vormt de onderhoudbaarheid een belangrijk onderdeel binnen het onderhoudsbeheer. Niet enkel het aantal falingen is van belang, maar eveneens de tijd en het gemak om fouten te herstellen en te voorkomen spelen een rol in de performantie.

Bij de analyse van de onderhoudbaarheid en de planning van onderhoudswerkzaamheden zijn de betrouwbaarheidsprocedures zoals FMECA en FTA een eerste vereiste. De effecten van falingen (kosten, gevaarsituaties, detecteerbaarheid) bepalen de planning van het onderhoud.



Daarenboven zijn deze procedures heel behulpzaam bij het opstellen van diagnoseprocedures en controlelijsten. Bij het ontwerpen van een installatie moet een goede onderhoudbaarheid voor ogen gehouden worden zodat de taken gemakkelijk kunnen worden uitgevoerd.

Er dient dus te worden opgelet dat de diagnose (bij correctief en preventief onderhoud) niet te complex is, rekening houdend met de ervaring en de opleiding van de gebruikers en het onderhoudspersoneel. Hierbij zijn bereikbaarheid, gebruik van standaard gereedschap, het vermijden van delicate afregelingen en calibraties, ... gewenste karakteristieken. Daarenboven moet worden getracht om het aantal geplande onderhoudsbeurten zo laag mogelijk te houden. Een aantal factoren die de onderhoudbaarheid en de betrouwbaarheid en dus ook de beschikbaarheid beïnvloeden wordt gegeven in Exhibit 5.9. Het ontwerp van goed onderhoudbare systemen hangt nauw samen met het ontwerp van eenvoudige productiemethoden. Wanneer een product eenvoudig te assembleren en te testen is, dan zal het onderhoud ervan meestal eenvoudig verlopen. In deze optiek is bv. de testbaarheid van elektronische circuits van belang. Meestal bevatten complexe elektronische systemen extra hard- en software ter ondersteuning van de diagnosestelling. Deze extra functionaliteiten betekenen evenwel ook extra complexiteit, kosten en een eventuele verhoging van de faalkans.

Een ander aspect binnen de onderhoudbaarheid is de uitwisselbaarheid van onderdelen. De onderdelen moeten ook ontworpen zijn, zodat bijstellingen en calibratie overbodig worden.

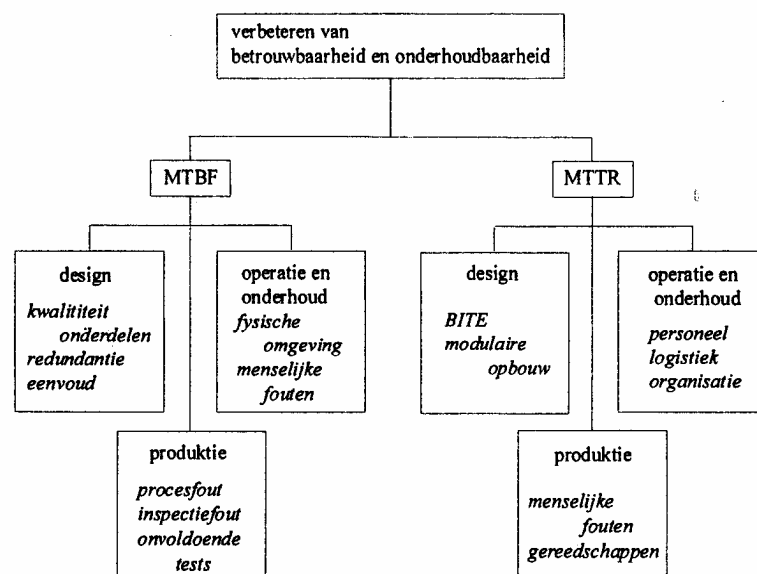


Exhibit 5.9: Betrouwbaarheid- en onderhoudbaarheidsprogramma's.

5.7. Vereenvoudigde begrippen i.v.m. Onderhoudbaarheid - Betrouwbaarheid - Beschikbaarheid

5.7.1. *Enkele definities*

Intrinsieke beschikbaarheid(sgraad):

Is de (theoretische) verhouding tussen de gemiddelde tijd gedurende dewelke een object werkt zoals



voorzien en de totale tijd gedurende dewelke het werkt vermeerderd met de gemiddelde tijd om het te onderhouden.

Wordt uitgedrukt door

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Operationele beschikbaarheid(sgraad):

Is de werkelijke verhouding tussen de gemiddelde tijd gedurende dewelke een object werkt zoals voorzien (UpTime) en de totale tijd gedurende dewelke het werkt vermeerderd met de tijd om het te onderhouden (DownTime).

Wordt uitgedrukt door

$$A_o = \frac{UT}{UT + DT}$$

Onderhoudsvriendelijkheid:

De onderhoudsvriendelijkheid wordt gedefinieerd als de eigenschap van een object dewelke de gemakkelijheid aanduidt om onderhouden te worden onder wel bepaalde operationele voorwaarden. Een goede onderhoudsvriendelijkheid betekent een lage MTTM of een lage MTTR.

5.7.2. MTBF

De intrinsieke betrouwbaarheid van een onderdeel kan worden uitgedrukt door de MTBF (Mean Time Between Failure), t.t.z. de gemiddelde werkingstijd uitgedrukt in een gekozen eenheid (werkingsuren, vlieguren, cycli, km,...) tussen 2 falingen.

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$$

t_i = de werkingstijden over de beschouwde periode
 n = het aantal falingen over beschouwde periode

Gebruik van dit statistisch gegeven:

- betrouwbaarheid van een systeem of onderdeel bepalen;
- nodige onderhoudsmiddelen (budget, Pers,...) evalueren;
- minimale betrouwbaarheid definiëren in aankoopcontracten.

Een faling kan zijn:

- een defect onderdeel (faling bevestigd door test in werkplaats)
- met invloed op hoofdsysteem $\Rightarrow$ MTBC(critical)F
- zonder invloed op hoofdsysteem $\Rightarrow$ MTBF

Bepaling MTBF kan in de praktijk (statistisch) of door testen bepaald worden. Voor samengestelde systemen:



$$\frac{1}{MTBF(A)} = \frac{1}{MTBF(1)} + \frac{1}{MTBF(2)} + \frac{1}{MTBF(3)}$$

Een verbetering van de MTBF kan door:

- technische verbeteringen (modificaties),
- nieuwe technologieën,
- redundantie (ontdubbeling van systemen verhoogt de MTBF van het Avn als geheel, maar verhogen tevens het aantal defecten)
- kwaliteitsbeheersing, -borging, -verbetering,
- aangepaste vorming,
- aangepast gereedschap,
- duidelijke en gebruiksvriendelijke documentatie.

Andere gebruikte termen met dezelfde karakteristieken als MTBF:

- MTBCF (Mean Time Between Critical Failure) : de gemiddelde tijd tussen falingen die de goede werking van het systeem verhinderen is de gemiddelde duur van de tijdsintervallen gedurende dewelke een item werkt zoals voorzien (herstelbare items).
- MTBMA (Mean Time Between Maintenance)
- MTBR (Mean Time Between Removal/Replacement)
- MTTF (Mean Time To Failure): gemiddelde duur van de tijdsintervallen tussen falingen. Wordt gebruikt in het geval van onherstelbare items (bvb. lampen).

De waarschijnlijkheid tot faling (falingsgraad) is

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

De falingsgraad varieert met de tijd en is dus niet constant tijdens de levensduur van een object.

5.7.3. **MTTR**

De onderhoudbaarheid van een materieel kan worden uitgedrukt door de MTTR (Mean Time to Repair), t.t.z. de gemiddelde tijd (zonder onderbreking) om de uitrusting terug in goede staat te stellen.

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^m r_i}{m}$$

r_i = de herstellingstijden over de beschouwde periode
 m = aantal herstellingen over de beschouwde periode

Bij de bepaling van de herstellingstijd is een goede definitie van de factor 'tijd' noodzakelijk. Twee mogelijkheden:

- aankomst werkplaats tot herstelling (aanduiding van de doeltreffendheid van de werkplaats)
- vertrek voor herstelling tot terugkomst in goede staat (aanduiding van de herstellings pipeline-time)

Andere gebruikte termen met dezelfde karakteristieken als MTTR:



- Gemiddelde tijd om te onderhouden (MTTM: Mean Time to Maintain): de gemiddelde tijd om te onderhouden is de gemiddelde duur van alle tijdsintervallen gedurende een bepaalde periode gedurende dewelke preventieve en storingsafhankelijke onderhoudsactiviteiten worden uitgevoerd.

Verbetering van de MTTR door (zie Exhibit 5.9):

- bereikbaarheid onderdelen,
- snelle omwisseling (modularisatie, wegwerponderdelen),
- falings-detectie (BITE: Build In Test Equipment, MFL: Maintenance Fault List),
- goede werkorganisatie,
- aangepaste stock (doeltreffend herbevoorradingssysteem).

5.7.4. *Relatie tussen betrouwbaarheid, onderhoudsvriendelijkheid en beschikbaarheid*

Goldmann en Slattery publiceerden in hun boek “Maintainability: a major element of system effectiveness” enkele beschouwingen aangaande de relatie tussen betrouwbaarheid, onderhoudsvriendelijkheid en beschikbaarheid.

Als het aantal falingen over een tijdsperiode en het gemiddelde van de onderhoudstijden over diezelfde periode gekend zijn, stelt het product van deze twee de som voor van de stilstandstijden. Daar de totale periode gekend is, betekent dit dat dan de beschikbaarheid ook gekend is. De uitdrukking van de beschikbaarheid als het product van het aantal falingen en de onderhoudstijd wordt geïllustreerd in de hieronderstaande figuur. Het toont aan dat een beschikbaarheid kan bereikt worden door een aantal combinaties van betrouwbaarheid en onderhoudstijden.

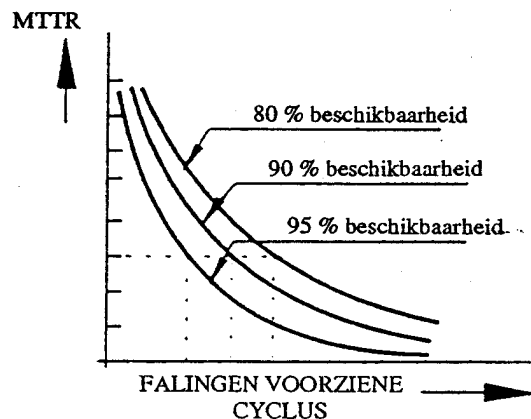


Exhibit 5.10: Grafische relatie tussen betrouwbaarheid, onderhoudsvriendelijkheid.

Eigenlijk zijn de ISO-beschikbaarheidskurven die grafisch in een vlak worden voorgesteld, projecties van een -hypothetisch- beschikbaarheidsoppervlak, geïllustreerd in de volgende figuur in dewelke de beschikbaarheidsas is toegevoegd.

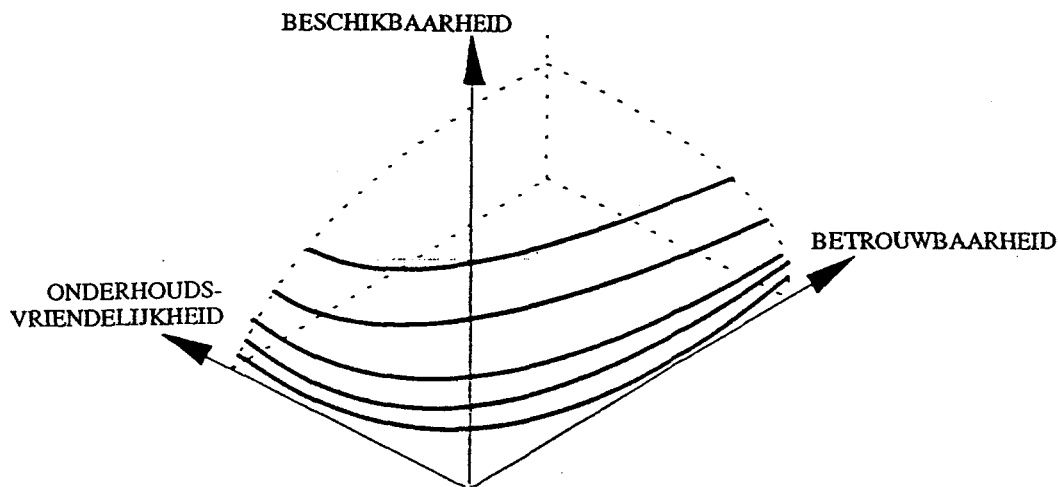


Exhibit 5.11: Hypothetisch beschikbaarheidsoppervlak.

Tijdens het ontwerp kan de betrouwbaarheid of de onderhoudsvriendelijkheid veranderd worden. In het geval van een bestaand systeem met een inherente betrouwbaarheid, kan de beschikbaarheid alleen gedeeltelijk beïnvloed worden door de lengte van de onderhoudstijden te beïnvloeden.

5.8. FMECA - Risk Analysis - HAZOP

5.8.1. *Criticiteitsanalyse FMECA (Failure mode, their effects and criticality analysis)*

5.8.1.1. *Definitie*

FMECA kan vertaald worden als de analyse van de storingsvormen, hun effecten en criticiteit. Het betreft een methode voor de studie van de bedrijfszekerheid van een object of een component die toelaat om aan de hand van de analyse van alle storingsoorzaken die de goede werking van een systeem in een welbepaalde toepassing kunnen in gevaar brengen de gevolgen en de criticiteit op het geheel te bepalen.

Het gaat hier over een inductieve methode die een kwalitatieve analyse van de bedrijfszekerheid van een object of systeem op alle niveaus toelaat.

Storingsvormen:

bestaande ervaringen of een anticipering van het storingsgedrag in functie van de bedrijfsomstandigheden worden gebruikt als basis voor het bestuderen van de meest waarschijnlijke storingsvormen van het object of het systeem en haar componenten, hun lokalisatie en hun mechanisme.



Het effect van de storingen:

de potentiële storingen worden bestudeerd teneinde hun mogelijk effect op de prestatie van het geheel en de effecten op de elkaar inwerkende componenten te bepalen.

De analyse van de criticiteit laat toe de storingen van een technisch systeem volgens de belangrijkheid van hun gevolgen in te delen.

Criticiteit van de storingen:

de mogelijke storingen in de verschillende delen van een productiesysteem worden onderzocht teneinde het belang van het effect van elke storing in termen van prestatievermindering, veiligheid, totaal functieverlies, enz. te bepalen.

In het geval van een productiesysteem kan deze technische analyse toegepast worden op het niveau van:

- het ontwerp van een uitrusting;
- het uittesten van een uitrusting;
- de uitbating.

FMECA kan met toepassen op gelijk welk systeem: mechanisch, hydraulisch, elektrisch of elektronisch of een combinatie van deze. Ze wordt toegepast op eenvoudige systemen (een uitrusting) of op meer complexe systemen (een vloot van rollend materieel, een ganse sector van een fabriek, een vliegtuig, ...).

5.8.1.2. *Implementering van FMECA*

De implementering sluit in

- een voorbereidende fase om de grenzen van de studie vast te leggen en ook om een werkgroep tezamen te stellen;
- de storingsanalyse met de bepaling van de storingsvormen, het opzoeken van de oorzaken en de inventaris van de effecten;
- de berekening van de criticiteit die de ernst van de gevolgen van een storing bepaalt door het in acht nemen van drie factoren: de **frequentie** van voorkomen van de storing die gekarakteriseerd wordt door een storingsgraad; de **waarschijnlijkheid** dat de storing op voorhand kan waargenomen worden (detecteerbaarheid) en de **zwaarte** van de effecten van de storing met betrekking tot de veiligheid van personen en goederen t.o.v. de productie (in termen van hoeveelheid, continuïteit en kosten die door de storing veroorzaakt worden), tot de kwaliteit en tot de bescherming van het leefmilieu.

Voor ieder criterium wordt een coëfficiënt vastgelegd waarvan de waardebepaling (bijvoorbeeld van 1 tot 4) door afspraak gevormd wordt:

- Frequentie: coëfficiënt F
- Detecteerbaarheid: coëfficiënt D
- Zwaarte: coëfficiënt G

De criticiteit wordt dan uitgedrukt door het product

$$C = F \times D \times G$$

De bekomen waarde laat toe om verbeteringsopzoekingen te doen, te beginnen met deze waarvan de criticiteit het hoogst is.



Na de verbetering uitgevoerd te hebben, kan men de efficiëntie ervan evalueren door een nieuwe berekening van de criticiteit te doen en met de vorige waarde te vergelijken. In bijvoegsel 1 is een voorbeeld van een tabel voor een FMECA analyse opgenomen alsook enkele voorbeelden voor de waardebepaling van de verschillende coëfficiënten die deel uitmaken van de criticiteit.

5.8.2. *Risicoanalyse (Risk analysis)*

Het risico is de karakteristiek van een ongewenst feit bepaald door:

- de waarschijnlijkheid van voorkomen
- de gevolgen van het voorkomen.

De risicoanalyse heeft als objectief:

- de gevaren en de risico's op een object te bepalen alsook de oorzaken ervan. Basisparameters zijn daarbij de gevaarlijke eenheden; de gevaarlijke toestanden, de potentiële onveiligheden (ongevallen of storingen)
- de ernst van de gevolgen te evalueren verbonden aan deze potentiële gevaarlijke toestanden.

Oorspronkelijk werd deze methode alleen gebruikt voor de veiligheid, maar wordt nu ook gebruikt voor de beschikbaarheid. Daarbij gaat men ervan uit dat de notie gevaar uitgebreid wordt tot "industriële gevaar", veroorzaakt door een kritische onbeschikbaarheid van het object. De risicoanalyse wordt reeds toegepast van bij het ontwerp, zelfs vooraleer andere methodes te gebruiken. Met deze analyse kan men:

- de items, situaties of ongewenste feiten bepalen die in detail moeten onderzocht worden
- de mogelijke storingsoorzaken opzoeken die dan verder met de methode van de foutenboom, FMECA of HAZOP moeten bestudeerd worden.

De resultaten van de risicoanalyse worden in een tabel vastgelegd. De risico's worden gekwantificeerd en naar belangrijkheid geklasseerd met aanduiding van eventuele preventiemaatregelen.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Systeem of functie	Fase	Gevaarlijk gedeelte	Initiërend feit	Gevaarlijke toestand	Ongewenst feit, oorzaak van potentieel ongeval of storingen	Potentiële ongevallen of storingen	Effecten of gevolgen	Ernst	Preventieve maatregelen	Toepassing van die maatregelen

Exhibit 5.12: Typevoorstelling van een risicoanalyse.

Om de gevaren te identificeren moet men een overzicht samenstellen van informatie die betrekking hebben op de installatie: prestaties, veiligheid van de personen en omgeving, indicatie van gebruik en gefabriceerde producten, gevaarlijke stoffen en procédés, enz.

5.8.3. *Operationele criticiteitsstudie HAZOP (HAZard and OPerability study)*

HAZOP is een analyse van de gevolgen en de criticiteit van afwijkingen op procesgebonden of bedieningsparameters van een object.



Deze methode is een uitbreiding van de FMECA door operationele parameters van de objecten te bestuderen boven op de storingsvormen. Het is een kwalitatieve methode die als objectief heeft op een systematische manier functieafwijkingen in het systeem t.o.v. verwachte functies te identificeren, met inbegrip van oorzaken en gevolgen. Het laat toe om mogelijke correctieve acties die de afwijking vermindert of uitschakelt te bepalen.

Het is een gemengde methode. Zij is deductief wat betreft het opsporen van de oorzaken en inductief wat betreft de bepaling van de effecten.

Voorbeeld

SLEUTEL- WOORD	AFWIJKING	MOGELIJKE OORZAKEN	GEVOLGEN	CORRECTIEVE AKTIE
Geen Verhoging	Geen debiet Verhoogd debiet Verhoogde druk Verhoogde temperatuur			
Verlaging	Verlaging debiet Verlaagde tem ratuur			
Dosering	Hoge concentratie van water en stoom			
Andere	Onderhoud			

5.9. Overall equipment effectiveness (O.E.E)

Het meten van de O.E.E. laat toe zich een idee te vormen van het rendement van installaties en machines. Het kan als basis dienen om meer gedetailleerde analyses te doen, door middel van reeds vermelde technieken zoals analyse van de boomstructuur der falingen, FMECA, HAZOP, Risk Analysis, enzovoort. De O.E.E. volgt uit een analyse van de verliestijden, hetgeen in Exhibit 5.13 gevisualiseerd is.

De globale technische effectiviteit is het product van 3 factoren

O.E.E. = beschikbaarheid x productiesnelheid x kwaliteit of

O.E.E. = B x S x K

met volgende parameters

B = beschikbaarheid

S = snelheid (productiehoeveelheid)

K = kwaliteit.

Met bovenstaande bepaling van de effectieve bedrijfstijd kan men een aantal ratios vastleggen dewelke als technische performantieindicatoren kunnen dienen:

onder geplande stilstandstijd verstaat men productie-gebonden stilstandstijden (vb. grondstoffenplanning, gebrek aan bestellingen) of stilstandstijden voor gepland onderhoud en shut-downs;



de beschikbaarheidsindicator B:
$$\frac{\text{geplande produktietijd} - \text{accidentele stilstandstijden}}{\text{geplande tijd}}$$

onder accidentele stilstandstijden verstaat men zowel productiegebonden stilstandstijden (bvb. verkeerde producties, stockbreuk grondstoffen, afstellingen) als onderhoudsgebonden stilstandstijden (storingen, herstellingen, stockbreuk wisselstukken, ...);

de snelheids (produktiehoeveelheids) indicator S:
$$\frac{\text{gerealiseerde productiehoeveelheid}}{\text{geplande productiehoeveelheid}}$$

hier wordt de theoretische geplande snelheid vergeleken met de gerealiseerde snelheid waarbij kleine processtoringen of specifieke snelheidsverliezen een invloed hebben;

de kwaliteitsindicator K:
$$\frac{\text{gerealiseerde productie} - \text{afgekeurde productie}}{\text{gerealiseerde productie}}$$

waarbij de afgekeurde productie deze is die buiten specificatie valt.

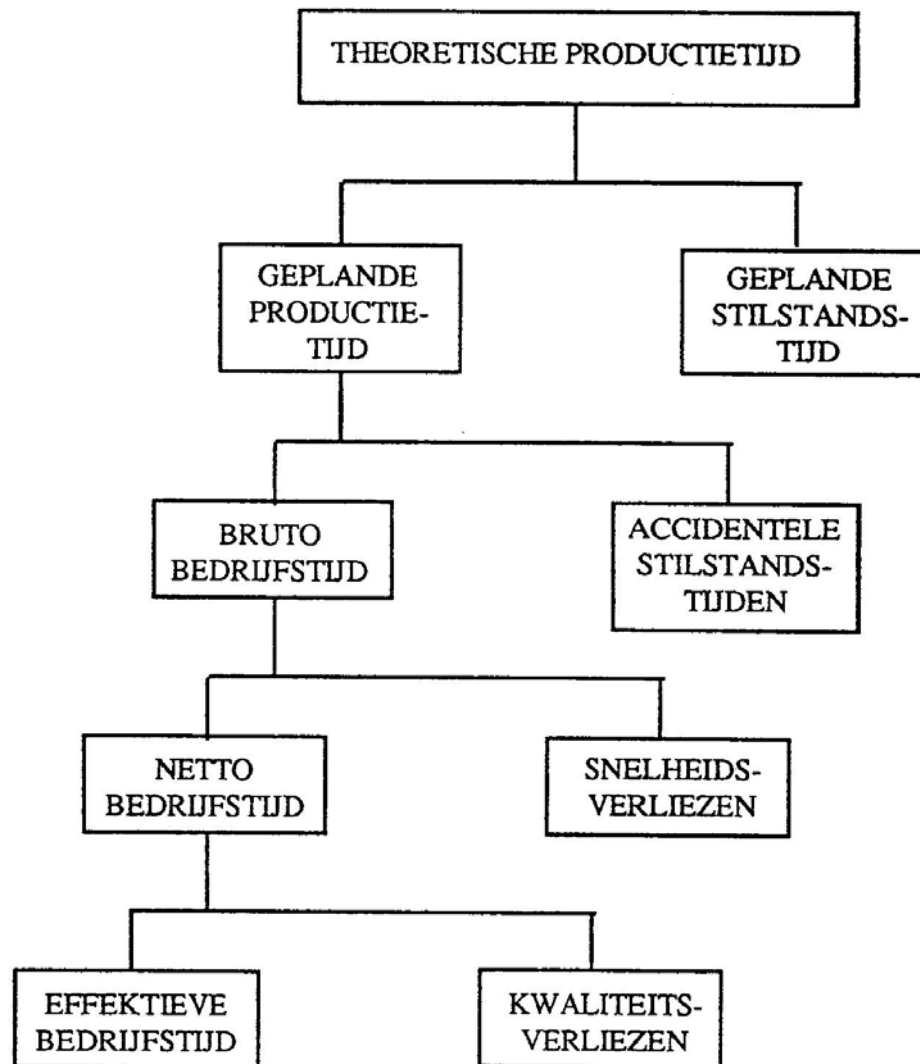


Exhibit 5.13: O.E.E. als analyse van de verliestijden.

De 10 grote verliezen die hierboven vermeld werden zijn:

- geplande stilstanden (productieplanningsverliezen; gepland onderhoud en shut-dows);
- accidentele stilstanden (technische storingen, processenbonden storingen, externe oorzaken);
- snelheidsverliezen (kleine processtoringen, specifieke snelheidsverliezen, externe oorzaken);
- kwaliteitsverliezen (buiten specificaties).

Het meten van alle bovenstaande parameters vereist een aantal bedrijfsgebonden afspraken en een goede scholing van diegenen die de metingen doen teneinde over uniforme gegevens te beschikken.

De O.E.E. is een technische prestatieindicator die vooral een “knipperlicht”-functie heeft. De O.E.E. geeft geen uitsluitsel over de daarmee verbonden kosten. Het is wel een belangrijke indicator in de berekening van de indirecte kosten (gevolgkosten).



In bijvoegsel wordt een voorbeeld van een O.E.E. berekening en een voorbeeld hoe men over de maanden heen een opvolging kan doen van elke parameter en van de O.E.E. gegeven.

Het combineren van de O.E.E. met de planningsindicator geeft het bedrijfsrendement

Bedrijfsrendement = O.E.E. x P

met de planningsindicator $P = \frac{\text{theoretische productietijd} - \text{geplande stilstandstijd}}{\text{theoretische productietijd}}$



6. Onderhoudsbeleid

6.1. Bedrijfsbeleidsplan en onderhoudsbeleidsplan

Om te kunnen inspelen op het IKZ-beleid van een onderneming dient wat het onderhoud betreft, een beleidsplan opgemaakt te worden. Dit plan zal rekening moeten houden met de voorschriften betreffende kwaliteit, leefmilieu en veiligheid en zal dit moeten hard maken in het kader van een kostenbewuste productie.

Het onderhoudsbeleidsplan vloeit voort uit het bedrijfsbeleidsplan. Dit laatste legt de richtlijnen vast van een aantal bedrijfsgebonden gebieden en het structureel en operationeel kader om die te verwezenlijken.

Als voorbeeld worden volgende gebieden vermeld die deel kunnen uitmaken van een bedrijfsbeleidsplan

- beheer van de menselijke middelen (Human resources)
- algemeen investeringsbeleid
- keuze van het productieproces
- hernieuwing van de productie-uitrustingen
- aanschaffing van nieuwe uitrustingen
- informatisering in het bedrijf
- financieel beheer
- marketing
- aankoop van grondstoffen

Het onderhoudsbeleidsplan zal daar moeten op inspelen, en bovendien moeten rekening houden met een aantal voorschriften inzake kwaliteit, veiligheid en leefmilieu.

Voor het bepalen en verwezenlijken van dit onderhoudsbeleidsplan dient men een duidelijk standpunt in te nemen betreffende een aantal organisatorische punten en dienen middelen ter beschikking te worden gesteld of acties te worden ondernomen, die voor een reeds bestaand bedrijf betrekking hebben op volgende punten:

- een duidelijke relatie tussen het onderhoud en de andere “acteurs” en in het bijzonder met de productie: hiërarchische plaats van de onderhoudsafdeling in het organogram van het bedrijf; een keuze tussen centralisatie, decentralisatie of een gemengde organisatorische structuur;
- een vastgelegde politiek met betrekking tot de menselijke middelen voor het onderhoud: bepalen van het effectief en de benodigde kwalificaties, de opleiding en vorming, de motivatie, de loopbaanplanning, de rekrutering;
- een doordacht onderhoudsconcept: een juiste dosering tussen de verschillende vormen van onderhoud in functie van de criticiteit (t.o.v. de veiligheid, de productiehoeveelheid, de kostprijs, het leefmilieu) van machines en in het kader van het voorkomingsbeleid van het bedrijf;
- een degelijke en volledige technische documentatie van gebruiksvriendelijke machinedossiers;



- een efficiënt informatiesysteem voor onderhoudsbeheer verbonden informaticaondersteuning een aangepaste analytische boekhouding die per kostenplaats en per machine op te volgen;
- een gescheiden budget voor onderhoud;
- een welbepaalde onderaannemingspolitiek;
- een bestudeerde hernieuwingspolitiek;
- een beleid betreffende het onderhoudsvriendelijk aankopen van nieuwe uitrustingen;
- en in het kader van ISO 9000:2000: een correcte beschrijving van de onderhoudsorganisatie en -procedures.

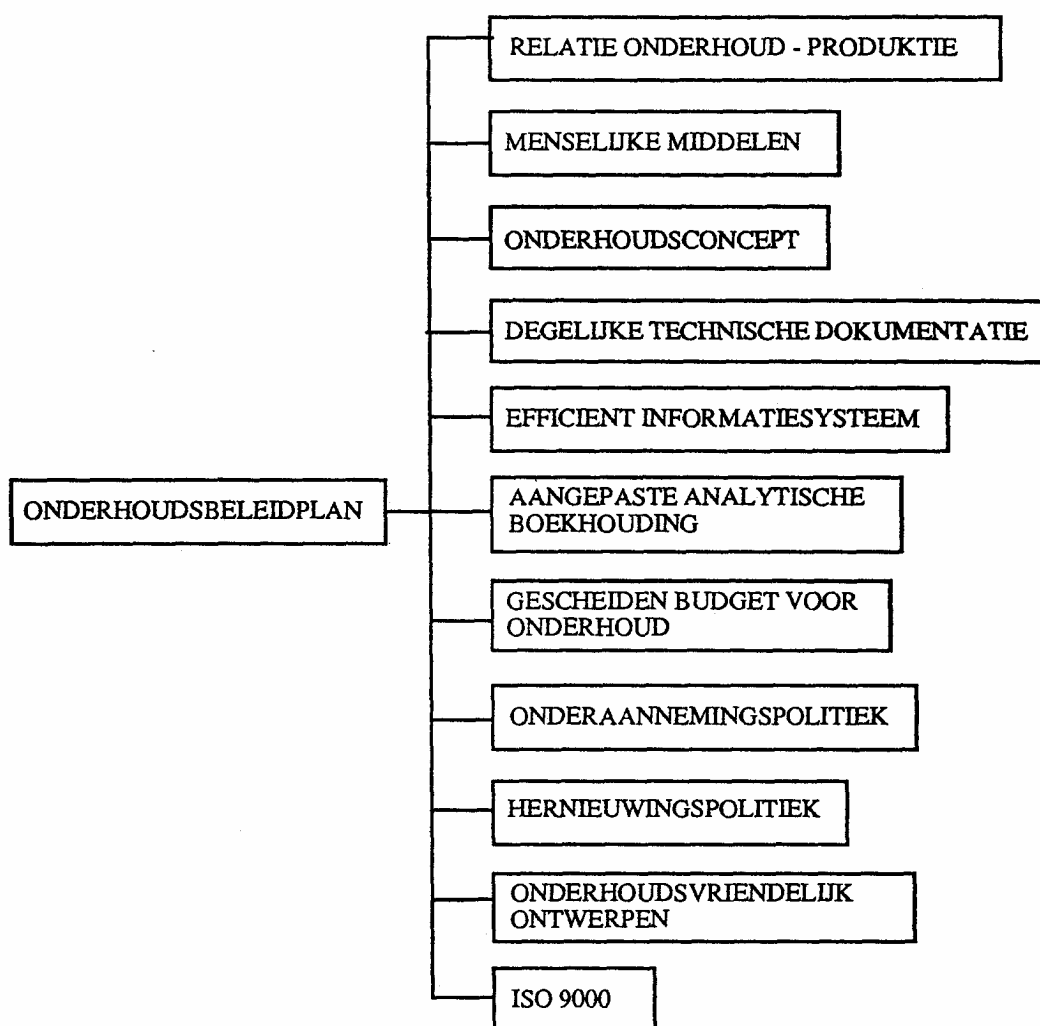


Exhibit 6.1: De elementen van een onderhoudsbeleidsplan.

De realisatie van bovenstaande punten vereist een totale betrokkenheid zowel van het topmanagement als van het uitvoerend personeel. Daartoe dient de bewustwording betreffende de belangrijkheid van het onderhoud in het productiegebeuren te worden verhoogd. Pas dan kan men denken aan het aanpassen van de organisatie, het aantrekken van gekwalificeerd personeel en het invoeren van, efficiënte beheerssystemen



teneinde het onderhoud de noodzakelijke slagkracht te geven die voor de IKZ (Intergrale Kwaliteitszorg) vereist wordt.

Alhoewel het geheel van de opgesomde punten belangrijk is voor het welslagen van het onderhoudsgebeuren, zouden wij graag het accent leggen op enkele ervan die zeker niet aan de aandacht mogen ontsnappen.

De hiërarchische positie van het onderhoud binnen het bedrijf moet zeer hoog zijn, op hetzelfde niveau als de fabricatie/productie, de verkooptdienst, de administratie en de financiën.

Er bestaan verschillende **structuren voor een onderhoudsafdeling**: gecentraliseerd, gedecentraliseerd of gemengd. De keuze tussen decentralisatie en centralisatie hangt af van een groot aantal factoren zoals geografische beschouwingen, de grootte van het bedrijf, de verschillen in technologie en productieprocedures, de vereiste beschikbaarheidsgraad der uitrustingen, de indirecte kosten, de betrokkenheid van het productiepersoneel bij het onderhoudsgebeuren, enz.

Op het niveau van de ontwikkeling van de human resources zijn er 2 prioriteiten: de motivatie en de opleiding. Eén van de problemen die zich stelt is de aantrekking van hoog gekwalificeerd personeel in een domein - te weten het onderhoud - dat traditioneel weinig loopbaanperspectieven biedt. Dit is in het bijzonder het geval voor het kaderpersoneel. Het bedrijf zou daaraan kunnen verhelpen door het bepalen van een loopbaanplan voor het geheel van het onderhoudspersoneel.

De **informatica-ondersteuning van het onderhoud** kan niet geïsoleerd bekeken worden van het informatiseringsgebeuren in het bedrijf: de keuze van het of de programma's (soft) alsook de keuze van de hardware zal moeten rekening houden met wat reeds bestaat in het bedrijf of met wat gekozen zal worden in andere gebieden, zoals de boekhouding, de fabricatie, het beheer van de grondstoffen ...

Tijdens de aanschaffing van uitrustingen hetzij voor hernieuwingsdoeleinden hetzij omwille van uitbreiding of modernisatie, zou het onderhoud een eersterangsrol moeten spelen in de keuze van een adequate technologie, in het ontwerp van de uitrustingen en infrastructuur en in de te nemen maatregelen om het onderhoud veilig te stellen voor de toekomst. Bovendien zouden onderhoudsspecialisten verplicht moeten deelnemen aan de contractuele onderhandelingen.

De definitie van een **onderaannemingspolitiek voor onderhoudswerken is een factor** die gevoelig zal bijdragen tot de efficiëntie van de dienst. Men zal dus verplicht zijn zich de vraag te stellen of men zelf moet doen of laten doen. In het laatste geval komt dan de vraag welke de uit te geven werken zijn en welke door de onderhoudsdienst moeten worden uitgevoerd, zelfs ten koste van een investering in gespecialiseerd personeel, om te vermijden dat men alle knowhow verliest.

Wat betreft de definitie van het **onderhoudsconcept**, heeft men er belang bij een evenwichtige dosering tussen de verschillende vormen van onderhoud te doen (gebruiksafhankelijk, toestandsafhankelijk, storingsafhankelijk of modificaties). Deze dosering zal moeten beslist worden op basis van een studie over het belang van de betrouwbaarheid en de onderhoudbaarheid van componenten en systemen met relatie tot veiligheid, productie, kwaliteit, herstellingskost en leefmilieu. Het principe van "zerodefekt" is niet efficiënt indien men het wil toepassen op eender welke uitrustingen. Het is eerder een probleem geworden van het beheersen der storingsen, d.w.z. te weten waar men de storingsen kan toelaten en waar die absoluut moeten uitgesloten worden.

Het opstellen van een onderhoudsbeleidsplan kan enkel gebeuren op basis van een diepgaande audit van de onderhoudsfunctie enerzijds en van haar verbindingen zowel intern naar de andere diensten toe als extern naar klanten en leveranciers toe.



6.2. Bekende onderhoudsmodellen

6.2.1. *LCC/LCP (zie ook Hoofdstuk 15)*

Het Life Cycle Costing / Life Cycle Profit-model steunt op het principe dat bij de keuze van uitrustingen niet alleen de aanschaffingsprijs maar ook de volledige gebruikskosten dienen bekeken te worden.

Om zich een idee te vormen van de gerealiseerde of te realiseren resultaten voor een bepaalde uitrusting worden de gecumuleerde gebruikskosten vermeerderd met de aanschaffingsprijs, vergeleken met de gecumuleerde winsten (profits).

Onder gebruikskosten verstaat men de bedieningskosten, de energiekosten, de onderhoudskosten en alle kosten die voorliggen tot en met de verschroming.

LCC/LCP werd in het verleden vooral toegepast op rollend materieel voor openbare werken in spoorwegnetwerken en in het militair gebied. In de industrie zijn er enkele toepassingen. Het is een model dat reeds sinds de jaren '50 bekend is.

Het interessante van de LCC/LCP benadering is dat men op basis van een totale kosten/profit beschouwing, beslissingen neemt betreffende hernieuwing, rehabilitatie of modernisatie. Er dient wel opgemerkt dat men buiten de kosten/profit-parameter ook andere belangrijke parameters moet beschouwen die een invloed hebben op bovenstaande beslissingen, nl. de technologische vooruitgang, de evolutie der reglementeringen inzake veiligheid enzovoort.

6.2.2. *PM*

Het Productive Maintenance (PM) model vond zijn oorsprong in de loop van de zestiger jaren in de USA, vooral in de petrochemie en de procesindustrie.

Dit model vloeide voort uit de preventieve periodieke onderhoudsbenadering maar met het accent op de productieve functie van het onderhoud.

Dit sloot bijgevolg belangrijke betrouwbaarheids- en kostenbeschouwingen in hetgeen zich in daaruit voortvloeiende onderhoudsprogramma's vertaalde. Daar de preventieve component nog voornamelijk sloeg op periodieke taken genereerde dit model hogere directe kosten.

6.2.3. *Terotechnology*

Is een geïntegreerde benadering van het onderhoud, dewelke zijn oorsprong vindt einde van de jaren '60 in de U.K.

Het is een model dat gebaseerd is op een combinatie van beheers-, financiële, technische en andere technieken toegepast op objecten in het streven naar economisch verantwoorde levensduurkosten.

Het model is in die zin "geïntegreerd" dat het betrekking heeft op alle productieuitrustingen, nutsvoorzieningen en infrastructuur. Verder omvat het het ontwerp (betrouwbaarheid en onderhoudsvriendelijkheid), de installatie, de inbedrijfname, het onderhoud tijdens de uitbating, de modificaties, de hernieuwing, de feedback naar het ontwerp en het kostenaspect.



Terotechnologie is in feite een totale benadering die het onderhoudsgebied overschrijdt (pré-investeringsstudies, ontwerp, hernieuwing, enz.) en heeft daardoor in belangrijke mate bijgedragen tot de latere onderhoudsmodellen.

6.2.4. RCM (zie ook Hoofdstuk 16)

Reliability Centered Maintenance vond zijn oorsprong in het begin van de jaren 70 in de vliegtuigindustrie voor burgerluchtvaart in de Verenigde Staten. Het is een benadering die tot doel heeft het meest gepaste onderhoudsschema op te stellen voor een bepaald object op basis van een diepgaand onderzoek naar de betrouwbaarheid der samenstellende componenten.

Een dergelijk onderzoek is gebaseerd op FMECA technieken, ontwerp-audits, kleine groependynamiek, enz. teneinde het juiste onderhoudsschema te bepalen.

Door de onderhoudsprogramma's op te maken op basis van een ver doorgedreven concentratie op betrouwbaarheidsanalyses wordt daarbij dikwijls het kostenaspect vergeten.

Anderzijds geeft dit model een aantal gegevens die de technische behoeften die in een onderhoudsprogramma moeten afgedekt worden zeer goed bepaalt, vooropgesteld dat men subjectieve inschattingen vermijdt. Dit kan gebeuren door te werken met groepen waaraan zowel onderhouds- als productiemensen en ontwerpingenieurs deelnemen.

6.2.5. TPM (zie ook Hoofdstuk 17)

Als hoofdspillen in Total Productive Maintenance vindt men 3 belangrijke factoren terug die voordien reeds in zekere zin in andere onderhoudsmodellen bestonden, te weten de metingen op machines, de betrokkenheid van de operatoren en het gepland onderhoud.

Naar analogie van de controletechnieken gebruikt in de productie en in de kwaliteitsborging, wordt TPM vooral gekarakteriseerd door de betrokkenheid van alle acteurs die tussenkomen in het productieproces. Het betreft evengoed de upstream als de downstream-acteurs van de productie, en dit op alle hiërarchische niveaus.

Dit "totaal" engagement van het personeel in het TPM-model heeft zijn oorsprong in een Japanse omgeving gevonden (en in het bijzonder in de automobiellindustrie). De resultaten waren bemoedigend, onder andere dankzij het gebruik van ver doorgedreven motivatietechnieken.

Eén van de belangrijkste elementen van het TPM concept is de rol die de machinebediener speelt in bepaalde onderhoudsactiviteiten. Men komt in zekere zin tot een integratie van de onderhouds- en productietaken, tenminste voor wat het eerste niveau van het onderhoud betreft.

Bestaande ervaringen in Europa, waar de TPM-benadering meer en meer ingang vindt, leren nochtans dat men zeer voorzichtig moet zijn met de overdracht van bepaalde onderhoudstaken naar de machinebedieners. Het is een kwestie van een juiste dosering tussen de taken die toevertrouwd worden aan de centrale onderhoudsdienst en deze die mits gepaste opleiding, de machinebedieners kunnen waarnemen.



6.2.6. **TAM**

Total Assets Management is een evolutie van de onderhoudsfunctie. Hierbij wordt niet alleen gekeken naar het instandhouden van de assets. Men gaat een stuk verder door de onderhoudsfunctie uit te breiden naar het volledig beheer van alle productiemiddelen en infrastructuur. In TAM wordt het onderhoud “eigenaar” ervan.

TAM sluit nieuwe investeringen in, onderhoud van de bestaande assets, hernieuwingen of vervanging, modernisatie, verschroming.

6.2.7. **TUE**

Het TUE (Technische Universiteit Eindhoven)-model is gebaseerd op een aantal vaststellingen:

- in de gebruikelijke onderhoudstheorie ontbreekt aandacht voor de toepassing van toestandafhankelijk onderhoud;
- de planning en besturing in het onderhoud correspondeert met de planning en de besturing in de productiebeheersing;
- de voorraadbeheersingstheorie die nu wordt toegepast dekt maar een klein gedeelte van de behoeften. Substantiële aanvulling van de bestaande kennis is vereist.

Het TUE model baseert zich op de wijze waarop systematisch kan worden bepaald waarmee welk onderhoud aan een technisch systeem moet worden uitgevoerd. Daardoor werd de aandacht gericht op de wenselijkheid van uit te voeren acties in plaats van eerst op de ideale beheersing van activiteiten te richten.

6.3. **Onderhoudsstrategieën en technisch onderhoudsconcept**

Het bepalen van een onderhoudsstrategie is niet uitsluitend een kwestie van de onderhoudsdienst alleen. Het heeft vertakkingen met veel andere functies in het bedrijf zoals de productie, de aankoopdienst, de boekhouding, de personeelsdienst, enz. Bovendien heeft het te maken met beleidsgerichte opties betreffende bijvoorbeeld de hernieuwingspolitiek, de integrale kwaliteitszorg, de informatisering en dergelijke.

Aangezien de onderhoudsfunctie onmogelijk kan bekeken worden als een geïsoleerde functie in het bedrijf zijn we verplicht, voor het bepalen van een onderhoudsstrategie, rekening te houden met deze vertakkingen. Dit kan enkel gebeuren indien we de impact ervan en de relatie tot de onderhoudsdienst grondig kennen.

Dit hoofdstuk heeft tot doel het belang van een onderhoudsstrategie naar voor te brengen in het kader van het bedrijfsgebeuren alsook een band te leggen naar het onderhoudsconcept, hetgeen er een onderdeel van is.

De definitie van een onderhoudsstrategie is o.a. verbonden met de kwestie “eigenaar” van de uitrustingen. Aangaande dit onderwerp bestaan er 3 belangrijke trends:

- de “eigenaar” is het onderhoud die de beschikbaarheid van het materieel verzekert op basis van een “contract” met de productie. Dit contract legt de prestatienormen en de operationele criteria vast;
- de “eigenaar” is de productie die beroep doet op de onderhoudsdiensten om het materieel in de goede staat van werking te herstellen en/of te houden;
- even goed het onderhoud als de productie stellen hun diensten ter beschikking van een “eigenaar” die de verwachte resultaten specificeert.



Het is duidelijk dat de beslissingen van technische en organisatorische aard inzake onderhoudsstrategie grotendeels zullen afhangen van de keuze tussen deze 3 of andere alternatieven. Het type van activiteit en het procesprofiel van het bedrijf zal natuurlijk gevoelig deze keuze beïnvloeden.

De hieronder beschreven benaderingen zijn gebaseerd op het derde alternatief, maar kunnen ook gebruikt worden voor de 2 andere op voorwaarde er kleine veranderingen in aan te brengen.

Eén zaak moet echter in alle gevallen duidelijk zijn: het onderhoud moet een doorslaggevende rol spelen in de optimalisatie van de efficiëntie van de investering onafhankelijk van de benadering die men kiest. De constante evolutie van de onderhoudsmodellen sinds het principe van weleer “olie is goedkoper dan staal” naar benaderingen zoals “globale kost (LCC)”, TPM (Total Productive Maintenance) en TAM (Total Assets Management), illustreert het belang om een coherent beleid te bepalen zowel op het niveau van het bedrijf als op het niveau van de onderhoudsafdeling zelf.

Een belangrijk deel van het onderhoudsbeleidsplan is de definitie van een technisch onderhoudsconcept. Dit betekent in feite een keuze van de juiste onderhoudsvorm voor iedere machine en/of onderbouwgroep, in functie van de prioriteiten die door het bedrijf vastgelegd zijn met betrekking tot de veiligheid, productie, kwaliteit, kost en bescherming van het milieu. Doel daarbij is, niet te veel onderhoud te doen maar ook niet te weinig.

Om dit doel te bereiken kunnen verschillende technieken gebruikt worden:

- Analyse van de bedrijfszekerheid van het technisch systeem. Deze analyse is gebaseerd op de invloed op het systeem van de frequentie, het effect en de meetbaarheid van bepaalde storingen;
- FMECA, HAZOP, Risk Analysis, boomstructuur der falingen of der feiten;
- ABC Analyse (wet van Pareto): de productiemachines en de nutsvoorzieningen worden geklasseerd in functie van de belangrijkheid van de effecten die een faling of een functiestoring kan veroorzaken. De belangrijkheidsgraad wordt gehiërarchiseerd volgens de specifieke prioriteiten in ieder bedrijf. Zo zal men vaststellen dat de falingen bij 20% van de machines verantwoordelijk zullen zijn voor bv. 80% van de kritische effecten.

Deze beschouwingen moeten leiden tot een overzicht van de bevredigingsgraad van kwantificeerbare vereisten met betrekking tot de bedrijfszekerheid, de onderhoudbaarheid en de beschikbaarheid van het systeem. Deze vereisten zullen in het bijzonder gedefinieerd worden op basis van hun effecten op de veiligheid, de productie, de kwaliteit, de kost en het leefmilieu. Dit zou dan diegene die de machines aanschaf, moeten toelaten om doelgerichte specificaties te formuleren in de referentietermen met betrekking tot het ontwerp van de uitrusting.

Het technisch onderhoudsconcept vloeit voort uit bovenstaande technieken en bestaat uit een dosering tussen de verschillende onderhoudsvormen (gebruiksafhankelijk, toestandsafhankelijk, storingsafhankelijk of conceptueel) die men op ieder component of systeem zal toepassen. De periodiciteiten die zullen vastgelegd worden voor componenten of onderbouwgroepen en die voortvloeien uit een criticiteitsanalyse der storingen, zullen vervolgens moeten gegroepeerd worden op het niveau van het systeem. Dit zal leiden tot onderhoudsprogramma's die op hun beurt moeten in relatie gebracht worden met de complexiteit der werken en onderhoudsniveau's. Voor ieder niveau kunnen vervolgens de onderhoudstaken vastgelegd worden teneinde het benodigde personeel en materiaal te bepalen.

Er zal een regelmatige evaluatie van de implementering van het onderhoudsconcept en van het effect op het onderhoudsgedrag van de uitrusting moeten gemaakt worden. Dit zal het bijsturen van het onderhoudsprogramma mogelijk maken alsook een feedback van informatie toelaten die nuttig kan zijn om het ontwerp van de objecten aan te passen.



7. Organisatie van het onderhoud

7.1. Hoe ziet een organogram van de onderhoudsdienst eruit?

7.1.1. Organisatieprincipes voor het onderhoud

De beste organisatievorm is niet deze die perfect ontworpen is, maar deze die correct toegepast wordt. Dit betekent dat men beter in het begin kiest voor een eenvoudige organisatie. Men moet er wel over waken een goede uitleg over de registraties en informatiekringlopen aan het personeel te geven opdat het de onderlinge samenhang ervan zou begrijpen. Na een inlooptijd zal men de gekozen organisatie gaandeweg moeten laten evolueren teneinde ze te vervolledigen en te verfijnen.

De beginselen waarop de organisatie van het onderhoud stoelt kunnen als volgt samengevat worden:

- een aanvaardbaar duidelijke organisatie met minimaal overlappende verantwoordelijkheden opzetten;
- het zo kort mogelijk houden van de verticale lijnen van verantwoordelijkheden en bevoegdheden;
- een optimaal aantal personen die verantwoording afleggen aan 1 hoofdverantwoordelijke;
- een organisatie die past bij de individuen.

Hieruit vloeien een aantal praktische beschouwingen:

- beslissen over de structuur van de onderhoudsafdeling: gecentraliseerd, gedecentraliseerd of gemengd;
- de onderhoudsafdeling hoog in het organisatieschema van het bedrijf plaatsen;
- vermijden dat het onderhoud hiërarchisch van de productie afhangt maar het wel op hetzelfde niveau plaatsen in een sfeer van samenhangigheid;
- goed geschoold personeel voorzien op basis van een duidelijke functie en jobbeschrijving;
- een organisatie vastleggen dewelke individueel voor elk bedrijf wordt ontworpen en ze doen evolueren volgens de behoeften;
- vermijden een perfecte organisatie van in het begin te willen opzetten, maar eerder elastische structuren zoeken;
- eerst het systeem door het personeel laten begrijpen vooraleer het definitief in te voeren;
- onnodig papier vermijden maar met zorg de formulieren (of computerschermen) nodig voor een goede registratie- en informatiestroom laten invullen.

7.1.2. Invloedsfactoren

De onderhoudsorganisatie wordt meer dan andere departement beïnvloed door een aantal factoren:

- Type operatie;
- Continuïteit van de operaties;
- Geografische situatie;
- De grootte van het bedrijf;
- De 'scoop' van de onderhoudsafdeling;
- Het niveau van training van de machineoperators en hun betrouwbaarheid.



7.1.3. *Plaats van de onderhoudsafdeling in de organisatorische structuur van het bedrijf*

Men heeft er alle belang bij een directe band te leggen tussen het hoofd van de onderhoudsdienst en de directeur van de fabriek. De verantwoordelijkheden van het hoofd onderhoud omvatten alle taken uitgelegd in het hoofdstuk over de onderhoudsfunctie.

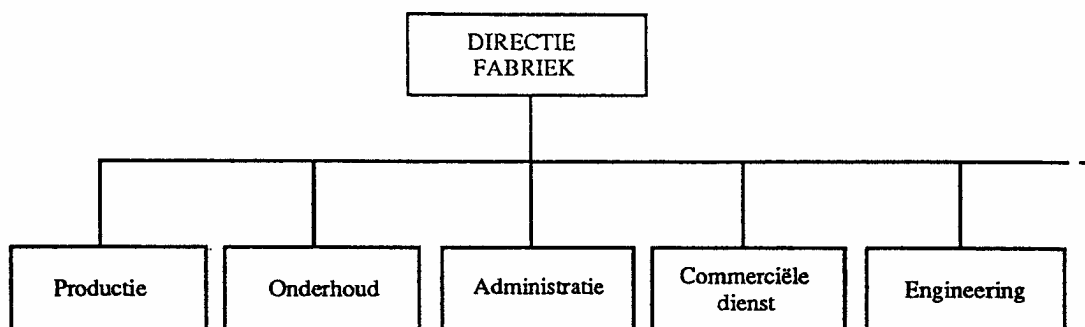
Het organisatieschema van een fabriek zoals dat hieronder afgebeeld staat, wordt enkel als voorbeeld gegeven om de ideeën te vestigen.

Gegeven zijnde dat het objectief van de productie en van het onderhoud hetzelfde is - te weten een productie tegen een optimale kost onder goede kwaliteits- en veiligheidsvoorwaarden- is het aangeraden de 2 afdelingen op hetzelfde hiërarchische niveau te plaatsen. Dit zal toelaten relaties op te bouwen die gebaseerd zijn op een equivalente beslissingsmacht. Op lagere niveaus moet een juiste dosering gevonden worden tussen het onderhoud en de productie wat betreft het uitvoeren van bepaalde onderhoudstaken.

7.1.4. *Onderhoudsstructuur*

De keuze van een onderhoudsstructuur in termen van centrale, decentrale of gemengde structuur werd in de loop der jaren sterk beïnvloed door de evolutie van het onderhoudsconcept en van de groeiende bewustwording betreffende de belangrijkheid van het onderhoud.

Niettemin is het probleem van centralisatie en decentralisatie steeds een discussiepunt geweest waarvoor eigenlijk geen definitieve oplossing kan gevonden worden: de keuze hangt te veel af van de particulariteiten van elk bedrijf en van de menselijke factoren. Wat in het ene bedrijf goede resultaten geeft, kan in een ander faliekant aflopen.



Zonder in bovenstaande discussie een standpunt te willen innemen worden hieronder enkele voordelen bekeken van een centrale structuur alsook van een decentrale structuur.

Voordelen van centralisatie:

- het op een vlugge manier op de hoogte houden van de bedrijfsdirectie door één enkele informatiebron;
- een efficiënte taakverdeling onder het personeel en een eenvormige werkvoorbereiding;
- de mogelijkheid om het hoofd te bieden aan het onvoldoende naleven van procedures, te wijten aan personeelsfluctuatie door het in stand houden van geformaliseerde procedures en het centraal opslaan van alle informatie;



- een goed overzicht en een optimalisatie van de onderhoudskosten door een klare scheiding tussen “klanten” en “leveranciers”;
- een efficiënt gebruik van specialisten, werktuigmachines en specifieke werktuigen; een optimalisatie van de opleidingsinspanningen en de daaraan verbonden kosten;
- een centrale opslag van de statistieken voor het ganse bedrijf;
- een optimalisatie en een betere controle van werken uitgevoerd door derden; de mogelijkheid om jaarlijkse shut-downs of grote herstellingen in een optimale tijd uit te voeren, door de concentratie van alle beschikbare krachten en middelen;
- een verbetering van de kwaliteit en de doeltreffendheid van het werk door middel van een centrale archivering en evaluatie van de ervaringen in herstellingen en ontstoringen in gans het bedrijf;
- het gemakkelijker opstellen van passende technische specificaties voor de aankoop van nieuwe uitrustingen. Deze specificaties zullen rekening moeten houden met een verbeterde onderhoudsvriendelijkheid en met maatregelen die moeten toelaten een correct onderhoud te verzekeren (bijv. technische documentatie, opleiding, wisselstukken, enz.).

Voordelen van decentralisatie:

- een grotere betrokkenheid en motivatie van het personeel naar de machine toe;
- een betere specialisatie op bepaalde objecten;
- een elastische taakverdeling tussen onderhoud en productie in een bepaalde afdeling;
- een verbeterde preventief onderhoud door verhoogde betrokkenheid en interesse;
- een kleinere verplaatsing;
- een betere responstijd n.a.v. werkaanvragen.

7.2. **Hoe maakt U een organogram van het onderhoud?**

Een organogram van de onderhoudsdienst die men als discussiebasis voor verschillende types van bedrijven wil gebruiken, dient men te bekijken als een verzameling van een aantal te verzekeren functies. Daarbij stelt men dat één functie in het organogram kan uitgevoerd worden door één of meerdere personen (werkposten) of dat één persoon meerdere functies kan op zich nemen. Alles hangt af van de dimensie van de functie.

Hierna hebben wij voor het definiëren van een gepast organogram een benadering in verschillende opeenvolgende stappen gekozen, hetgeen de uitleg ervan moet ten goede komen:

- de eerste stap is deze van een eenvoudig organogram voor een kleine fabriek. In dit organogram zijn de basisfuncties, onmisbaar voor het goed functioneren van het onderhoud, opgenomen geworden;
- een tweede stap betreft reeds een belangrijker fabriek, met één enkele productiesector die gedurende 8 uur per dag werkt;
- in een derde stap wordt een organogram van een onderhoudsdienst voorgesteld voor een bedrijf dat samengesteld is uit meerdere productiesectoren en dat 24 uur per dag werkt;
- een vierde stap gaat tenslotte over de evolutie van het vorige organogram naar enkele varianten, in functie van bepaalde bijzonderheden van fabrieken.

De functies worden gaandeweg uitgelegd. Zo zal de lezer de nodige elementen kunnen vinden die hem moeten toelaten de raadgevingen aan te passen aan zijn eigen geval.

Vooraleer in detail te treden wensen we eerst enkele principes te benadrukken.



In een onderhoudsdienst kan men 5 groepen functies onderscheiden die het geheel van de onderhoudstaken afdekken, zoals beschreven in voorgaand hoofdstuk. In een organogram, hoe klein ook, moet men er steeds voor zorgen dat deze functies aanwezig zijn. Het gaat over:

- een denkfunctie: methodes, voorbereiding, planning;
- een uitvoeringsfunctie;
- een controlefunctie;
- een logistieke functie: werkplaatsen, labo's, garages, magazijnen;
- een evaluatie- en beheersfunctie.

Wat betreft de beroepen in het onderhoud zal men een juiste dosering moeten doen tussen specialisatie en multi-skilling. Ofschoon de actuele trend in de moderne industrie erin bestaat om polyvalente ploegen alsook allrounders te gebruiken, cliënt men het belang van de specialisatie in de klassieke gebieden (mechaniker, electricier, automaticien) niet te onderschatten.

De onderhoudsactiviteiten moeten onderverdeeld worden in preventieve en storingsafhankelijke taken. Voor elk moet een -functie- en jobsbeschrijving opgesteld worden. Dit zal voor middelgrote en grote bedrijven resulteren in één of meerdere ploegen die zich uitsluitend met preventieve taken zullen bezig houden tijdens de dagploeg. Eén of meerdere ploegen zullen met ontstoringen en kleine herstellingen belast worden. Voor bedrijven die 24 uur op 24 werken, worden de ploegen die belast zijn met storingsafhankelijk onderhoud in een 3 x 8 stelsel geplaatst en de ploegen die het preventief onderhoud doen worden in de dag geplaatst.

A1 de logistieke steun zou zoveel mogelijk moeten gecentraliseerd worden: werkplaatsen, magazijnen, technisch bureau. Een decentralisatie van deze diensten naar de productiesectoren toe zou moeten vermeden worden, zeker voor kleine fabrieken. Voor de grotere fabrieken zouden antennes van bovenvermelde diensten kunnen gecreëerd worden in de sectoren, in het bijzonder wat het technisch bureau (planningbureau) aangaat. De werkplaatsantennes zouden alleen mogen voorzien worden met basisuitrustingen, evenals de magazijnantennes die in de productiesectoren op enkele uitzonderingen na (bvb. zware stukken), enkel grijpvoorraden mogen bevatten.

7.3. **Basisorganogrammen**

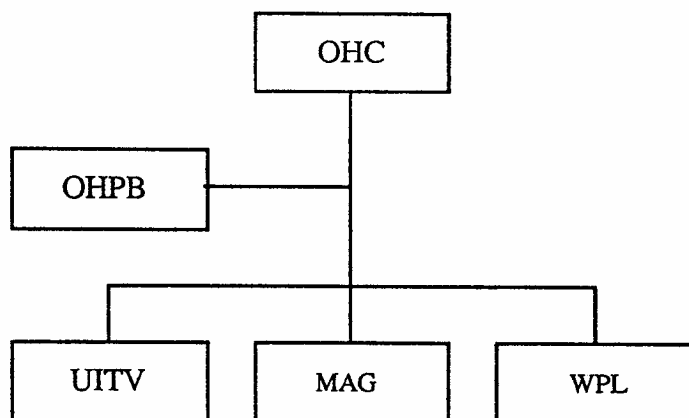
7.3.1. *Eerste stap*

Het meest eenvoudige organogram van een onderhoudsdienst is samengesteld uit 5 delen, overeenstemmend met de 5 vermelde hoofdfuncties. Het organogram bevat de volgende functies:

- OHC: onderhoudschef, belast met het technische en administratieve beheer van de dienst. Dit betreft vooral: de supervisie van de werken, het opstellen van het budget, het opvolgen van de uitgaven, de interpretatie van de technische storingen, het opstellen van de instructies voor het aanpassen van onderhoudsprogramma's, het rekruteren van personeel, de deelname aan directiecomités op bedrijfsniveau alsook raadgevingen i.v.m. hernieuwingen en aankopen van uitrustingen.
- OHPB: onderhoudsplanningbureau of technisch bureau. Belast met de methodes (onderhouds- en smeerprogramma's, werkvoorbereiding), met het plannen van de werken lange en korte termijnplanning, alsook met de technische documentatie. Deze functie zal tevens belast worden met de keuze van de wisselstukken die op stock genomen moeten worden alsook met hun beheer.



- UITV: Werkuitvoering. Belast met mechanische, elektrische en andere uitvoeringen, zowel wat het preventief als het storingsafhankelijk onderhoud aangaat.
- MAG: Magazijn van de wisselstukken. Functie belast met het bijhouden van de stocks in het magazijn (registratie, klassement, bewaring, stockage) alsook met de bediening aan het guichet.
- WPL: Mechanische en elektrische werkplaats. Belast met kleine laswerken en plaatbewerking, alsook met kleine elektrische herstellingen.



OHC : Onderhoudschef
OHPB : Onderhoudsplanningbureau (technisch bureau)
UITV : Uitvoering
MAG : Magazijn
WPL : Werkplaats

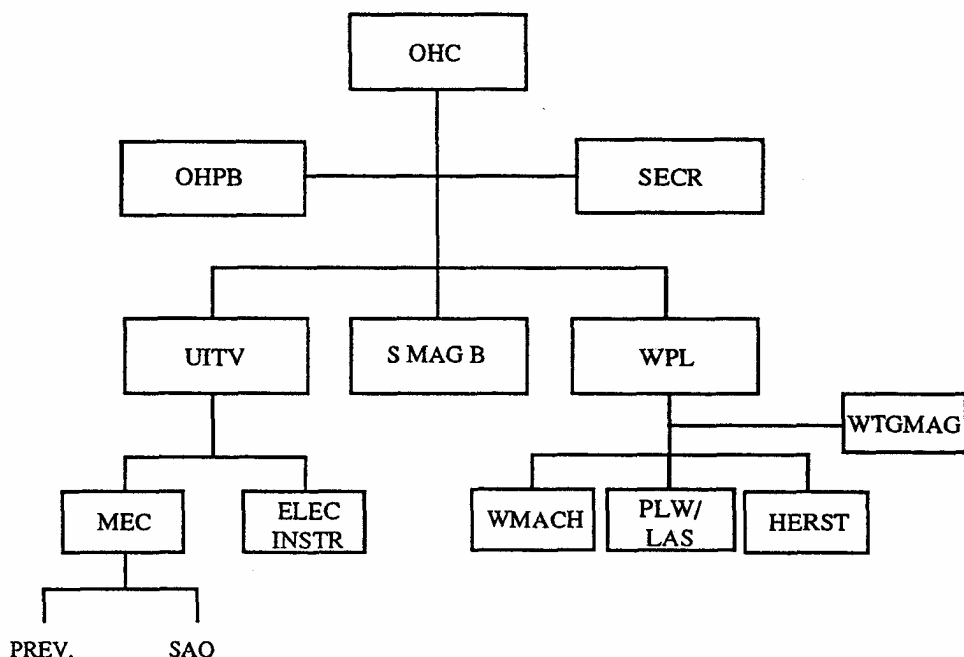
Exhibit 7.1: De meest eenvoudige onderhoudsstructuur.

In het uiterste geval zouden al deze functies door 1 enkele persoon uitgevoerd kunnen worden voor heel kleine fabrieken (bijv. met een totaal personeelsbestand van een aantal personen) of door 4 à 5 personen voor ietwat grotere fabrieken (bijv. met een totaal personeelsbestand van 20 à 30) of nog door een tiental personen voor bedrijven met een personeelsbestand tussen 50 en 100.

Men kan dit organogram laten evolueren, nog altijd voor een klein bedrijf, naar de volgende structuur

Wij vinden er dezelfde functies in terug als in het vorige organogram maar met enkele evoluties:

- de “UITV” is opgesplitst in 2 deelfuncties: één voor de werktuigkunde (MEC) en één voor de elektriciteit en instrumentatie (ELEC/INSTR). Bovendien is de mechanische sectie samengesteld uit 2 ploegen: één voor de preventieve werken en één voor ontstoringen en kleine herstellingen (SAO);
- de werkplaats (WPL) werd eveneens versterkt met de volgende deelfuncties: (werktuigmachines), HERST (mechanische en elektrische herstellingen) en een klein magazijn met staalsoorten en werktuigen (WTGMAG).



OHC : Onderhoudschef
SECR : Secretariaat
OHPB : Onderhoudsplanningbureau
UITV : Uitvoeringen
MEC : Mechaniekers
ELEC/INSTR : Electriciers/instrumentisten
PREV : Preventief onderhoud

SAO : Storingsafhankelijk onderhoud
S MAG B : Stock- en Magazijnbeheer
WPL : Werkplaats
WMACH : Werktuigmachines
PLW/LAS : Plaatbewerking / Laswerk
HERST : Herstellingen
WTGMAG : Magazijn van werktuigen en
staalsoorten voor de werkplaatsen

In dit geval spreekt men reeds van een bedrijf met een totaal personeelsbestand tussen de 80 à 130 en een onderhoudsdienst van 20 à 25 personen.

7.3.2. Tweede stap

Een tweede stap in het organogramconcept betreft een grotere fabriek, samengesteld uit 1 enkele productiesector. De vorige organogrammen zouden als volgt kunnen evolueren.

De onderhoudsafdeling is samengesteld uit de vroeger reeds vermelde functies die resulteren in 4 diensten in lijn (MEC - ELEC/INS - S MAG B - AOH) en 1 dienst in staf (OHPB). De diverse functies voorgesteld in de vorige organogrammen worden erin teruggevonden, maar bepaalde hebben kleine veranderingen ondergaan.

Zo is dit het geval bij de mechanische en elektrische functies die nu niet alleen de uitvoeringen maar ook hun respectievelijke werkplaats omvatten (MWPL: mechanische werkplaats / EWPL: elektrische werkplaats). Met andere woorden, de mechanische /elektrische diensten zijn voldoende gedimensioneerd om ook de verantwoordelijkheid over hun werkplaatsen te nemen. Een centrale werkplaats daarentegen



zou in dit geval te zwak gestructureerd zijn in verhouding tot de andere diensten om als een geïsoleerde dienst te bestaan.

Een nieuwe dienst werd hier toegevoegd: AOH (algemeen onderhoud). Deze dienst houdt zich bezig met de uitbating van de nutsvoorzieningen (productie en distributie van energie en fluïda), met het onderhoud van het rollend materieel (GAR: garage) en met het onderhoud van de gebouwen en infrastructuur (OGEB).

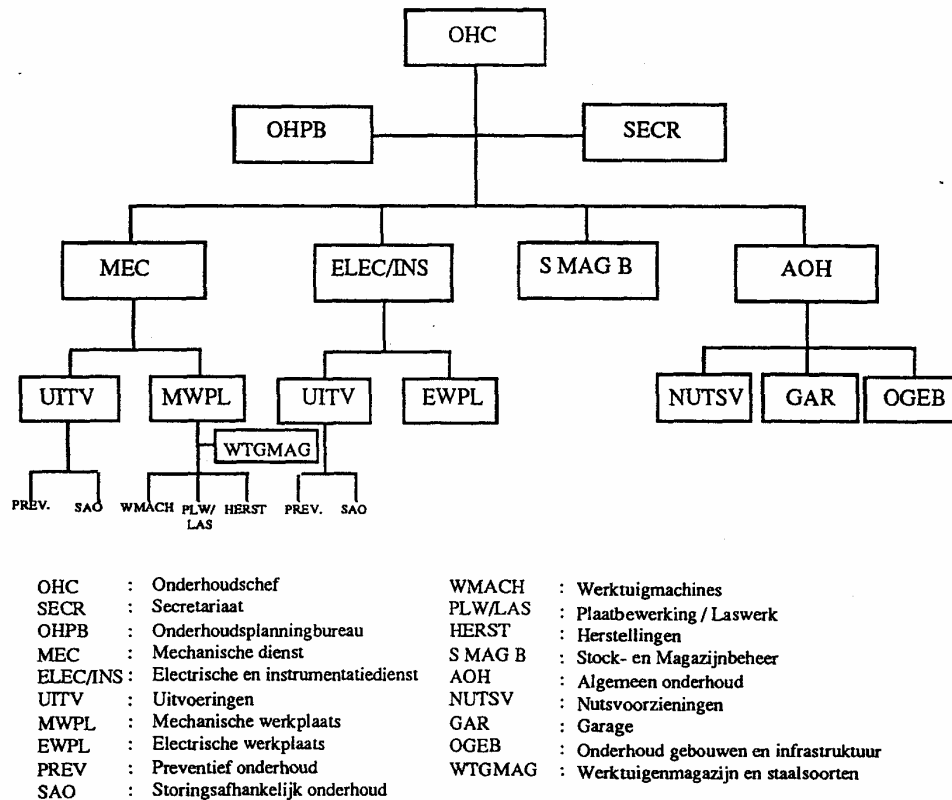


Exhibit 7.2: Structuur stap 2.

Een organogram van deze grootte richt zich vooral tot bedrijven waarvan het totaal personeelsbestand de 200 benadert en het onderhoudseffectief tussen de 40 à 50 blijft.

In het geval waar de installaties veel meet- en regelapparatuur bevatten, heeft men er belang bij een instrumentatiedienst te creëren (INS). Bovendien, in het geval van een fabriek die mechanische en elektrische uitrustingen heeft die een continue follow-up nodig hebben en die een belangrijke belasting voor de uitvoeringsdiensten met zich meebrengt, heeft men er belang bij de mechanische en elektrische werkplaatsen te groeperen in een centrale werkplaats. Het organogram hieronder is een mogelijke organisatiestructuur voor een dergelijk geval.

Men zal opmerken dat de functie PLB (werkprogrammering - werkvoorbereiding werksturing) in staf geplaatst werd ten op zichte van de respectievelijke diensten. Gezien de werkbelasting van de mechanische- elektrische- en instrumentatiediensten, zou de centralisatie van de PLB binnen het centraal onderhoudsplanningbureau niet de nodige flexibiliteit geven.



Het totale effectief en de grootte van het bedrijf waarvoor dit organogram geldt, verschilt niet noodzakelijk veel van het vorige. Het is vooral de aard van de werken en de dringendheid van de uitvoering die een meer uitgebreid organogram rechtvaardigen.

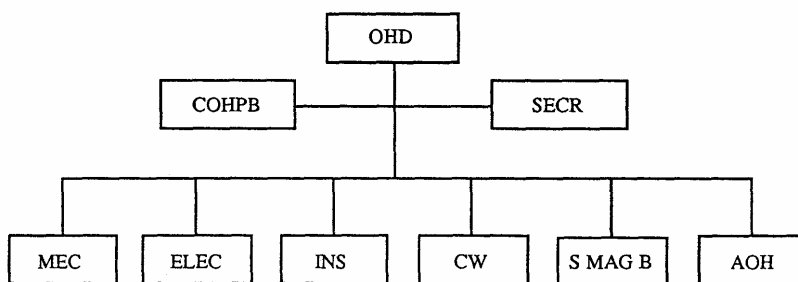
7.3.3. Derde stap

Een derde stap in het ontwerp van onderhoudsorganogrammen is toepasselijk op een bedrijf samengesteld uit meerdere productiesectoren en werkende in continu. Het is het meeste complete organogram van een onderhoudsafdeling. Als men de verschillende diensten als functies beschouwt, vindt men precies de functies terug die reeds hierboven beschreven werden. Men zou het in zekere zin kunnen zien als een standaardorganogram, dat echter nog moet gepersonifieerd worden voor elke fabriek.

Het hierboven aangegeven organogram toont het principe van een organisatiestructuur voor een onderhoudsafdeling maar kan in geen geval beschouwd worden als een universeel organogram dat men voor elke fabriek kan kopiëren. Het is eerder te beschouwen als een soort gids en niet als een "passe-partout".

Het type-organogram is samengesteld uit 7 gecentraliseerde diensten, elk onder de verantwoordelijkheid van een dienstchef: het centraal onderhoudsplanningbureau, de mechanische, elektrische- en instrumentatiediensten, de centrale werkplaatsen, het beheer van de wisselstukken en magazijnen en het algemeen onderhoud.

De dienstchefs rapporteren aan de onderhoudsdirecteur (OHD). Bepaalde diensten kunnen gedecentraliseerd worden per productiesector in het geval van fabrieken van grote omvang, maar rapporteren aan de onderhoudsdirecteur. Dit is vooral toepasselijk voor het centraal onderhoudsplanningbureau en de mechanische en de elektrische diensten. Voor die 2 laatste zal men zelfs een stuk van het eerste niveau onderhoudstaken overhevelen naar de machinebedieners.



OHD	: Onderhoudsdirecteur
COHPB	: Centraal onderhoudsplanningbureau
MEC	: Mechanische dienst
ELEC	: Electrische dienst
INS	: Instrumentatiedienst
CW	: Centrale werkplaats
S MAG B	: Stock- en Magazijnbeheer
AOH	: Algemeen onderhoud
SECR	: Secretariaat

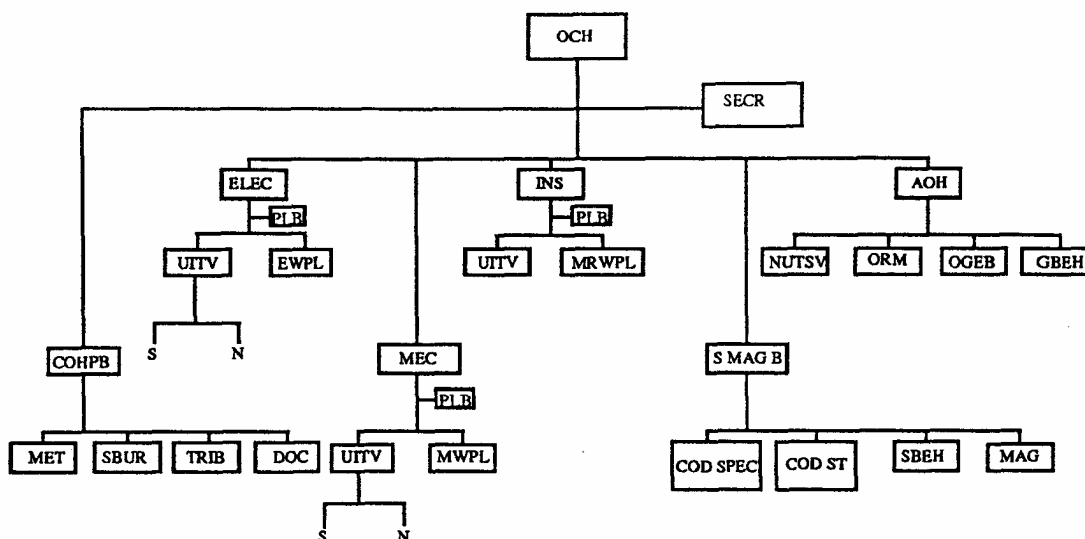
Exhibit 7.3: Structuur stap 3.



Meerdere alternatieven en evoluties van het type-organogram zijn mogelijk en rechtvaardigen zich naargelang het geval. Het schema hierboven step een algemene organisatie voor waarvan de principes kunnen toegepast worden in gelijk welke fabriek.

7.3.4. Vierde stap

Tenslotte wordt, in een vierde stap, een toepassing van het vorige organogram gegeven voor een middelgroot bedrijf (bvb. personeelsbestand 900 werkend in continu). Het organogram is samengesteld uit 4 diensten in lijn en 1 dienst in staf. De mechanische en het elektrische werkplaatsen zijn vanuit organisatorisch opzicht respectievelijk verbonden met de mechanische en elektrische diensten alhoewel ze zich fysiek in 1 gebouw kunnen bevinden.



OCH : Onderhoudschef
 SECR : Secretariaat
 COHPB : Centraal onderhoudsplanningbureau
 MET : Methodenbureau
 SBUR : Studies / tekenbureau
 TRIB : Tribologie
 DOC : Centrale technische documentatie
 ELEC : Electrische dienst
 PLB : Werkplanning - werkvoorbereiding - werksturing
 UITV : Uitvoeringen
 S : Shift (3 x 8 uren)
 N : Normaal (8 uren/dag)
 EWPL : Electrische werkplaats
 MEC : Mechanische dienst
 MWPL : Mechanische werkplaats

INS : Instrumentatiedienst
 MRWPL : Werkplaats voor meet- en regeltechniek
 S MAG B : Stock- en magazijnbeheer
 COD SPEC : Specifieke stukken
 CODIF : Codificatie
 CODST : Standaard stukken
 DIV : Diversen
 SBEH : Stockbeheer
 MAG : Magazijnen
 AOH : Algemeen onderhoud
 NUTSV : Nutsvoorzieningen
 ORM : Onderhoud rollend materieel
 GBEH : Goederenbehandeling
 OGEB : Onderhoud gebouwen en infrastructuur

Exhibit 7.4: Finale structuur.



8. Onderhoudsplanning

8.1. Wat moet u plannen in onderhoud?

8.1.1. *Inleiding*

Onder planning van onderhoudswerk verstaat men de planning van het dagelijks onderhoud, de herstellingen, het preventief (GAO en TAO) en het conceptueel onderhoud waaronder de modificaties. Verder gaat het over grote stilstanden (shut-downs), periodieke revisies, alsook de activiteiten van de centrale werkplaatsen.

Het gepland dagelijks onderhoud betreft het kuisen van de machines en infrastructuur, het routine onderhoud (bv. regelen, afstellen, smeren, enz.) en de inspecties (temperatuur, geluiden, trillingen, lekken, normale werking in het algemeen, ...).

Buiten het gepland dagelijks onderhoud heeft men het storingsafhankelijk onderhoud waarvan in het bijzonder de ontstoringen. Deze worden namelijk niet aanzien als gepland maar moeten toch in de werkbelasting van de onderhoudsploegen op een snelle manier geïntegreerd kunnen worden. Dit is trouwens een zeer moeilijk te beheersen gebied.

Wat een goede verhouding gepland-ongepland werk betekent, is moeilijk te zeggen. Men mag daarbij niet vergeten dat een stuk SAO gewild voortvloeit uit het onderhoudsconcept. Ten titel van voorbeeld ligt gemiddeld bij onze bedrijven het gepland preventief werk bij ongeveer 20 % van het totaal onderhoudswerk m.a.w. er wordt voor 80 % ongepland werk uitgevoerd. Dit is o.i. geen goede situatie. Een interessante verhouding ligt tussen de 15 % à 20 % ongepland werk t.o.v. het totaal onderhoudswerkvolume.

Wat de herstellingen betreft dient men eerst te verduidelijken wat men daaronder verstaat het gaat per definitie over een belangrijk, tijdrovend werk bestaande uit volledige demontage, diagnostiek, vervanging van onderdelen, in bepaalde gevallen het inlopen na herstelling, enz.

De geplande herstellingen bestaan uit:

- herstellingen in de centrale werkplaatsen: betreffen de herstelling van bouwgroepen of onderbouwgroepen, zoals pompen, reductiekasten, compressoren, ventilatoren, elektrische en pneumatische uitrustingen, elektromotoren, enz.
- herstellingen in situ: de herstellingen aan de machine zouden enkel mogen plaatsvinden wanneer de defecte onderbouwgroep niet naar de werkplaats kan getransporteerd worden.

Het conceptueel onderhoud met inbegrip van modificaties wordt over het algemeen geïntegreerd in de lange-termijn planning mede door het feit dat veranderingen of uitbreidingswerken aan bestaande uitrustingen gedetailleerde studies vereisen. De planning gebeurt op basis van gegevens ontvangen van het onderhoudsplanningbureau (in het bijzonder het studiebureau).

Wat betreft de planning van het preventief onderhoud moet er een onderscheid gemaakt worden tussen GAO en TAO. De TAO is in principe gebaseerd op metingen die in den beginne met een zekere periodiciteit worden uitgevoerd. Deze periodiciteit wordt aangepast (verkleind) als het resultaat van de metingen verslechtert totdat men een interventie plant. Daarna valt men terug op de oorspronkelijke



periodiciteit van de metingen. Na enige tijd kent men het onderhoudsgedrag van de objecten veel beter en gaat men zelfs gedeeltelijk over tot een heel precies berekende GAO.

Voor het GAO bekijkt men activiteiten met een hoge frequentie (bijvoorbeeld dagelijks en wekelijks), die waar mogelijk met de activiteiten van het routine onderhoud worden vermengd, en activiteiten met een lage frequentie (bijvoorbeeld maandelijks en meer). Activiteiten met een hoge frequentie vereisen minder het stopzetten van de machine; daarentegen houdt het onderhoud met een lage frequentie belangrijker werk in zodat het meestal nodig is de machine te stoppen (kleine revisies, vervangen van stukken, olieversing, enz.). De planning van het preventief onderhoud (GAO en TAO) in het algemeen en van de smering in het bijzonder wordt verder in een afzonderlijk hoofdstuk besproken.

Eén van de aspecten van GAO zijn de geplande vervangingen die nodig zijn wegens de slijtage van stukken of onderbouwgroepen na een zekere werkingstijd. Bijvoorbeeld kunnen kogellagers, dichtingen, aandrijfkettingen, glijlagers, enz. vervangen worden na een aantal bedrijfsuren of volgens toestandsafhankelijke parameters. De planning van deze vervangingen volgt uit het historiek van de machine, TAO-metingen, eigen ervaringen of instructies van de constructeur. Het voordeel van toestandsafhankelijke methodes dient hier benadrukt te worden. Door de staat van de uitrustingen te meten, kunnen de intervallen tussen de vervangingen worden vergroot en wordt aldus de hoge kost van het systematisch vervangen verminderd. De toestandsafhankelijke filosofie maakt deel uit van het onderhoudsconcept waarbij risico's die genomen kunnen worden in relatie met veiligheid, bedrijfszekerheid en kwaliteit dienen beschouwd te worden.

Periodieke revisies worden gepland op basis van de instructies van de constructeur en van het historiek van de installaties; ze duren over het algemeen lang. Het kan interessant zijn deze periodieke revisies te plannen tijdens een jaarlijkse grote stop (shut-down) van de fabriek, gedurende dewelke, naast periodiek werk, problemen aangepakt worden die voorheen tijdens het jaar niet opgelost werden. De planning van een grote stilstand vereist een lange en gedetailleerde voorbereiding. Desalniettemin moet vermeld worden dat het principe van een jaarlijkse stop niet voor alle industrieën ideaal is. Regelmatige stilstanden van een deel van de installaties (bijvoorbeeld tijdens de weekends) voor revisie of herstelling is een steeds vaker gevolgde trend in vele bedrijven (vooral de mechanische constructie sector). Voor anderen (vb. petrochemie of elektriciteitscentrales) is dat niet mogelijk omwille van de complexiteit of grootte van de werken. Het plannen van grote stops of belangrijke herstellingen wordt in een later hoofdstuk besproken.

De centrale werkplaats houdt zich hoofdzakelijk bezig met herstellingen zoals hierboven vermeld alsook met het vervaardigen van wisselstukken of met de herconditionering van onderbouwgroepen en machines. De planning van dit werk hangt vooral af van de prioriteiten van de productie en vereist goed geschoold personeel en geschikte machines. Hoever men daarin wil gaan in een eigen werkplaats wordt vanzelfsprekend bepaald door het onderaannemingsbeleid. Men stelt vast dat onze bedrijven hoe langer hoe minder investeren in werkplaatsen daar men meer en meer ziet dat een goede onderaannemingspolitiek heel wat adequate en financieel interessante oplossingen kan brengen.

8.1.2. De planning van het preventief onderhoud (GAO en TAO)

Het preventief onderhoudsbestand omvat het periodiek en toestandsafhankelijk onderhoudsprogramma, het inspectieprogramma en voor bepaalde werken de werkstudie (werkvoorbereiding). Verder is er de lange en korte termijnplanning waarin het GAO en TAO geïntegreerd worden.

In het preventief onderhoudsprogramma worden de werken en metingen die moeten uitgevoerd worden op de machine beschreven en wordt verwezen naar de te volgen voorschriften tijdens de uitvoering.



Daartoe wordt een preventieve onderhoudskaart gebruikt die door het methodenbureau (MET) gemaakt wordt. De op deze kaart ingebrachte instructies zijn gebaseerd op de technische documentatie van de constructeur en op ervaring. Bepaalde instructies zullen meer gedetailleerde informatie over de werkprocedures vereisen. In dit geval zal men verwijzen naar de documentatie of zal men het werk gedetailleerd voorbereiden op een werkvoorbereidingskaart. Wat het inspectieprogramma betreft gebruikt men afzonderlijke kaarten die tegelijkertijd als controlerapport kunnen dienen.

Voor het aanmaken van de onderhoudskaart kan men op een verschillend manier te werk gaan: één kaart per periodiciteit en per specialiteit, namelijk mechanisch-, elektrisch- en instrumentatiewerk. Een kaart per specialiteit met verschillende periodiciteiten erop. Alles hangt af van de computerondersteuning waarover men beschikt.

De hierna beschreven preventieve onderhoudskaart wordt aangemaakt voor elke specialiteit en voor verschillende periodiciteiten ervan uitgaande dat een opsplitsing gebeurt op de WO (werkopdracht). Ook indien men beschikt over polyvalente interventieploegen kan men de instructies vanuit elke onderhoudskaart samenbrengen op de werkopdracht. Een kaart wordt voor iedere machine of belangrijke bouwgroep gemaakt. De omschrijving van het werk wordt per periodiciteit gegeven, te beginnen met de hoogste. De werksomschrijving en de periodiciteiten vloeien voort uit het onderhoudsconcept. Zodoende bekomt men zeer praktisch en op het onderhoudsgedrag der objecten toegesneden programma's.

Op basis van het preventieve onderhoudsprogramma per machine, kan dan een gedetailleerde lange termijnplanning voor alle machines gemaakt worden. Dit gebeurt door het "clusteren" van taken en periodiciteiten per productieafdeling. In deze preventieve onderhoudsplanning zal men moeten rekening houden met de tijd die nodig is om alle in het programma opgenomen werken voor iedere onderbouwgroep uit te voeren. Om een goede coördinatie te verzekeren tussen de verschillende beroepen en om praktische redenen zal men in het plan een onderscheid moeten maken tussen preventief mechanisch en preventief elektrisch onderhoud. Bovendien heeft men er belang bij de smeerplanning aan de mechanische planning te koppelen omdat in de meeste gevallen het smeerwerk tegelijkertijd kan gedaan worden.

Aangaande de werksturing van het preventief onderhoud (korte termijnplanning) wordt verwezen naar vorig hoofdstuk waarin de informatiekringloop voor de uitvoering van het onderhoudswerk uitgelegd is. In dit geval is de informatiekringloop fundamenteel niet verschillend van ieder ander onderhoudswerk, maar er wordt een onderscheid gemaakt tussen werk met een hoge en werk met een lage frequentie.

Voor werken met een hoge frequentie (met een periodiciteit van minder dan 2 weken) zal de werksturing de werken automatisch in de werklastplanning van de uitvoerende dienst voorzien. De lijst van de werken en hun periodiciteit wordt eenmalig opgemaakt door het methodenbureau. Copies van de preventieve onderhoudskaarten die betrekking hebben op deze frequentie worden bij de meestergast van de uitvoerende dienst bewaard.

Om de werken te laten starten zendt de werksturing een werkopdracht naar de meestergast, waarop een overzicht met verwijzing naar de respectievelijke onderhoudskaarten gegeven wordt. Nadat het werk uitgevoerd en geïnspecteerd is, volgt de ingevulde werkopdracht via de meestergast de normale kringloop.

Voor werk met lage frequentie (bijvoorbeeld een periodiciteit van meer dan 2 weken) schrijft het methodenbureau een werkopdracht uit op het ogenblik dat de preventieve onderhoudsplanning dit aangeeft en voegt er de corresponderende preventieve onderhoudskaarten aan toe. Het ganse dossier wordt dan naar de programmeringscel gestuurd. Daar opent de planningman een werkbestand en voegt er eventuele complementaire informatie bij. Het werkbestand wordt naar de werksturing gebracht die het



voor lancering, volgens de werklastplanning doorzendt naar de meestergast van de betrokken uitvoeringsdienst. Uitvoering en verdere gegevensverwerking worden volgens de normale kringloop gedaan. Na uitvoering van het preventief onderhoudswerk wordt een rapport gemaakt.

Inspecties worden (voor een klein gedeelte) in de werklastplanning van de meestergast geïntegreerd of worden door hetzij inspecteurs van het methodenbureau hetzij door productiemensen volgens een wel afgesproken programma uitgevoerd. Een inspectierapport wordt na iedere inspectie gemaakt. Dit rapport is een formulier dat alle controlepunten opsomt en waarop men door aantikken kan aanduiden of de controle uitgevoerd is.

8.1.3. De smeerplanning

Het smeerdossier bevat de informatie betreffende smeerpunten, te gebruiken smeerstoffen, periodiciteiten alsook de lange en korte termijnplanning.

De smeerkaart bevat de volgende informatie

- de benaming van de machine
- de benaming van de onderbouwgroep
- de smeerpunten
- de methode van uitvoering (controle olieniveau, olieversing, ...)
- de periodiciteit
- het smeermiddel.

Een smeerplanning wordt gemaakt voor smeringen waarvan de periodiciteit meer dan 2 weken bedraagt. Deze is enerzijds gebaseerd op het smeerprogramma (smeerkaart) en is anderzijds verbonden met de preventieve onderhoudsplanning omdat de meeste smeeractiviteiten met hoge periodiciteit gemakkelijk kunnen samenvallen met deze van het gebruiksafhankelijk onderhoud.

Voor het plannen van de smeeractiviteiten met een lage frequentie wordt door het methodenbureau een werkopdracht (WO) gemaakt op het ogenblik dat de smeerplanning dit aangeeft. De betreffende smeerkaarten worden eraan toegevoegd en het ganse dossier wordt eerst naar de programmeringscel en dan naar de werksturingcel gezonden. Deze voorziet het werk in de werklastplanning volgens het klassieke schema.



9. Informatiesystemen in het onderhoudsbeheer

9.1. Welke zijn de informatiedragers?

Formulieren worden gebruikt om de nodige gegevens van het onderhoud te verzamelen. Zij vormen de basis voor een verdere behandeling ervan. Met de ontwikkeling van het computerondersteund onderhoudsbeheer wordt de papiermassa sterk verminderd. Desalniettemin, dienen een aantal formulieren in voege te blijven. Voorbeelden van de basisformulieren worden hierna voorgesteld. Als een computerondersteund onderhoudsbeheerssysteem ingevoerd wordt, kunnen verschillende van deze formulieren verdwijnen daar men de gegevens onmiddellijk in de computer kan inbrengen. In dit geval zou men de lay-out van de betreffende formulieren die als voorbeeld hierna volgen, kunnen gebruiken voor de lay-out van schermen.

Toch zou het reeds hier moeten benadrukt worden dat de invoering van een geïnformatiseerd systeem alleen efficiënt kan zijn als het manueel systeem correct werkt.

9.1.1. *Technische gegevens van de uitrustingen*

- de inventaris van de uitrustingen kan op een speciaal daartoe ontworpen formulier gezet worden, waarbij men de verschillende productiekringlopen in hun componenten en machine uitsplitst met opgave van een aantal basisgegevens;
- de machinekaart wordt ingevuld voor een machine of een apparaat en bevat naast algemene informatie zoals machinetype, fabrikant, leverancier, inventarisnummer en bouwjaar, ook alle technische karakteristieken;
- de elektromotorkaart voor elektrische motoren bevat naast algemene informatie (type, fabrikant, serienummer, enz.) ook de fysische en elektrische karakteristieken en een lijst van de voornaamste wisselstukken.

9.1.2. *Instructies en informatie aangaande de werkaafhandeling*

- de werkaanvraag wordt gebruikt om een aanvraag voor het uitvoeren van onderhoudswerk te doen.

Het toekennen van de graad van dringendheid (prioriteitenstelling) op deze werkaanvraag moet gebeuren volgens bepaalde afspraken (statisch of dynamisch), bijvoorbeeld:

A: zeer dringend; groot risico of eminente stilstand van een zeer belangrijke machine, een ganse lijn of afdeling, of acute veiligheidsrisico's voor het personeel. De werkaanvraag moet in dit geval door een afdelingshoofd getekend worden. Een onmiddellijke actie is vereist.

B: dringend; risico van een storing op een belangrijke machine of lijn of kleine veiligheidsrisico's voor het personeel. De werkaanvraag moet door een sectiehoofd (niveau onder het diensthoofd) getekend worden. Een actie moet binnen de 24 u gebeuren.

C: te programmeren; de uitvoering van het werk kan geïntegreerd worden in de werkplanning. De handtekening van een verantwoordelijke (meestergast of hoger) is voldoende.

- in het programmeringsregister worden alle werkaanvragen geregistreerd alsook hun staat van uitvoering.



- het werkbestand (besteldossier voor onderhoudswerken) bevat alle documenten die met het uit te voeren werk te maken hebben (werkaanvraag, werkbbon, werktoelating, magazijnbon, plans, technische aantekeningen, schema's, voorschriften voor montage en demontage, veiligheidsvoorschriften, en iedere andere ondersteuning).
- de werkbbon of werkopdracht bevat een beschrijving van de werkwijzen of een samenvatting van de werkprocedures. Op de versozijde worden de gewerkte uren per uitvoerder opgetekend. Voor complexe werken wordt een afzonderlijke werkvoorbereiding gemaakt op een werkvoorbereidingskaart. Voor bepaalde industrieën (bvb. chemische industrie) is om veiligheidsredenen naast de werkbbon nog een afzonderlijke werktoelating vereist.
- de werkvoorbereidingskaart wordt ingevuld in geval van een ingewikkeld werk op basis van een werkstudie. Voor regelmatig terugkerend werk kan een standaard werkvoorbereidingskaart gemaakt worden door het methodenbureau. Op deze werkvoorbereidingskaart worden verschillende operationele gegevens geschreven: de verschillende stappen in de werkuitvoering en hoe men die moet doorvoeren, benodigde wisselstukken en werktuigen, veiligheidsvoorschriften, de geschatte tijd, een tekening of schets, enz.
- het inspectierapport bevat de instructies voor het uitvoeren van het werk tijdens de inspectieronden. De te controleren punten worden aangegeven, alsook een aanduiding waarmee de controle kan gebeuren. In de kolom "observaties" kan men eventuele metingen noteren. Er dient opgemerkt dat een dergelijke kaart gemaakt wordt voor het onderhoud alsook voor de machinebedieners (met betrekking op het eerste-lijnsonderhoud). Waar mogelijk dient men meetbare gegevens te noteren.
- de onderhoudskaart bevat de instructies voor preventief onderhoud. Men beschrijft wat aan welk deel van de machine gedaan moet worden. Verder duidt men de frequentie aan en refereert men, indien nodig, naar meer gedetailleerde instructies over hoe het werk moet uitgevoerd worden (werkvoorbereidingskaart). Aan de achterkant van de fiche geeft een plan of schema de onderbouwgroepen die het onderwerp uitmaken van de werkuitvoering. Onderhoudskaarten worden gemaakt voor mechanische, elektrische en instrumentatietaken.
- de smeerkkaart bevat alle gegevens en instructies voor het smeren en oliën. Men geeft er aan wat er op welk gedeelte van de machine moet gebeuren. Verder worden nog een aantal referenties gegeven betreffende de periodiciteit en de karakteristieken van de te gebruiken smeerstoffen.
- het werkrapport levert korte informatie over het uitgevoerde werk en over de werken in uitvoering. De kaart wordt voor iedere ploeg door de brigadier opgemaakt.

9.1.3. De gegevens over het historiek van de machine

- de historiekkaart levert op een summiere manier alle informatie betreffende het "leven" van het onderhoudsobject. De in deze kaart voornaamste opgenomen gegevens zijn:
 - korte beschrijving van het uitgevoerde werk en de vervangen stukken
 - stilstandtijd van de machine om onderhoudsredenen
 - duur van de onderhoudstussenkomsten
 - werkingsuren op maandbasis

9.1.4. Formulieren gebruikt voor de gegevensverzameling aangaande de wisselstukken.

- de wisselstukkenlijst bevat de volgende informatie aangaande de te stockeren wisselstukken:
 - benaming van de stukken
 - plannummer van de constructeur van de machine of onderbouwgroep met inbegrip van het itemnummer van het wisselstuk
 - fabrikant van het stuk, inclusief het refertenummer van de bestelling - eenheidsprijs, gewicht, land van herkomst, klantencode
 - leveringstijd, geschat maandelijks verbruik



- voorstel voor initiële voorraad (op basis van een werking gedurende een vast te leggen tijdsduur)
- de magazijnbon wordt gebruikt om een artikel uit het magazijn te halen.
- de ingangsbbon wordt gebruikt om een artikel in het magazijn te brengen of om een terugname (retour) te doen.
- de aanvraag tot aankoop wordt gebruikt voor de aankoop, de herbevoorrading of voor externe fabricatie of herstellingen.
- de artikelbeschrijvingskaart geeft een lijst van stukken die tot een zelfde familie of ondergroep behoren. Deze kaart wordt gebruikt om de laatste cijfers van een codenummer aan nieuwe artikels toe te wijzen.
- een stockcontrolekaart (of voorraadkaart) centraliseert alle informatie betreffende het beheer en de verbruikshistorieken van een magazijnartikel.
- de rekkenkaart bevat informatie aangaande de bewegingen (uitgifte, ingang, terugname) van de magazijnartikels en geeft een continu voorraadbestand. Deze kaart wordt bewaard in de rekken der magazijnartikels en wordt ter plaatse bij iedere beweging bijgewerkt.
- de inventariscontrolekaart wordt gebruikt om de fysische voorraad te controleren en de gegevens op de stockcontrolekaart (theoretische voorraad en in de boekhouding) te corrigeren ingeval van stockverschillen.
- de magazijncatalogoog geeft een lijst van alle magazijnartikels die op voorraad gehouden of beheerd worden. De magazijncatalogoog is een continue bron van informatie voor de gebruikers van wisselstukken.

9.2. Informatiekringlopen

De informatiestromen in het onderhoud betreffen het afhandelen van vooral de dynamische gegevens. Verder moeten de informatiekringlopen toelaten de gegevens te evalueren zowel naar het onderhoudsbeheer toe met inbegrip van het wisselstukkenbeheer als wat betreft het opvolgen van de machinehistoriek, het actualiseren van de onderhoudsmethodes en de onderhoudsprogramma's, de voorbereiding van de shut-downs en de hernieuwing van de uitrustingen.

De informatiekringlopen in het onderhoudsgebeuren steunen op 2 basiskringlopen, nl. deze van de werkafhandeling en deze van de wisselstukken. Beide worden hieronder meet in detail behandeld. Daarbij dient vermeld te worden dat de hieronder beschreven informatiekringlopen niet alleen manueel kunnen verwezenlijkt worden maar eveneens via computerondersteuning. De software van de computerondersteuning werkt in feite op basis van identieke informatiesystemen.

9.2.1. *Informatiekringloop van de werkafhandeling*

De basisstructuur van de informatiekringloop betreffende de werkafhandeling wordt getoond in Aanhangsels. Een werkaanvraag (WA) wordt gemaakt vooraleer de uitvoering kan worden gestart, voor ieder werk dat men wenst te laten uitvoeren, behalve voor het periodiek onderhoud, het smeerprogramma en uiterst dringend werk. De werkaanvraag, na aanvaarding van de verantwoordelijke, wordt naar de werkprogrammeringscel (PLB) van de gesolliciteerde sectie gezonden die de aanvraag registreert in een programmeringsregister. De werkprogrammeringscel opent een werkbestand die de werkaanvraag, de plans of schema's en alle andere ondersteuning of reeds bestaande informatie over werkinstructies bevat. Het werkbestand wordt aan de werkvoorbereidingscel (PLB) verder gegeven.

De werkvoorbereidingscel kijkt eerst na of er een behoefte is aan een gedetailleerde werkvoorbereiding. Dit wordt bekeken op basis van de complexiteit van het werk. Indien nodig wordt een



werkvoorbereidingskaart aangemaakt. In elk geval wordt een werkopdracht (WO) (ook werkbon genoemd) geschreven. Er wordt nagekeken of de nodige wisselstukken in het magazijn voorradig zijn en een magazijnbon (zie verder) wordt uitgeschreven. Indien de stukken er niet zijn wordt een aanvraag tot aankoop gemaakt (zie verder). Een werkvoorbereidingskaart, de magazijnbon en de werkopdracht worden in het werkbestand gestoken. Het werkbestand wordt dan naar de werkprogrammeringscel teruggebracht voor integratie in de langetermijnplanning en worden de wisselstukken in het magazijn gereserveerd. Op basis van deze lange termijn planning wordt het werkbestand ten gepaste tijde naar de werklaststuringscel gestuurd die een werkbelastingsplanning opmaakt voor ieder personeelslid of iedere machine.

In geval van periodiek onderhoud of smering schrijft het methodenbureau direct een werkopdracht uit op basis van de preventieve planning en opent voor complexe interventies een werkbestand waarin alle nodige informatie gestoken wordt. Dit bureau zendt het werkbestand naar de werklaststuringscel die het op haar beurt in de werklastplanning integreert.

In functie van de werklastplanning wordt het werkbestand aan de meesterghost, belast met de uitvoering, gegeven die op zijn beurt het werk onder zijn mensen verdeelt. Noodgevallen worden per telefoon gemeld aan de meesterghost die er eerst voor zorgt dat het werk zo snel mogelijk uitgevoerd wordt. Nadien schrijft hij een werkopdracht uit ter regularisatie.

In geval van een werk waarbij verschillende diensten betrokken zijn (bv. mechanische, elektrische, instrumentatie, werkplaats...) wordt de werkaanvraag naar de werkprogrammeringscel van de mechanische dienst gezonden. Deze stelt secundaire werkaanvragen op en verdeelt die naar de verschillende werkprogrammeringscellen van de betreffende diensten. De coördinatie wordt verzekerd door één van de diensten (meestal de mechanische dienst).

Voor het uitvoeren van inspectieprogramma's wordt een inspectierapport gebruikt.

Na werkuitvoering keren de werkopdracht aangevuld met de gepunte uren per werkmans en het werkbestand terug naar de werkprogrammeringscel. Eén kopie van de ingevulde werkopdracht wordt naar het methodenbureau gestuurd voor evaluatie en eventuele nacalculatie. Een andere kopie wordt naar de boekhouding gezonden. De evaluatie/nacalculatie van de werkopdracht door het methodenbureau zal aanleiding geven tot het bijwerken van de historiekkaart, tot mogelijke verbeteringen van de werkmethodes, tot het bijwerken van het preventief onderhoudsprogramma, enz. De gegevens worden nadien verwerkt om statistieken mee op te stellen die nuttig kunnen zijn vanuit beheersoogpunt.

Het inspectierapport wordt naar het methodenbureau gestuurd voor technische evaluatie.

Om enerzijds een goede opwaartse informatiestroom naar het diensthoofd en de onderhoudsmanager te garanderen, en anderzijds de juiste informatie door te geven aan de opeenvolgende ploegen, vult de meesterghost een werkrapport in op het einde van iedere shift. Dit rapport wordt iedere dag naar de werkvoorbereidingscel gezonden die het na studie verder leidt naar het diensthoofd en de onderhoudsmanager.

9.2.2. Informatiekringloop van de wisselstukken

Het informatiesysteem met betrekking tot de wisselstukkenuitgifte, de verbruikscontrole en de herbevoorrading betreft in het bijzonder volgende kringlopen:

- de informatiekringloop vanaf de aanvraag tot aankoop of herbevoorrading
- de informatiekringloop van de magazijnbewegingen.



De behoefte om een item op voorraad te nemen wordt door de gebruiker uitgedrukt op een aanvraag tot aankoop. Na controle door het diensthoofd van de aanvrager wordt de aanvraag tot aankoop naar de sectie “stockbeheer” gezonden voor controle, codificatie en invullen van de beheersparameters na overleg met de aanvrager (registratie op de atikelbeschrijvingskaart). Vanaf dat ogenblik wordt het item in het wisselstukkenbeheerssysteem opgenomen.

De ingevulde aanvraag tot aankoop wordt naar de inkoopafdeling gezonden en de bestelprocedure wordt in beweging gezet na budgetcontrole.

Vooraleer de geleverde items op voorraad te nemen wordt een ingangscontrole uitgevoerd (inkoopafdeling, dienst “Wisselstukkenbeheer en Magazijnen” en eventueel de aanvrager). Deze controle is essentieel om de kwaliteit en de juistheid van de levering veilig te stellen. Er wordt een ingangsbbon gemaakt door de magazijnier waarop iedere afwijking ten opzichte van de bestelde hoeveelheid genoteerd wordt.

Items die in het beheerssysteem opgenomen zijn worden in een magazijnencatalogo geschreven samen met hun benaming, het codenummer en de locatie. Deze catalogo dient regelmatig te worden bijgewerkt door de sectie “stockbeheer” en moet ter beschikking gesteld worden van de gebruikers.

De behoefte aan magazijnartikels wordt uitgedrukt d.m.v. een magazijnbon. Indien een gebruiker te veel stukken besteld heeft voor de uitvoering van een bepaald werk, kunnen ze terug in het magazijn binnenkomen door middel van een ingangsbbon met aanduiding van het vak “terugkeer”.

Elk op voorraad genomen item heeft een rekkenkaart die geplaatst wordt in het magazijn (vaak in een daartoe bestemd vak op de plaats van locatie van het item). Daarop wordt iedere beweging (ingang, uitgifte, terugkeer) genoteerd door de magazijnier. Dit last een continue inventaris van de stock toe die door de sectie “stockbeheer” kan gecontroleerd worden door middel van een inventariscontrolekaart.

Een kopie van de stockbewegingskaarten (magazijnbon, ingangsbbon) wordt bij iedere beweging naar de sectie “stockbeheer” van de dienst “Wisselstukkenbeheer en Magazijnen” gezonden waar de gegevens van deze fiches op een stockcontrolekaart aangebracht worden. Het voorraadbbestand (normale voorraad, bestelpunt, minimum voorraad, nulbestand, in behandeling, levertijd voorbij) wordt op de kaart aangeduid door middel van gekleurde clips. Deze kaarten worden in een speciaal daartoe voorziene bak opgeslagen zodat de gekleurde clips vertikaal zichtbaar zijn. Dit laat een vlug overzicht toe van het voorraadbbestand. In geval de voorraad onder het bestelpunt komt (dat gedefinieerd wordt voor ieder item in functie van het maandelijks verbruik, levertijd, prijs, enz.) wordt een aanvraag tot herbevoorrading naar de inkoopafdeling gezonden voor herbestelling.

Het hierboven beschreven systeem is heel eenvoudig en kan manueel verwezenlijkt worden tot 30.000 artikels. Desalniettemin dient erop gewezen dat met de moderne EDP technieken (in het bijzonder microcomputers) een informaticaondersteuning reeds verantwoord is vanaf 1.000 artikels.



10. Onderhoudsmethodes

10.1. Inleiding

De functie “methodes” in de onderhoudsdienst werd in een vorig hoofdstuk beschreven. Het is een fundamentele functie voor het welslagen van een onderhoudsdienst. Vaak echter wordt het belang van deze functie over het hoofd gezien door onze bedrijven, hetgeen aan de basis ligt van menig probleem in het onderhoud.

In dit hoofdstuk worden een aantal aspecten van de onderhoudsmethodes nader belicht, hetzij omdat ze een uitgangspunt vormen voor het opzetten van een onderhoudssysteem, hetzij omdat ze een noodzakelijke schakel vormen voor een continu verbeteringsproces. Dit betekent echter geenszins dat de andere taken die deel uitmaken van de methodenfunctie minder belangrijk zijn.

Volgende aspecten worden hieronder nader toegelicht:

- het opstellen van de inventaris van de onderhoudsobjecten door middel van een boomstructuur;
- het opstellen van een machinehistoriek;
- het opmaken van inspectie- en preventieve onderhoudsprogramma's;
- het verbeteren van de O.E.E.;
- de evaluatie en technische analyse van uitgevoerde onderhoudswerken.

10.2. Inventaris van de onderhoudsobjecten door middel van een boomstructuur

Uitgangspunt voor het opstellen van een onderhoudssysteem is het opstellen van de inventaris van de onderhoudsobjecten (zie inventariskaart). Dit kan men doen op verschillende manieren waarbij een indeling volgens een logisch opgebouwde structuur sterk aan te bevelen is.

Dergelijke structuur verbindt men het best met de logica van het productieproces hetgeen door middel van een boomstructuur der onderhoudsobjecten kan gebeuren.

Het principe van de boomstructuur werd reeds vermeld in een vorig hoofdstuk over het onderhoudsconcept. Hier volgen een aantal praktische bedenkingen over hoe men een boomstructuur opstelt in de praktijk.

Het doel van een boomstructuur is:

- op een logische manier de machines in te delen en aan productielijnen of -sectoren te koppelen;
- over een procesgebonden structuur te beschikken voor het toekennen van een codenummer aan de machine en de daaruit volgende verbindingen naar kostenimputatie, met de technische documentatie, het nummeren van de plans, de machinehistorieken, de wisselstukken, enz.;
- een volledige en gedetailleerde inventaris op te stellen van alle onderhoudsobjecten.

In een boomstructuur zijn er verschillende hiërarchische niveaus:

- eerste niveau: productiesectoren



-
- tweede niveau: productielijnen
 - derde niveau: subsystemen (groep van verschillende machines)
 - vierde niveau: de machines
 - vijfde niveau: bouwgroepen
 - zesde niveau: onderbouwgroepen
 - zevende niveau: componenten.

De ervaring leert dat bij het opmaken van een boomstructuur het geen zin heeft om tot op het niveau van de component te gaan opsplitsen. Inderdaad het koppelen van gegevens aan een niveau van een boomstructuur (bv. historiek, werkbom, kosten, enz.) moet zich om een overlast aan papier of administratie te vermijden beperken tot het niveau van de machine of eventueel van heel belangrijke bouwgroepen. Verder gaan kan natuurlijk, maar heeft enkel in uitzonderlijke gevallen (belangrijke veiligheidscomponenten) zin.

Bij het ontwerp van een boomstructuur en het toekennen van een daaraan gekoppeld codenummer kan men op basis van een matrixstructuur te werk gaan. Dit wordt hierna kort uitgelegd:

Stap 1: het opsplitsen van de fabriek in sectoren.

Stap 2: per sector de verschillende productielijnen vastleggen.

Stap 3: het opstellen van een aantal codificatieroosters voor het bepalen en nummeren van subsystemen en machines.

Stap 4: eventueel het bepalen en nummeren van de bouwgroepen.

10.3. Machinehistorieken

Aan de hand van historieken over onderhoudstussenkomsten, hun oorzaken en hun frequenties kan men vrij nauwkeurig het onderhoudsgedrag van de machines en installaties bepalen. De kennis der historieken is een - weliswaar empirisch- middel om onderhoudsprogramma's te verfijnen en dankzij een koppeling met boekhoudkundige gegevens ligt het aan de basis van een kostenbewust en kwaliteitsgeïënteerd onderhoudsbeheer. Machinehistorieken zijn m.a.w. een noodzakelijke voorwaarde om nieuwe technieken zoals lean productie, JIT, TQM enz. te implementeren.

Hierna volgen enkele overwegingen met betrekking tot het opstellen en uitbaten van machinehistorieken.

10.3.1. *Wat zijn machinehistorieken?*

In feite heeft men verschillende historieken die belangrijk zijn voor het onderhoudsbeheer

1. het technische historiek van de machine met aangifte bijvoorbeeld van de aard en frequentie der storingen, onderhoudstussenkomsten, de stilstandtijden, enz.
2. het financiële historiek, nl. een overzicht der onderhoudskosten in de loop der jaren (personeel, materialen, wisselstukken, ...);



3. het historiek der wisselstukken: de vervangen stukken, hoeveelheid en frequentie van vervanging.

Hieronder wordt iets dieper ingegaan op de technische historieken.

10.3.2. Hoe bouwt men machinehistorieken op?

Machinehistorieken worden opgebouwd op basis van de informatie verkregen uit de informatiekringloop van de werkafhandeling enerzijds ofwel uit storingsanalyses (Ishikawa, fouten- en feitenboom) alsook uit FMECA-studies.

Door het doelbewust ordenen van deze gegevens kan men een gestructureerde selectie doen van een aantal belangrijke parameters:

- aard en frequentie der storingen
- oorzaak der storingen
- aard en frequentie der onderhoudstussenskomsten
- de stilstandtijden
- de bedrijfsuren

Men dient wel selectief te werk te gaan in het noteren van de gegevens op de historiekkaart. Nuttelose details dienen vermeden te worden, hetgeen echter niet betekent dat korte storingen (bijvoorbeeld minder dan 3 minuten) niet dienen genoteerd te worden. Vaak stelt men vast dat het onderhoudsgedrag beheerst wordt door microstoringen.

10.3.3. Wie bouwt de machinehistorieken op?

Dit is een typische methodenfunctie. Het spreekt vanzelf dat iedereen moet bijdragen tot de opbouw van de machinehistoriek door te beginnen met het correct noteren van alle informatie.

De storingsanalyses worden in principe door het methodenbureau gedaan maar de ervaring heeft geleerd dat het nauw betrekken van zowel uitvoerend onderhoudspersoneel als productiepersoneel bij bijvoorbeeld Ishikawa-analyses een veel dieper perspectief brengt van het gebeuren. Dit kan alleen het historiek ten goede komen.

10.3.4. Wat doet men met de machinehistoriek?

Historieken opmaken heeft echter geen zin als men die niet gaat analyseren en de besluiten ervan gebruiken om inspecties en preventieve onderhoudsprogramma's te optimaliseren.

Verder moeten historieken toelaten om:

- de zwakke punten aan de machine te bepalen en te elimineren
- om schade-analyses te doen
- om verliestijden van het personeel of organisatorische problemen op te sporen
- om een SOLL-IST vergelijking te doen.



10.4. Inspectieprogramma's

10.4.1. *Inleiding*

Onder “inspectie” wordt volgens DIN 31051 verstaan “alle maatregelen die nodig zijn om een “Ist”-toestand van objecten vast te stellen en te beoordelen”.

Deze definitie is natuurlijk zeer breed. Men kan er bijvoorbeeld uit afleiden dat TAO-technieken ook behoren tot het begrip “inspectie”.

Inspectieactiviteiten kunnen omschreven worden als:

- persoonlijke waarnemingen
- periodieke inzet van meetapparatuur voor inspectie
- continu inzet van dergelijke meetapparatuur.

In dit hoofdstuk beperken we ons tot de eerste groep inspecties die met eenvoudige middelen (bijvoorbeeld zien - horen - voelen - ruiken) kunnen uitgevoerd worden.

We gaan hier niet in op NDT- of andere TAO technieken zoals vibratie-analyse, endoscopie, thermografie, enz. M.a.w. het gaat hier in het bijzonder om eerste-niveau onderhoud. Verder bekijken we vooral het organisatorisch aspect ervan.

10.4.2. *Opmaken van het inspectieprogramma*

Om een inspectieprogramma op te maken zou men zich kunnen beperken tot het toepassen van de inspectieinstructies van de constructeur. De ervaring leert echter dat men zodoende vaak zeer onefficiënte programma's krijgt die soms slecht gedefinieerd zijn en een overlast betekenen voor diegenen die de inspecties uitvoeren.

Inspectieprogramma's dienen zelf opgemaakt te worden op basis van:

- de activiteiten die voortvloeien uit het onderhoudsconcept;
- de studie van de documentatie van de O.E.M. (Original Equipment Manufacturer);
- de beschikbare ervaring in het bedrijf bij zowel onderhouds- als productiepersoneel.

Inspectieprogramma's zijn gebaseerd op een aantal vragen die diegene die de programma's opmaakt zich moet stellen

- WAT? Opgavebeschrijving. Wat zal men inspecteren? Meestal gaat het over controles met betrekking tot temperatuur, trillingen, druk, debiet, niveau, stroom, spanning, vermogen, vervuiling, abnormale geluiden.
- WIE? Wie moet de controles uitvoeren? Onderhoudspersoneel uit de ploegen, speciaal daartoe aangesteld personeel (inspecteurs), productiemensen, meestergast onderhoud, subcontractor, ...?
- HOE? Door persoonlijke waarnemingen, d.m.v. meet- of controleapparatuur?
- WANNEER? Aanduiding van de periodiciteit.
- WAAR? Op welke machine, apparaat, kringloop?

Het antwoord op die vragen zal toelaten om inspectieronden vast te leggen; precieze instructies te geven om het werk te verdelen tussen de machinebediener, de onderhoudsploegen, de inspecteurs en eventueel de subcontractors; de nodige opleiding te voorzien; de nodige meet- en controleapparatuur te kopen.



Een inspectieprogramma wordt opgemaakt in een aantal stappen:

- stap 1: inventaris van de onderhoudsobjecten (opstellen boomstructuur)
- stap 2: keuze van de productielijnen waarvoor men inspectieprogramma's zal opmaken
- stap 3: analyse van het technisch systeem en studie van het technisch onderhoudsconcept op prioritaire objecten
- stap 4: studie van de O.E.M.-documentatie, storingsanalyses en inbreng van bestaande ervaring op alle andere objecten ofwel ter vervollediging van stap 3
- stap 5: schrijven van het inspectieprogramma (per uitvoerder en voor iedere productielijn).

Bij het opmaken van een inspectieprogramma dient men een aantal praktische zaken voor ogen te houden meestal zijn de inspectieprogramma's te overladen en onuitvoerbaar wegens een te groot aantal opgelegde taken. Sterk vereenvoudigde programma's zijn daarom een noodzaak; de instructies moeten opgesteld worden op een duidelijke manier, aangepast aan het niveau van de uitvoerder. Voor terugkerende objecten zoals pompen, motoren, ventilatoren, enz. dienen standaardprogramma's te worden gemaakt d.m.v. bijvoorbeeld eenvoudige checklists. Verder is het steeds interessant met standaardcodes te werken teneinde de rapportering te vereenvoudigen; waar mogelijk dienen meetbare parameters gecontroleerd en opgetekend te worden tijdens de inspectieronden; uitvoerders van inspectieprogramma's moeten de mogelijkheid hebben een eigen inbreng te doen in het aanpassen/verbeteren van het programma (bv. genoeg plaats voorzien op de inspectiekaarten om nota's te maken, periodieke evaluaties van inspectieprogramma's, ...).

10.4.3. Planning van inspectieronden

Een goed inspectieprogramma is bepalend voor het succes van de onderhoudsdienst. De uitvoering ervan neemt daarom ook zeer veel tijd in beslag. Men heeft er bijgevolg alle belang bij om bij het opstellen van het programma reeds een ruwe werkverdeling te doen: onderhoud - productie - derden.

Daarna zal een fijnere planning nodig zijn en zullen de taken ingevoerd worden in de werklustplanning van het uitvoerend personeel. Wat het onderhoudspersoneel betreft is het van belang een goede dosering te doen tussen:

- speciaal aangestelde inspecteurs (hierbij wordt vooral gedacht aan techniekers uit het methodenbureau);
- meestergasten onderhoud;
- mecaniciens, elektriciens, meet- en regeltechnici uit de onderhoudsploegen.

Machinebedieners dienen een aangepaste opleiding te krijgen om de inspectieprogramma's zoveel als mogelijk autonoom door te voeren en de nodige acties (hetzij tussenkomsten, hetzij meldingen) op een correcte manier te kunnen uitvoeren. Dit is natuurlijk sterk afhankelijk van het soort bedrijf: voor continu procesbedrijven met een sterke grand van automatisatie zal men maar weinig taken kunnen doorschuiven naar de productie; voor bedrijven waar er per machine of groep van machines, individuele bedieners zijn, zal dat gemakkelijker gaan.

In elk geval moet men aan attitude-vorming doen voor het ganse personeel waarbij deze ingeval van eigen, toevallige vaststellingen, onmiddellijk een melding doet teneinde erger te voorkomen. De betrokkenheid van het personeel en een aangepaste opleiding is een noodzakelijke vervollediging van de uitgeschreven inspectieprogramma's.



10.4.4. **Organisatorische aspecten**

Inspectieprogramma's behoren tot het preventief onderhoudsgebeuren waarvoor de informatiekringlopen en de praktische afhandeling reeds beschreven werden. Het gaat hierbij over het algemeen over programma's met een grote frequentie (kleine periodiciteit).

Het sturend en coördinerend orgaan in de informatiekringloop is de programmeringscel die het nodige gevolg moet geven aan meldingen of in elk geval, aan de werkaanvragen die ten gevolge van inspectieprogramma's opgesteld worden.

Het heeft in het algemeen weinig zin om een gedetailleerde tijdsstudie te doen van de uitvoering van inspectieprogramma's. Wel dient men zich een idee te vormen van de werklast teneinde de nodige hoeveelheid personeel ervoor te voorzien.

10.5. **Periodieke onderhoudsprogramma's**

De bovenvermelde inspectie-programma's zijn een onderdeel van de preventieve onderhoudsprogramma's. Ze zijn in feite het eerstelijns onderhoud in het kader van het GAO.

Verder heeft men in datzelfde kader de periodieke vervangingen, afstellingen, revisies en dergelijke. De programma's worden opgemaakt op eenzelfde manier als de inspectieprogramma's en vinden hun informatie bij dezelfde bronnen:

- het onderhoudsconcept
- de specifieke documentatie van de O.E.M.
- de beschikbare ervaring.

GAO-programma's zijn doorgaans veel omslachtiger om op te maken omdat het gaat over grotere interventies.

De planning van het GAO werd reeds besproken en de uitvoering ervan zal voor een stuk gedaan worden door machinebedieners, voor een ander stuk door onderhoudsploegen, afhankelijk van het soort bedrijf, de complexiteitsgraad, de tijd die men voor het uitvoeren van het werk nodig heeft enz. In het algemeen is het echter aangeraden om GAO-werk vanaf het tweede niveau te laten doen door de normale dagploeg van het onderhoud. De mensen in shift kunnen zich dan meer toeleggen op ontstoringswerk (SAO). Bij individuele machines die door een machinebediener bewaakt worden kan men zich zeer goed voorstellen dat, mits een gepaste opleiding, het GAO en het SAO tot op een derde niveau door de machinebediener gedaan worden. Dergelijke oplossing heeft namelijk een grote tijds- en personeelswinst tot gevolg.

10.6. **Het verbeteren van de O.E.E.**

Het verbeteren van de "overall equipment effectiveness" (O.E.E.) is gebaseerd op het analyseren en elimineren van de oorzaken van verliezen met betrekking tot beschikbaarheid, snelheid en kwaliteit. Dit werd reeds in een vorig hoofdstuk besproken.

Hieronder wordt de nadruk gelegd op de rol die de methodenfunctie moet spelen in het verbeteringsproces van de O.E.E. Deze wordt bepaald als het product van 3 parameters nl. B (beschikbaarheid) x S (snelheid-hoeveelheid) x K (kwaliteit). Om het totaal bedrijfsrendement te bekomen voegt men er een vierde parameter P (planningsparameter) aan toe.



De kennis van de O.E.E. biedt een interessant en cijfermatig middel om een goede communicatie op te bouwen tussen onderhoud en productie. Het laat tevens toe om belangrijke problemen zowel in onderhoud als in productie te identificeren.

Hieronder volgen enkele ideeën hoe men O.E.E. metingen praktisch kan doorvoeren om de O.E.E. te verbeteren:

- Het komt er in de eerste plaats op aan om een goede registratie te hebben van de verliezen. Daartoe dient men een aantal afspraken te maken, die strikt moeten worden opgevolgd.

Teneinde de machinebediener zo weinig mogelijk te laten schrijven kan men hem een soort checklist geven met de meest voorkomende storingen op zijn machine. Daarbij dient er gelet dat men alle storingen of niet conforme werking, hoe klein of kort ook, zorgvuldig noteert.

Verder dienen alle stilstandstijden van de machine genoteerd te worden (ook als het gaat om enkele minuten). Daaruit kan men dan de lijnstilstand berekenen. Een machinestilstand op een lijn is nl. niet noodzakelijk een lijnstilstand. Men moet echter beiden kennen teneinde ook ervoor te zorgen dat machinestilstanden voorkomen worden.

Hier dient even verwezen naar het gevaar van een zekere “blindheid” van de machine-operator die gaandeweg bepaalde terugkerende storingen als normaal gaat beschouwen en deze niet meer optekent. Daaraan kan worden verholpen op verschillende manieren:

- regelmatige groepsmeetings waarin vragen over vroegere storingen gesteld worden
 - een rotatie van de machinebedieners (hetgeen een zekere polyvalentie vereist)
 - een analyse van de ingevulde checklists met vergelijking van de aard en van de duur der storingen tussen de verschillende shifts.
- Een goed rapporteringssysteem dient te worden opgezet. Gegevens over bovenstaand opnames kunnen vermeld worden in week- of maandrapporten waarbij de 4 bovenvermelde parameters (B, S, K en P) opgevolgd worden. Om een klaar beeld te krijgen van alle invloedsfactoren dient men duidelijk vast te leggen wat men verstaat onder de verschillende verliezen. Aan de hand van een diagram moet men dan bepalen wat men precies verstaat onder geplande of accidentiele stilstandstijd, snelheidsverliezen, enz.

Verder kan men daarmede interessante elementen opvolgen zoals:

- geplande productiehoeveelheid;
 - geproduceerde hoeveelheid;
 - geplande productietijd;
 - geplande stilstandstijd;
 - onverwachte stilstand;
 - totale storingstijd per machine;
 - meest voorkomende storingen per machine;
 - totale stilstandstijd per lijn door technische storingen;
 - totale stilstandstijd per lijn omwille van productieredenen.
- In het kader van het continu verbeteren zal men op basis van bovenstaande gegevens volgende zaken bepalen:
 - de meest belangrijke storingen (in termen van stilstandstijd of van kosten)
 - niet aanvaardbare trends voor B, S of K
 - storingsoorzaken.



Om dit te doen zijn er verschillende technieken ter beschikking waaronder ABC-analyses, statische verdelingscurven (meestal normale verdeling), storingsanalysetechnieken (o.a. Ishikawa).

Op basis van deze analyses is het mogelijk de verliezen te hiërarchiseren in functie van hun invloed op de stilstandstijden van een volledige lijn. Een verbeteringsplan (actieplan) kan dan worden opgesteld hetwelk betrekking kan hebben op:

- aanpassingen van het onderhoudsconcept;
- de inhoud van de GAO en TAO programma's;
- modificaties (al of niet in samenspraak met de O.E.M.);
- de manier waarop de machine bediend wordt;
- process-gebonden opties (bv. keuze der grondstoffen).

10.7. Evaluatie en technische analyses

Een ander aspect van de methodenfunctie is het evalueren en technisch analyseren van de uitvoering der onderhoudswerken.

In vorige hoofdstukken (vooral historieken en O.E.E.) werd reeds een belangrijk gedeelte van deze taak belicht naar de machine toe.

Hieronder wensen we iets dieper in te gaan op de evaluatie en technische analyse van de werkuitvoering in vergelijking met wat gepland is en dit zowel operationeel als qua kosten.

Na het uitvoeren van een bepaald werk dient een evaluatie te gebeuren in geval er een belangrijke afwijking is ($> 10\%$) t.o.v. wat men voorzien heeft. Dit laat dan toe om naar de toekomst toe de werkmethodes te verbeteren en de werklastplanning beter te bepalen. Verder is dit ook nodig om correcter te budgetteren.

Volgende punten dienen een bijzondere aandacht te krijgen

- reële uitgevoerde tijd (eigen personeel en derden);
- de fasen en handelingen (in vergelijking met de werkvoorbereiding);
- de verbruikte wisselstukken en werkstoffen;
- moeilijkheden i.v.m. het vrijgeven van de machine door de productie;
- wachttijden onderhoudspersoneel;
- onverwachte moeilijkheden bij de uitvoering (bv. corrosie);
- reële kosten (vergelijking t.o.v. budget door nacalculatie).

Een dergelijke Soll-Ist vergelijking moet dan leiden tot een sterkte/zwakte analyse hetgeen kan uitgedrukt worden in een aantal kengetallen; oorzakengerichte of -storingsgerichte commentaren.

Bovenstaande evaluatie moet tenslotte dienen om:

- de werkvoorbereiding te bevestigen of aan te passen met inbegrip van de toegekende tijden;
- inspectieprogramma's, periodieke onderhoudsprogramma's en smeerprogramma's aan te passen;
- een degelijk gegevensbestand op te bouwen voor toekomstige budgettering;
- zich een idee te vormen van de efficiëntie van zijn personeel;



- allerhande verliestijden tot een minimum te herleiden.

Het is steeds handig om over een aantal kengetallen te beschikken teneinde de efficiëntie te meten van de tussenkomsten. Zo kan men bepaalde kengetallen opstellen met betrekking tot

- efficiëntie van de planning;
- de kwaliteit van het personeel en de daaruit voortvloeiende opleidingsbehoeften (zowel voor onderhoud als productie);
- de reactietijd van het onderhoud;
- het eerbiedigen van de budgetten;
- de efficiëntie van het onderhoudsconcept.

In de informatiekringloop wordt deze evaluatie en technische analyse gedaan door het methodenbureau in nauwe samenwerking met de werkvoorbereider na afloop van het werk. Van daaruit kan dan de historiekkaart worden aangevuld en enkele kengetallen nodig voor het onderhoudsbeheer worden opgesteld. Daarover meer in een later hoofdstuk.



11. Technische Documentatie

11.1. De problematiek van de technische documentatie voor het onderhoud

11.1.1. Goede technische documentatie is een noodzaak

Er wordt vastgesteld dat in een periode van dalende conjunctuur nog meer dient gerationaliseerd. Hierdoor wordt de nood aan goede technische documentatie nog sterker aanvoeld, vooral in de onderhoudsdiensten. Het gevolg is een stijgende belangstelling van zowel kleine als grote bedrijven om zich op het vlak van de technische documentatie beter te organiseren. Volgende punten spelen hierbij een grote rol

- **Drukken van de onderhoudskosten**
Onderhoud is in vele bedrijven een zware last. Technische documentatie is één van de instrumenten die een belangrijke rol speelt in de rationalisatie van het onderhoud. Besparingen van 15 tot 20 % op jaarbasis zijn mogelijk door minder, snellere en beter voorbereide interventies, door een beter wisseldelenbeheer, enz. Alle onderhoudsplannings en onderhoudssystemen zijn te vergeefs als men niet duidelijk weet wat en hoe te controleren en te onderhouden en op welk tijdstip.
- **Implementeren van een geïnformatiseerd onderhoudssysteem**
Meestal wordt vastgesteld dat bij het invoeren van een geïnformatiseerd onderhoudssysteem de problematiek m.b.t. het verzamelen van de informatie voor het opvullen van de bestanden sterk onderschat wordt. Meestal stelt men vast dat de belangrijkste gegevens ontbreken of dat de beschikbare gegevens niet correct zijn.
Enkel een goede documentatie die de werkelijke toestand van de installaties weerspiegelt en waarin de ervaringen van het bedienings- en onderhoudspersoneel zijn opgenomen, biedt hier een uitkomst. Het is bijgevolg van belang ervoor te zorgen dat de documentatie correct bijgesteld is vooraleer aan te vangen met de implementatie van het geïnformatiseerd onderhoudssysteem.
- **Implementeren van een kwaliteitsbeleid**
Vele bedrijven zijn van plan een kwaliteitsbeleid (ISO, TQM) in te voeren. Bediening en degelijk onderhoud vormen hierbij een essentieel onderdeel. De kwaliteit van deze diensten en vooral de aantoonbaarheid ervan is van groot belang.
Dit laatste is enkel mogelijk door duidelijke en correcte instructies en voorschriften die terug te vinden zijn in de documentatie.
- **Snelle evolutie van de installaties**
De vraag naar degelijke documentatie wordt nog versterkt door de toenemende technische complexiteit, door gebruik van nieuwe materialen (composieten) en door een steeds kortere technologische levensduur van de installaties. Het bedienings- en onderhoudspersoneel moet zich steeds sneller inwerken in nieuwe en steeds complexere installaties.
- **Klant-leverancier relatie**
Veel leveranciers zijn er zich van bewust dat een volledige, duidelijk gestructureerde en klantgerichte documentatie tevens een sterk verkoopargument is. De klant ervaart immers een goede documentatie als een bijkomende service die hem geboden wordt.

11.1.2. Situatie in de bedrijven

Men stelt vast dat in vele bedrijven de technische documentatie van de installaties ronduit slecht is:



-
- ze is onvolledig, tekeningen en schema's zijn aanwezig maar bedienings- en onderhoudsinstructies ontbreken;
 - de informatie is verkeerd of niet aangepast aan de geleverde installatie, niet 'As Built' uitgevoerd;
 - de documenten zijn niet in de taal van de gebruiker;
 - de teksten zijn dubbelzinnig en vertalingen meestal onbegrijpbaar;
 - de documentatie is niet gebruiksvriendelijk (bediening, afregelprocedures, omstel gegevens en onderhoudsinstructies staan door elkander);
 - documenten worden te laat of niet geleverd.

Deze situatie leidt tot

- veel onvoorziene stilstanden (door een gebrek aan mogelijkheden voor een planmatig onderhoud),
- gebrekkige en te lange interventies in het geval van storingen waardoor te lange stilstanden (peen foutzoekprocedures),
- slechte kwaliteit van de herstellingen (geen correcte demontage- en montagevoorschriften),
- slecht wisselstukkenbeheer (tekort aan informatie betreffende de stukken),
- verminderde veiligheid voor zowel bedienings- als onderhoudspersoneel (tekort aan specifieke veiligheidsinstructies),
- demotivering van het personeel (door een algemeen tekort aan correcte informatie).

11.2. Doelstellingen van de technische documentatie

11.2.1. *Tijdens de uitvoering van het project*

- Machines/installaties controleren op conformiteit bij levering
- Montage en indienststelling opvolgen
- Validatie van de installaties
- Efficiënte scholing van het personeel

11.2.2. *Tijdens de uitbating*

- Installaties in optimale conditie houden
- Productieproces beter beheersen
- Verhoogde veiligheid voor het productie- en onderhoudspersoneel
- Opmaken van de onderhouds- en smeerprogramma's
- Efficiënte voorbereiding van de onderhouds- en herstellingswerkzaamheden
- Vermindering van de tijd nodig voor het opsporen en verhelpen van storingen
- Foutieve demontage en montage vermijden
- Implementatie van een computerondersteund onderhoud
- Efficiënt wisselstukkenbeheer
- Juiste keuze en correcte benaming van de onderdelen en verbruiksgoederen die dienen opgenomen in het wisselstukkenmagazijn
- Correcte codificatie van de onderdelen
- Juiste keuze van eventueel zelf aan te maken onderdelen en het fabriceren van die onderdelen op basis van de ontvangen detailtekeningen
- Onderzoek naar de uitwisselbaarheid van onderdelen
- Uitbreiding of aanpassing van de installatie
- Efficiënte scholing van het onderhoudspersoneel
- Algemeen het verminderen van de onderhoudskosten



Een onvolledige en/of niet aangepaste documentatie leidt onvermijdelijk tot een slecht onderhoud. Dit heeft als gevolg dat het rendement van de installaties daalt en dat de kwaliteit van het eindproduct verminderd.

Het is bijgevolg belangrijk reeds bij de aankoop van de installaties aandacht te schenken aan de technische documentatie en ervoor te zorgen dat de leverancier een goede, bruikbare documentatie ter beschikking stelt.

Het aanpassen van de documentatie na het uitvoeren van veranderingen aan de installaties tijdens de exploitatie is eveneens van groot belang. Om in dit geval te vermijden dat op korte termijn de documentatie onbruikbaar wordt voor het onderhoudspersoneel dient een beheersysteem uitgewerkt om de informatie betreffende de aanpassingen op een efficiënte manier te verzamelen, uit te voeren en de aangepaste documenten te herverdelen naar de gebruikers.

11.3. Welke technische documentatie bestaat er voor onderhoudsdoeleinden?

11.3.1. Soorten documentatie

Volgende soorten specifieke documentatie kunnen onderscheiden worden:

- **Gebouwendocumentatie**
Deze documentatie bevat alle informatie betreffende de burgerlijke bouwkunde, met name alle bouwkundige tekeningen (uitvoeringstekeningen) van het gebouw, de gegevens betreffende de gebouweninstallaties (sanitaire uitrusting, verlichting, hoog- en laagspanningsverdeling, communicatienetwerken, interfoon, telefoon, personen- en goederenliften, alarmsystemen, brandblusinstallaties, HVAC, enz.) en de documentatie van de gebruikte bouwmaterialen. Er worden afzonderlijke dossiers opgemaakt per gebouw. Als gebouw wordt beschouwd één of meerdere lokalen waarbinnen een bepaalde activiteit gebeurt (productiegebouw, ketelhuis, administratief gebouw).
- **Systeemdocumentatie**
In het geval dat een installatie bestaat uit een aantal kleine en grote machines of apparaten die stuurmatig of fysisch met elkander verbonden zijn (productielijnen, nutsvoorzieningsdistributie, verpakkinglijnen, enz.) wordt een overkoepelende documentatie voor het ganse systeem opgemaakt. Dit dossier bevat alle documenten en informatie die de *relatie aangeven* tussen de verschillende apparaten/machines die in het systeem gemonteerd zijn. Voor de grotere machines/apparaten worden afzonderlijk dossiers opgemaakt: 'Machinedocumentatie'.
- **Machinedocumentatie**
De machinedocumentatie (ook machinedossier genoemd) bevat alle informatie en documenten betreffende één enkele machine of apparaat alsook alle informatie betreffende de aangebouwde elementen, zoals motoren, reductoren, cilinders, ventielen, regelaars, enz. Er wordt een afzonderlijk dossier opgemaakt voor *elke* machine/apparaat, ook indien deze identiek zijn. Hierdoor wordt vermeden dat bij aanpassingen aan één van de installaties de documentatie onoverzichtelijk wordt door allerlei uitzonderingen en verwijzingen. In het geval de fabrikant/leverancier over een degelijke en goed gestructureerde documentatie beschikt dient overwogen of het wel noodzakelijk is deze te laten herwerken volgens een eigen standaard.
- **Standaarddocumentatie**
In het geval dat door een ver doorgedreven standaardisatie van de te gebruiken componenten, veel identieke elementen (zelfde merk en type) ingebouwd zijn in de te documenteren machines of



systemen, is het aangewezen standaarddocumentatiedossiers op te maken.

Alle informatie en documenten van één bepaald type (of merk) objecten worden verzameld in een afzonderlijk dossier. De verschillende dossiers worden in een alfanumerische volgorde geklasseerd (volgens de beginletters van de fabrikant of leverancier). In de systemen- en machinedocumentatie wordt dan verwezen naar deze dossiers waardoor hun volume aan documenten beperkt blijft. Een bijkomend voordeel is dat bij wijziging of aanpassing van een bepaald element, de documentatie slechts op één plaats dient aangepast.

Via verwijzingslijsten wordt duidelijk aangegeven waar (welke machine, welk systeem) het desbetreffende element gemonteerd is.

11.3.2. Structuur van de documentatie

11.3.2.1. Opbouw

Het is van belang zowel voor het bedienings- als voor het onderhoudspersoneel dat de gegevens en documenten overzichtelijk voorgesteld worden en op een duidelijke en uniforme manier geklasseerd zijn. Dit moet de gebruiker toelaten snel een welbepaalde informatie terug te vinden. De ervaring leert dat een slecht gestructureerde en onoverzichtelijke documentatie weinig of niet gebruikt wordt.

De structuur van de technische documentatie kan opgedeeld worden in vier niveaus:

1. Specifieke documentatie volgens soort
2. Rubriek
3. Hoofdstuk
4. Document

De structuur van de documentatie is sterk afhankelijk van het type bedrijf, van de interne organisatie van het bedrijf en van de te documenteren machines of installaties. De documentatie voor een gebouw en de gebouwenuitrustingen zal niet noodzakelijk dezelfde hoofdstukken en rubrieken bevatten als de documentatie voor een productiemachine of een productiesysteem. In de volgende paragrafen worden de verschillende niveaus in detail besproken.

11.3.2.2. Rubrieken

Een documentatie - of het nu een gebouw, systeem of machine betreft - kan opgedeeld worden in een aantal rubrieken. Een mogelijke opdeling is:

1. Algemene technische informatie
2. Montage en indienststelling
3. Bediening
4. Onderhoud
5. Wisselstukken
6. Elektrische sturingen en programmatie
7. Mechanisch dossier
8. Catalogi en prospectussen

Bij het vastleggen van de rubrieken dient erop gelet dat alle informatie en documenten die een bepaalde categorie gebruikers (onderhoudspersoneel, bedieningspersoneel, magazijnier) aanbelangt in één rubriek verzameld zijn. Dit biedt de mogelijkheid de respectievelijke gebruiker enkel die rubriek ten beschikking te stellen die hem aanbelangt.



11.3.2.3. Hoofdstukken

Elke rubriek kan verder worden onderverdeeld in een aantal hoofdstukken zoals aangegeven in onderstaande tabel. Afhankelijk van het type documentatie worden al dan niet alle hoofdstukken gebruikt.

1. Algemene technische informatie
 - 1.1. Technische gegevens
 - 1.2. Productiegegevens
 - 1.3. Samenstellingstekeningen en principeschema's
 - 1.4. Werkingsbeschrijving
 - 1.5. Ontwerpgegevens en berekeningsnota's
2. Montage en indienststelling
 - 2.1. Transport en behandeling
 - 2.2. Principe funderingen
 - 2.3. Montage
 - 2.4. Montagetekeningen
 - 2.5. Indienststelling
3. Bediening
 - 3.1. Veiligheidsvoorschriften
 - 3.2. Bedieningshandleiding
 - 3.3. Omstelprocedures voor de bedienaar
 - 3.4. Afregelvoorschriften voor de bedienaar
 - 3.5. Opsporen en verhelpen van storingen door de bedienaar
 - 3.6. Onderhoud en nazicht door de bedienaar
4. Onderhoud
 - 4.1. Veiligheidsvoorschriften
 - 4.2. Bedieningsborden onderhoud
 - 4.3. Opsporen en verhelpen van storingen
 - 4.4. Instructies voor montage en demontage
 - 4.5. Omstelprocedures
 - 4.6. Afregelvoorschriften
 - 4.7. Preventief nazicht en onderhoud
 - 4.8. Smeervoorschriften
5. Wisselstukken
6. Elektrische sturingen en programmatie
 - 6.1. Elektrische schema's
 - 6.2. Elektronische schema's
 - 6.3. PLC-sturing
- Mechanisch dossier
 - 7.1. Mechanische tekeningen
 - 7.2. Pneumatische schema's
 - 7.3. Hydraulische schema's
 - 7.4. Andere fluïda



Catalogi en prospectussen

8.1. Mechanische componenten

8.2. Elektrische en elektronische componenten

11.3.2.4. Documenten

Elk van de hoofdstukken uit voorgaande paragraaf bevat dan uiteindelijk een aantal documenten. Afhankelijk van het type documentatie kunnen deze documenten verschillend zijn.

In aanhangsel wordt als voorbeeld een gedetailleerde inhoudslijst van een gebouwdocumentatie opgegeven.

11.3.2.5. Belangrijk

Alle overbodige informatie dient vermeden. Volledige standaardcatalogi zijn niet toegelaten. Enkel de bladzijden die betrekking hebben op de geïnstalleerde componenten of onderdelen worden gekopieerd en geklasseerd in het dossier.

11.4. Documentatiebeheer

11.4.1. Inleiding

Wanneer beslist wordt een degelijke documentatie te eisen van de fabrikanten/leveranciers, wat in dit geval duidelijk als een investering dient beschouwd, dan dienen in de exploitatiefase eveneens de nodige budgetten en het nodige personeel vrijgemaakt om deze investering te laten renderen.

Technische documentatie, zoals hier voorgesteld, is geen statische informatiebron. De documentatie dient continu aangepast aan de werkelijke stand van de installaties. Hierbij dient vooral rekening gehouden met de ervaringen van het onderhouds- en bedieningspersoneel (onderhoudsfrequenties, foutzoeken, afregelingen, enz.).

Het is bijgevolg noodzakelijk binnen de interne organisatie vast te leggen wie of welke dienst verantwoordelijk is voor het beheer van de documentatie (afname, controle, aanpassing en de distributie).

11.4.2. Nummering van de documentatie

Ten behoeve snel een bepaald dossier of document terug te vinden is het van belang dat alle dossiers en documenten voorzien zijn van een uniek nummer.

Het is aangeraden éénzelfde nummering te gebruiken voor de documentatie en voor de installaties. Elke machine of apparaat krijgt een eigen nummer toegewezen. Dezelfde codenummers kunnen dan eveneens gebruikt worden voor het toekennen van de onderhoudskosten.

Bij het opstellen van het nummeringsysteem dient duidelijk onderscheid gemaakt tussen installaties en kringlopen voor nutsvoorzieningen, die verspreid zijn over het fabrieksterrein, en de productiemachines die op een welbepaald, vaste plaats zijn opgesteld.



In het geval van grotere projecten of uitbreidingen wordt het nummeringssysteem opgelegd aan de fabrikant/leverancier en aan zijn onderleveranciers teneinde een uniforme documentatie te bekomen.

In het geval van kleine projecten of bij aankoop van eenvoudige machines kan eventueel van deze regel afgeweken worden. De documenten worden dan in eigen beheer aangepast.

De installaties kunnen genummerd worden op basis van hun standplaats of naar functionaliteit.

Een nummering op basis van standplaats wordt toegepast wanneer het machines en installaties betreft die een *vaste* standplaats hebben en in principe niet verplaatst worden tijdens hun levenscyclus. Dergelijke nummering sluit het dichtst aan bij een boomstructuur van de installaties.

Voor machines of apparaten die geen vaste standplaats hebben of die 'regelmatig' gedemonteerd en verplaatst worden is het aangeraden te opteren voor een nummering naar functionaliteit. Hierbij worden de installaties opgedeeld naar type (transportsystemen, reactoren, mengers, verpakkingsmachines, vulmachines, etc).

11.4.3. Enkele praktische opmerkingen

- Alle tekeningen en schema's dienen opgemaakt op DIN formaat (A4 tot AO) en volgens een vooraf bepaalde norm of standaard (ISO, EIC, DIN, VDE, UTE).
- De originelen van de plannen en de planafdrukken dienen van een onberispelijke kwaliteit te zijn. Zij moeten toelaten verkleiningen te maken en de plannen te microverfilmen zonder kwaliteitsverlies. Hiervoor dienen de overeenkomstige ISO-normen te worden gerespecteerd.
- In het geval dat een nummeringssysteem werd opgesteld moeten alle tekeningen en schema's genummerd worden volgens dit systeem, eventueel aangevuld met het tekeningsnummer van de fabrikant/leverancier.
- Alle beschrijvende teksten, lijsten en tabellen dienen opgemaakt op A4 formaat en dienen eveneens genummerd volgens het vooropgestelde nummeringssysteem.
- Alle documenten dienen geklasseerd in één bepaald type map (bvb.: stevige PVC-map in A4 formaat met 4-beugelmechanisme), teneinde een vlot klasserement van de documentatie toe te laten. Deze mappen dienen minstens voorzien van een doorzichtige venster op de rug waarin een label kan geschoven worden waarop alle gegevens betreffende de gedocumenteerde machine en de geklasseerde documenten terug te vinden zijn.
- De verschillende rubrieken van het documentatiedossier dienen gescheiden door tussenbladen of tabbladen waarop duidelijk de titel van de rubriek vermeld staat. Dit moet bijdragen tot de toegankelijkheid van de documentatie.
- Vooraan in het documentatiedossier dient een gedetailleerde inhoudslijst voorzien waarop is aangeduid, in het geval een documentatie over meerdere mappen is verdeeld, welke documenten in welke map geklasseerd zijn.
- Alle documenten die veelvuldig gebruikt worden, zoals bvb. onderhoudskaarten en smeerkarten dienen geleverd in een doorzichtige PVC-hoes of geplastificeerd.
- Alle schema's opmaak in A3 formaat worden gereduceerd naar A4 formaat wat handiger is bij gebruik.
- Teneinde de documentatie mappen niet te overladen en het aantal mappen te beperken is het aangeraden de mechanische tekeningen, hetzij in gereduceerde vorm te laten leveren, hetzij in afzonderlijk mappen die geen deel uitmaken van het onderhoudsdossier.
- In het geval de documentatie uit meerdere mappen bestaat moet vermeden worden dat de documenten van éénzelfde rubriek over meerdere mappen verspreid zijn.



12. (Her)bevoorrading en magazijnen

12.1. Inleiding

Het uitvoeren van onderhoud vergt het bijhouden van wisselstukken en dus het beheren van een voorraad. Dit beheer verschilt sterk met dat van een productiemagazijn vanwege het groot aantal verschillende items, de grote pipe line time (tijd tussen bestellen en ontvangen van het onderdeel), niet gepland verbruik, fysieke en economische veroudering, evolutie in de samenstelling, ...

Binnen onderhoud neemt het wisselstukkenbeheer een belangrijke plaats in: wisselstukken vereisen opslagruimte en vertegenwoordigen een aanzienlijk bedrag aan vastliggend kapitaal. Door een goed beheer moet worden getracht om de vereiste service-graad te halen met een minimale kost. Dit betekent dus dat de juiste stukken aan de juiste prijs op het juiste tijdstip in voorraad moeten zijn. Voorraadbeheer is het domein dat een antwoord geeft op de vragen “wanneer bestellen?”, “hoeveel bestellen?”, en “welke stukken in voorraad houden?”. De vraag “wanneer” kan ruwweg op twee manieren worden opgelost:

- de voorraad wordt continu opgevolgd en van zodra het niveau gelijk of lager is dan het bestelpunt R, wordt de voorraad aangevuld;
- de voorraad wordt periodiek (periode T) gecontroleerd en aangevuld.

Voor de bepaling van de hoeveelheid zijn eveneens twee politieken mogelijk:

- er wordt steeds eenzelfde hoeveelheid Q besteld;
- er wordt een bepaalde hoeveelheid besteld zodat de voorraad terug op S eenheden wordt gebracht.

De regels voor de bepaling van het tijdstip van bestelling en de hoeveelheid kunnen worden gecombineerd tot vier basispolitieken (Exhibit 3.1). De meest frequent gebruikte zijn de (Q,R) en de (S,T) politiek. Bij de (Q,R) politiek wordt een bestelling voor een hoeveelheid Q geplaatst, telkens wanneer de voorraad het niveau R bereikt. Bij de (S,T) politiek wordt na elke periode T een order geplaatst zodat de voorraad terug op het niveau S is.

Bij de analyse van de stukken in voorraad, is de ABC-analyse ontegensprekelijk één van de meest nuttige hulpmiddelen. De ABC-analyse laat toe om snel de belangrijkste elementen te identificeren. De stukken worden volgens hun jaarlijks verbruik gerangschikt. Het cumulatief verbruik wordt in een grafiek uitgezet. Op basis van deze grafiek worden de stukken ingedeeld in drie klassen (A, B en C).

- Klasse A: groep van stukken met een grote rotatie of fast moving items (FMI);
- Klasse B: groep van stukken met een gemiddelde rotatie of normal moving items (NMI);
- Klasse C: groep van stukken met een lage rotatie of slow moving items (SMI).

Deze indeling is van belang wanneer naar een gepast voorraadmodel wordt gezocht. Uit Exhibit 12.1 blijkt dat een zaagtandpatroon voor het voorraadprofiel een basishypothese is bij de geciteerde modellen. Intuïtief kan men reeds inzien dat dit patroon enkel kan worden bepaald voor artikels met een redelijke rotatie (FMI en NMI). Voor artikels met een heel lage rotatie (SMI) ziet het voorraadverloop er anders uit (zie Exhibit 12.2).



Binnen onderhoud is deze onderverdeling eveneens van belang. Van de FMI en NMI moeten er voldoende in stock worden gehouden om de vereiste servicegraad te leveren. De meeste bedrijven grijpen hier terug naar een (Q,R) of (S,T) politiek. De SMI zijn meestal dure onderdelen waarvan de voorraad een belangrijke kapitaalsimmobilisatie betekent, en vragen een aangepaste politiek.

Een voorraadstelsel wordt gedefinieerd als een stelsel waarin drie verschillende kostentypes van belang zijn:

- voorraadkost (Ch, holding cost): de kosten die te maken hebben met opslag en bewaring;
- voorraadbreekkost (CS, shortage cost): bij een stockbreuk treden rechtstreekse en onrechtstreekse kosten op;
- orderkost (Cp, procurement cost): het plaatsen van een bestelling genereert bepaalde kosten.

Bepaalde types van voorraadsystemen gaan specifiek op een bepaalde kosttype controleren:

- Lot-size systemen: enkel de voorraad- en orderkosten worden gecontroleerd;
- Order-level systemen: de voorraad- en voorraadbreekkosten worden opgevolgd;
- Order-level-lot-size systemen: hierbij worden de drie kosten onder controle gehouden.

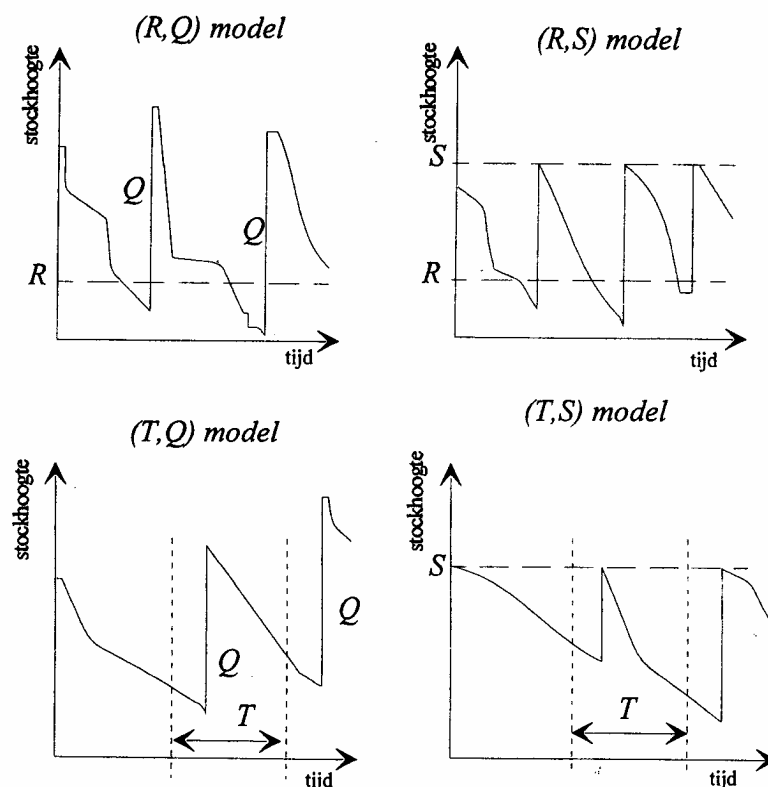


Exhibit 12.1: De bevoorradingsmodellen.

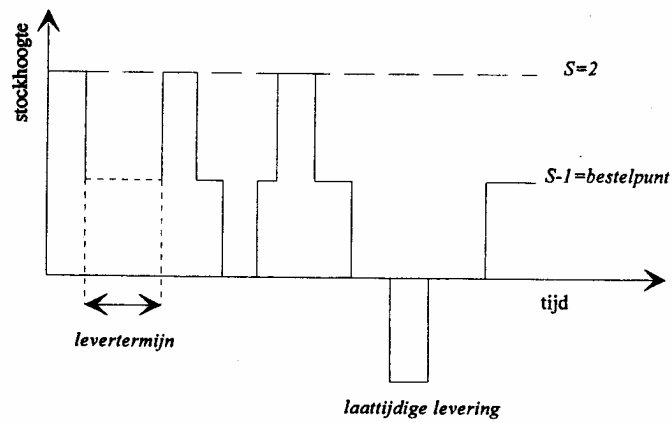


Exhibit 12.2: Stockhoogte bij SMI.

12.2. Levensloop van een materieel

Wat ook het type materieel, zowel hoofdmaterieel als onderdelen, is, het kent steeds een levensloop van definitie, verwerving, leven en vervanging zoals in Exhibit 12.3. Het is duidelijk dat voor de meeste items de fase van het 'Leven' de langste is en dat juist in deze fase het onderhoud een belangrijke rol speelt.

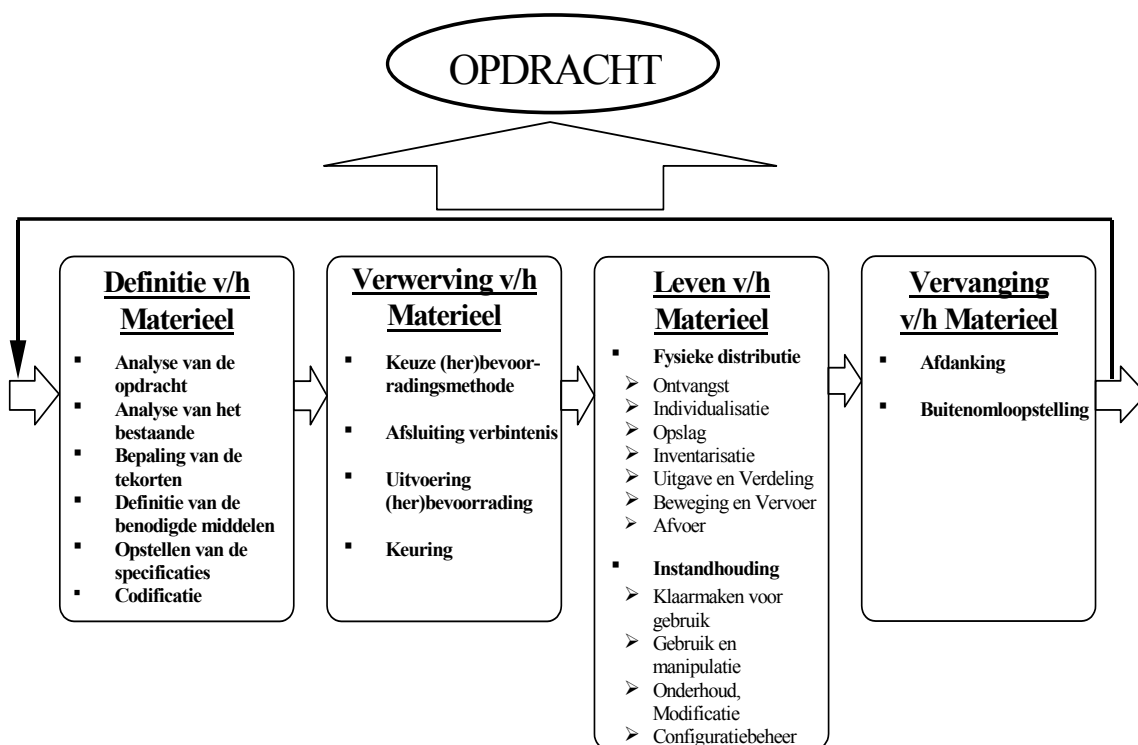


Exhibit 12.3: De levensloop van een materieel.

12.3. De initiële bevoorrading

De initiële bevoorrading heeft tot doel de organisatie of een onderdeel ervan te voorzien van :

- de eerste dotatie,
- de initiële stocks, d.w.z. de hoeveelheden wisselstukken en verbruiksgoederen die moeten toelaten aan een nieuw opgericht organisme of aan een organisme dat met nieuw materieel werd uitgerust gedurende de periode, volgend op de ingebruikname van het materieel, te functioneren.

De initiële bevoorrading van organismen heeft betrekking op materieel dat voorheen nog niet geïdentificeerd is of nog niet hernomen is op de (lokale) inventaris. Voor dat materieel dient er een verdeelsleutel te worden opgesteld als het om meerdere organismen gaat.

De initiële bevoorrading begint bij het bepalen van het nodige materieel, in aard en hoeveelheid. Zij komt voort uit het uitdrukken van een nieuwe of veranderde vereiste. De initiële stocks dekken de periode, o.a. de PLT (Pipe Line Time - leveringstermijn), tussen de eerste ingebruikname van het nieuw materieel en de eerste herbevoorrading.

Voor de bepaling van de nodige initiële stocks, zal men gebruik maken van de gekende PLT en zo veel mogelijk andere informatie (o.a. fabrikantgegevens en technische documentatie) waarover men beschikt, aangezien het hier artikelen betreft waarvoor er nog geen verbruiken gekend zijn.



De organisatie legt eveneens voor het materieel de initiële verdeelsleutel vast die aan de gebruiker zal worden overgemaakt en zorgt dat de nodige instructies verspreid worden om het nieuw aangeschafte materieel op de beoogde bestemming te krijgen.

12.4. **Herbevoorrading**

De herbevoorrading bestaat erin de artikelen die door verbruik of afdanking verdwenen zijn opnieuw en in de juiste hoeveelheden aan te schaffen.

De herbevoorrading heeft tot doel de voorraad aan materieel, in gebruik bij de organisatie, op peil te houden teneinde aan de behoefte te voldoen.

Met betrekking tot de herbevoorrading worden 3 soorten materieel onderscheiden :

- niet-geserialiseerd niet-herstelbaar materieel,
- niet-geserialiseerd herstelbaar materieel,
- geserialiseerd materieel

Herstelbaar materieel is materieel waarvoor men de mogelijkheid voorziet om herstellingen uit te voeren.

Geserialiseerd materieel is materieel waarvan de items individueel opgevolgd worden.

12.4.1. *Niet-geserialiseerd niet-herstelbaar materieel*

Voor niet-geserialiseerd niet-herstelbaar materieel wordt het principe van de service graad gevolgd, wat in feite een onrechtstreekse vertaling is van het risico tot voorraadbreek.

De gewenste Service Graad is functie van de aard van de artikelen en hun belangrijkheid voor het uitvoeren van de opdracht. Op basis van de gedefinieerde service graad wordt een dienstvoorraad en eventueel een veiligheidsvoorraad aangelegd.

12.4.2. *Niet-geserialiseerd herstelbaar materieel*

Voor niet-geserialiseerd herstelbaar materieel wordt een werkingsvoorraad bepaald. De omvang van deze werkingsvoorraad is afhankelijk van :

- het aantal uit te voeren herstellingen, op zijn beurt afhankelijk van de gebruiksfrequentie van het betrokken materieel,
- de hersteltermijn.

Men beschouwt voor dit type materieel enkel correctief en geen preventief onderhoud, daar dit laatste een serialisatie van het betrokken materieel inhoudt.

Men onderscheidt twee gevallen voor een herbevoorrading van deze artikelen :

- een gewilde verhoging van het *potentieel* (= materieel in gebruik + werkingsvoorraad) om te voldoen aan nieuwe vereisten,
- het op peil houden of het verhogen van de *werkingsvoorraad*, verminderd door afdankingen ofwel ontoereikend door een gestegen gebruik of verlengde hersteltermijnen. Het is dus noodzakelijk



regelmatig de voorraadsituatie van het herstelbaar materieel te onderzoeken en, wanneer de werkingsvoorraad onvoldoende blijkt te zijn, over te gaan tot een aanschaf van bijkomende items.

12.4.3. *Geserialiseerd materieel*

Hiervoor wordt ook een werkingsvoorraad bepaald. Hierbij wordt wel rekening gehouden met preventief onderhoud en onderscheid men ook twee gevallen voor een herbevoorrading van dit materieel.

12.5. De herbevoorradingssystemen

12.5.1. *Niet-geserialiseerd niet-herstelbaar materieel*

12.5.1.1. *De automatische herbevoorrading*

De automatische herbevoorrading kan enkel toegepast worden voor materieel met een recurrent verbruik.

Het recurrent verbruik van een artikel is het verbruik dat zich met een bepaalde waarschijnlijkheid zal herhalen.

Een niet-recurrent verbruik is een verbruik waarvan de waarschijnlijkheid dat het zich zal herhalen theoretisch NUL is.

Het model van de automatische herbevoorrading stoelt op de systematische vergelijking van een theoretische hoeveelheid, het objectief (OBJ) genaamd, met de virtuele voorraad (VS - virtual stock) :

$$OBJ \leftrightarrow VS$$

Het objectief is samengesteld uit :

- de dienstvoorraad: een voorraad aangelegd om aan de te voorziene recurrente verbruiken te kunnen voldoen,
- een veiligheidsvoorraad.

De virtuele voorraad bestaat uit de werkelijke voorraad, vermeerderd met de reeds bestaande bestellingen en aanvragen en verminderd met de delen van de voorraad waarvoor reeds een bestemming is voorzien (reservaties en allocaties).

De berekening van de dienstvoorraad steunt op een *prognosesysteem* dat als doel heeft de toekomstige verbruiken te schatten aan de hand van het voorheen geregistreerde recurrent verbruik.

In de automatische herbevoorrading van *niet-geserialiseerd niet-herstelbaar* materieel worden de twee volgende herbevoorradingsmethoden toegepast :

- de cyclische methode,
- de methode van het bestelpunt.

De cyclische methode (CY)



Deze methode bestaat erin, volgens een vaste kalender, systematisch de voorraadsituatie van een artikel te onderzoeken en, zo nodig, tot een aanschaf over te gaan die toelaat de periode tot de volgende herziening te overbruggen.

De cyclische methode is van toepassing op materieel dat :

- een wisselvallig verbruik kent,
- gezien zijn specificiteit geen, of onvoldoende gewaarborgde, permanente beschikbaarheid op de markt heeft,
- lange leveringstermijnen vergt.

De methode van het bestelpunt (PT)

De methode van het bestelpunt bestaat erin tot een aanschaf over te gaan op het ogenblik dat de voorraad een welbepaald peil (= bestelpunt) bereikt.

Het bestelpunt wordt berekend in functie van het verwachte verbruik.

Deze methode is vooral toepasselijk op artikelen die binnen een relatief korte termijn verkrijgbaar zijn bij betrouwbare herbevoorradsingsbronnen.

12.5.1.2. Niet-automatische herbevoorrading

Er bestaan er nog vier bijzondere herbevoorradsingsmethoden die geen gebruik maken van automatische berekeningsmethoden :

- de methode op aanvraag, bij deze methode wordt er slechts tot een herbevoorrading overgegaan wanneer zich een behoefte voordoet;
- de methode van dotaties, deze methode wordt toegepast wanneer er zich een behoefte aan dotatiematerieel voordoet;
- de methode van de lokale aanschaf, deze methode wordt toegepast op de artikelen waarvoor de herbevoorrading dient te gebeuren door het magazijn met lokale middelen of lokale kredieten.

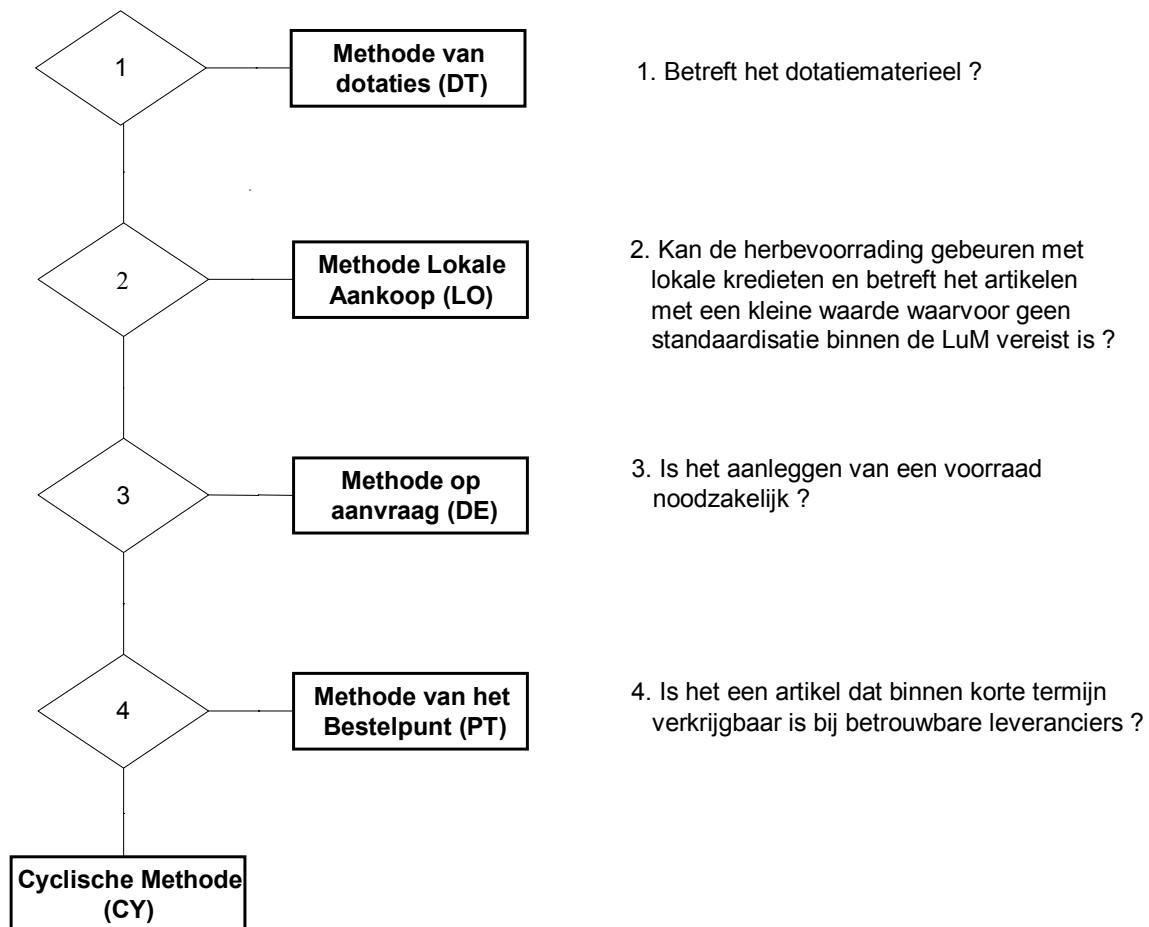


Exhibit 12.4: De bestelmethodes.

12.5.1.3. Bijzondere gevallen

Herbevoorrading van artikelen voor systemen in PHASING IN

Tijdens de inlooperperiode (phasing in) van nieuwe systemen zijn onvoldoende statistische gegevens beschikbaar om er betrouwbare verbruiksvooruitzichten uit af te leiden. De behoeften voor deze periode worden gedekt door de initiële stocks.

In deze periode worden de verbruiken geregistreerd om de latere herbevoorradingsbehoeften te kunnen bepalen. Naarmate deze periode vordert, zal de organisatie onderzoeken van de voorraadsituatie uitvoeren om tijdig tot een herbevoorrading over te gaan.

Herbevoorrading van artikelen voor systemen in PHASING OUT



Bij het geleidelijk uit gebruik nemen van systemen (phasing out) wordt een phasing out date ingebracht. In functie van deze phasing out date wordt de herbevoorrading beperkt opdat er geen overvloedige voorraad aan artikelen meer zou bestaan wanneer het systeem uit gebruik genomen wordt.

12.5.2. *Aanschaf van het materieel*

Materieel kan aangeschaft worden door:

- Aankoop
- Fabricatie: bepaald materieel kan bevoorraden worden via fabricatie in een werkplaats.
- Ruilovereenkomst: soms kan een bevoorrading via een ruilovereenkomst overwogen worden.
- Recuperatie: herbevoorrading kan eveneens gebeuren door recuperatie van materieel. Hieronder wordt verstaan: het aanwenden van afgedankte of buiten omloop gestelde artikelen voor andere doeleinden dan deze waarvoor ze oorspronkelijk werden voorzien; of het terugwinnen en gebruiken van conforme onderdelen van een afgedankt of buiten omloop gesteld geheel.

12.6. Voorraden

“Een voorraad (of stock) is een hoeveelheid materieel die wordt opgeslagen in afwachting van een later gebruik”

Een ontoereikende voorraad brengt de operationele paraatheid in het gedrang, een overdreven voorraad betekent te grote investeringen en hogere kosten verbonden aan de opslag en het beheer ervan.

De werking van de Logistiek dient gericht te zijn op het aanleggen van economisch verantwoorde voorraden. Een gezond en voorzichtig beheer, dat rekening houdt met de onvoorspelbaarheid van de uit te voeren herstellingen, is aangewezen. Slechts een continue evaluatie van de nodige voorraden en een regelmatige herbevoorrading kunnen het niveau van de aan te leggen voorraden optimaliseren.

De keuze van de economische werking impliceert het aanvaarden van een risico van voorraadbreuk. Dit risico wordt bepaald door de verhouding tussen de kosten verbonden aan de opslag en de kosten verbonden aan het oplossen van de voorraadbreuk.

Er worden 3 soorten voorraad onderscheiden :

- *Werkingsvoorraad*
Voor herstelbaar materieel (dit is materieel waarvoor om herstellingen uit te voeren de mogelijkheid werd voorzien d.m.v. een maintenance-organisatie en/of maintenance-contracten) en voor geserialiseerd materieel (dit is materieel waarvan alle items afzonderlijk opgevolgd worden - deze items worden objecten genoemd) zal men de nodige voorraad dienen te voorzien om de werking van een organisme niet in het gedrang te brengen. Deze voorraad noemt men de werkingsvoorraad en laat toe de onbeschikbaarheden op te vangen van de artikelen die hersteld moeten worden.
De omvang van deze werkingsvoorraad is afhankelijk van :
 - het aantal uit te voeren herstellingen, op zijn beurt afhankelijk van de gebruiksfrequentie van het betrokken materieel;
 - de hersteltermijn.Deze voorraden worden zo dicht mogelijk bij de gebruiker van dit materieel opgeslagen.
- *Dienstvoorraad*
Voor niet-herstelbare en niet-geserialiseerde artikelen wordt eveneens een voorraad aangelegd om aan de



te voorziene recurrente verbruiken (dit zijn verbruiken die zich met een bepaalde waarschijnlijkheid zullen herhalen) te kunnen voldoen. Deze voorraad wordt de dienstvoorraad genoemd.

De parameters van de berekening van de nodige voorraad zijn :

- de gewenste Service Graad (DSG), d.i. de mate waarin onmiddellijk (= uit voorraad) aan de vraag van de klant kan voldaan worden, m.a.w. dit is de mate waarin het voorziene verbruik van de LuM statistisch gezien gedekt zal zijn door de voorziene stocks;
- de dichtst aanleunende waarschijnlijkheidswet die de recurrente verbruiken kenmerkt;
- de herbevoorradingscyclus van het betrokken artikel.

Deze voorraden worden eveneens zo dicht mogelijk bij de gebruiker van dit materieel opgeslagen.

- **Veiligheidsvoorraad**

De veiligheidsvoorraad is de supplementaire voorraad die besteld wordt bovenop de nodige hoeveelheden die een zekere service graad garanderen (enkel voor niet-herstelbare en niet-geserialiseerde artikelen).

Deze voorraad laat toe onvoorziene schommelingen in het verbruik of haperingen in de herbevoorradingssystemen op te vangen.

Het bepalen van de omvang van een veiligheidsvoorraad dient met overleg te gebeuren, want deze voorraden vertegenwoordigen een zeker kapitaal. Er dient dus een permanente kosten/baten analyse te gebeuren van deze voorraden.

De hoogte van de veiligheidsvoorraad wordt vandaag vastgelegd in maanden of door middel van een veiligheidsfactor die de werkingsvoorraad verhoogt. Deze niveaus moeten onderworpen worden aan een evaluatie. Deze analyse kan aanleiding geven tot een aanpassing.



13. Magazijn

13.1. Definitie

Een magazijn (= distributieschakel) is een plaats in de goederenstroom waar materieel, naargelang het geval opgeslagen wordt, uitgegeven wordt naar de klant of naar een ander schakel transiteert.

De functie van een magazijn wordt vastgelegd uit het oogpunt van een artikel. Dit kan voor een bepaald artikel of voor alle artikels zijn:

- een zuiver transitmagazijn (een distributieschakel type α of β),
- een stockagemagazijn (een distributieschakel type γ),
- een combinatie van de twee vorige (een distributieschakel type α of β).

13.2. Indeling van het magazijn

Om het gebruik van de installaties te optimaliseren, zal een *opslagplan* worden opgemaakt, in twee stadia :

- een algemeen opslagplan waarin de gebouwen en lokalen worden aangeduid die, in functie van de ligging en aard het meest geschikt zijn om bepaalde soorten artikelen te stockeren,
- een gedetailleerd opslagplan waarin de inwendige organisatie van de magazijnen wordt opgenomen.

Het opslagplan zal minimaal bestaan uit een aantal gedocumenteerde plattegronden waarvan een enkele voorbeelden later in deze paragraaf te vinden zijn.

13.2.1. *Ruimte voor ontvangst*

Deze ruimte laat toe de aankomende goederen *in bewaring te nemen* en voorlopig op te slaan teneinde de nodige keuringsactiviteiten te kunnen uitvoeren.

13.2.2. *Opslagruimten*

De opslagmiddelen en de manipulatiemiddelen dienen oordeelkundig te worden aangewend. De opslag van het materieel zal geoptimaliseerd worden in de drie dimensies om zo de beschikbare ruimte volledig te kunnen benutten.

Suggesties voor een oordeelkundige indeling van de opslagruimten worden in onderstaande paragraaf uiteengezet.



13.2.3. Quarantaine ruimte

Artikelen in afwachting van een beslissing omtrent een geschil en die niet in last kunnen genomen worden, zullen worden opgeslagen in een *quarantaine* magazijn. Dit quarantaine magazijn is een afzonderlijke lokalisatie binnen de magazijnruimtes en kan afgesloten worden.

13.2.4. Ruimte voor verzending

In deze ruimte worden de colli samengesteld en klaargemaakt voor verzending.

13.2.5. Plaats voor uitgave van materieel

In de magazijnen die een rechtstreeks contact hebben met de klant (de gebruiker), zal men met zorg een gepaste uitrusting (toog, bureau, winkelruimte) voorzien.

13.2.6. Burelen

p.m.

13.3. Indeling van de Opslagruimten

13.3.1. Zone

Het magazijn wordt onderverdeeld in verschillende zones. *Deze zones stemmen overeen met welbepaalde categorieën van het materieel.*

Artikelen van een verschillende categorie moeten fysisch gescheiden worden, en opgeslagen worden in aparte zones. Zo beperkt men het risico dat een niet-conform artikel wordt gebruikt voor maintenance activiteiten.



Een zone is niet altijd een fysisch afgescheiden ruimte binnen het magazijn, maar kan een verzameling zijn van verschillende lokalisaties in verschillende lokalen. Zo kan in een lokaal met een aantal rekken telkens één plank, met een duidelijke markering, worden voorbehouden voor de niet-conforme artikelen.

13.3.2. Lokalisatie

De lokalisatie van een artikel is de fysische ligging ervan.

Het materieel kan opgeslagen worden :

- in een plastic of metalen bak, al dan niet geplaatst op een plank van een rek,
- op een palet,
- in een bak van een kettingkast,



- los in een rek,
- ...

13.3.3. Methoden

In deze paragraaf worden enkele methoden gegeven die de indeling van de opslagruimten kunnen bepalen. In de praktijk is de indeling van de opslagruimten meestal een combinatie van twee of meer van de onderstaande methoden.

13.3.3.1. Indeling naar vraagfrequentie/omzetsnelheid

In ieder assortiment opgeslagen artikelen is er een scheiding te maken tussen de *fast-movers* en de *slow-movers*. Doorgaans hebben 80 % van de in- en uitbewegingen betrekking op 20 % van de gestockeerde artikelen. Ondanks de eventuele diversiteit in opgeslagen artikelen tussen de magazijnen, zijn er geen grote afwijkingen op deze regel.

Dit verschil in omzetsnelheid leidt er toe de fast- en slow-movers apart van elkaar op te slaan. De veel gevraagde artikelen worden best zodanig gestockeerd dat de loopafstand omgekeerd evenredig is met de vraag. Dus hoe groter de vraag, hoe dichter de artikelen bij het uitgiftepunt opgeslagen liggen.

Indien, door de plaatselijke infrastructuurindeling, er voor het uithalen van de artikelen meestal sprake is van een rondgang, kunnen de fast-movers op de meest gunstige plaatsen gelegd worden, bvb. op grijphoogte en altijd voorin een (zij)gang.

13.3.3.2. Indeling naar de fysieke eigenschappen van het materieel

In de meeste magazijnen heeft men met materieel van zeer uiteenlopende aard te maken. De aard van het materieel noodzaakt de conditionering van de opslagplaats en in sommige gevallen zelfs een afzonderlijke en aangepaste stockageruimte.

Voorbeelden hiervan zijn :

- POL-produkten, giftige of zeer brandbare stoffen dienen volgens de wettelijke en reglementaire voorschriften opgeslagen te worden (in een afzonderlijke ruimte).
- Goederen die buitengewoon groot of zwaar zijn vereisen bijzondere opslag-, manipulatie- en transportmiddelen zodat een gescheiden opslag aangewezen is.
- Anderzijds dienen zeer kleine artikelen eveneens met de nodige zorg (stofvrij, beschermd tegen diefstal, ...) opgeslagen te worden. Hierbij kan het gebruik van een (geautomatiseerde) kettingkast de oplossing bieden.

13.3.3.3. Indeling in goederengroepen

Artikelen die op één of andere manier met elkaar in verband staan kunnen bij elkaar worden opgeslagen, vb. voor informatica materieel zal men de computer samen met het scherm, het klavier, de muis en de andere bijbehorende artikelen opslaan.

Het onderscheid kan gemaakt worden naargelang het beoogde gebruik, de leverancier, de klantengroep of de wijze waarop ze verdeeld worden.



Een andere reden om bepaalde groepen van artikelen bij elkaar op te slaan is het feit dat ze tegelijkertijd gevraagd worden (bvb. bout en moer).

13.3.3.4. *Indeling volgens vrije lokalisatie*

Deze indeling wordt in de regel toegepast voor artikelen die gepalettiseerd zijn. Hierbij kan elk artikel op een willekeurige vrije plaats neergezet worden. De voordelen van deze methode zijn dat bijna elke plaats in het magazijn nuttig gebruikt kan worden en dat er geen plaatsen vrij (lees: gereserveerd) gehouden hoeven te worden. Een nadeel is dat het verzamelen van de gevraagde artikelen langzaam gaat, vermits ze kris kras in het magazijn opgeslagen liggen.

Deze methode is dan ook geschikt voor een geautomatiseerd palettenmagazijn of een magazijn die normalerwijs een klein aantal orders per dag met beperkte hoeveelheden te verwerken heeft.

13.3.3.5. *Indeling volgens bulk- en werkvoorraad*

Bepaalde goederen kunnen verdeeld worden over een *bulkvoorraad* en een *werkvoorraad*. De werkvoorraad wordt dan aangevuld uit de bulkvoorraad. Het spreekt voor zich dat een dergelijke indeling enkel zinvol is wanneer de omvang van de voorraad per artikel groot genoeg is en dat kleine artikelen die sowieso in één bak zitten, niet gesplitst zullen worden.

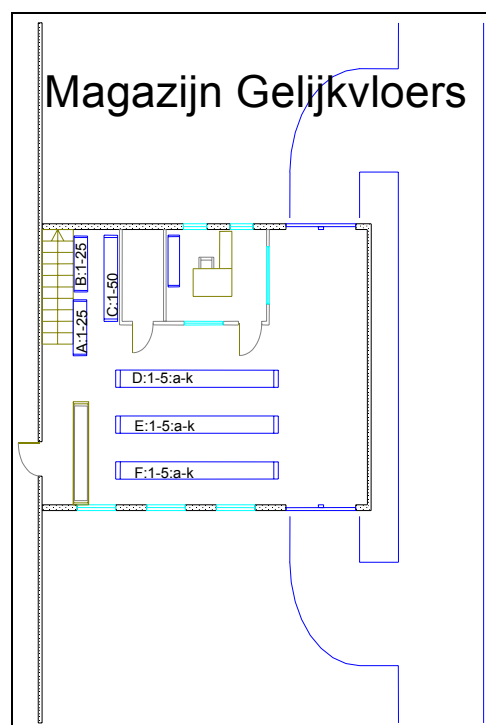
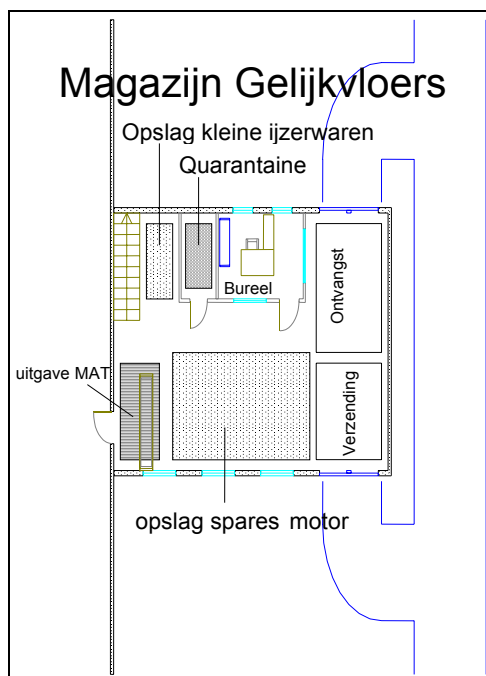
Door een deel van de voorraad van een artikel op een andere plaats op te slaan, worden in het algemeen de loopafstanden verkort. In de bulkvoorraad (waar niet voortdurend orders verzameld moeten worden) kunnen de artikelen bvb. volgens het vrije lokalisatiesysteem worden opgeslagen, zodat daar de vullingsgraad zeer hoog kan liggen. Er wordt aldus een ruimtebesparend effect verkregen met een verkorting van de loopafstanden bij het orderverzamelen. Schommelingen in verbruik en aanvoer van artikelen kunnen pieken in de voorraadgrootte veroorzaken. Met een gescheiden bulk- en werkvoorraad zijn deze veel beter op te vangen. Het grote nadeel van deze methode is uiteraard dat het aanvullen van de werkvoorraad vanuit de bulkvoorraad extra werk vergt. Er moet dus een nauwkeurige afweging van de voor- en nadelen gebeuren.

13.3.3.6. *Indeling volgens willekeurig gekozen vaste lokalisatie*

Indien in de praktijk bij het orderverzamelen voor elk order, of voor de combinatie van de orders voor een dag, toch de gehele ruimte doorlopen moet worden, doet de indeling van de goederen er in feite niet zoveel toe. Alle artikelen worden dan in een min of meer willekeurige volgorde op vaste plaatsen ondergebracht. Uit ervaring kan de magazijnier eventueel bepaalde plaatsen van het magazijn toewijzen aan bepaalde artikelen omdat die plaatsen om een of andere reden het handigst zijn. Een tegenargument voor deze indeling is dat de plaatsen gereserveerd moeten blijven.



13.3.3.7. Voorbeelden Opslagplan





14. Onderhoudsbeheer

14.1. Wat zijn de beheersinstrumenten en hoe worden ze gebruikt?

Voor het efficiënt beheer van een onderhoudsafdeling is het aangewezen om over gecondenseerde, gemakkelijke toegankelijke informatie te beschikken. Onderhoudsmanagers voelen sinds lang de nood om over vaste referentiepunten (= bench marks) te beschikken die een indicatie geven over de performantie van de afdeling.

Daarom moeten er indicatoren gevonden worden die enerzijds de onderhoudsafdeling kunnen situeren t.o.v. andere afdelingen binnen het bedrijf en anderzijds te vergelijken met onderhoudsdiensten in andere gelijkaardige sectoren.

Deze performantie indicatoren en aanverwante informatie worden over het algemeen voorgesteld onder de vorm van coëfficiënten of als relatie van 2 absolute waarden. Ze worden “ratio” genoemd en worden echte beheersinstrumenten voor de opvolging van een onderhoudssysteem.

Wij verwijzen ook naar hoofdstuk over onderhoudsstrategie wanneer het gaat om de beslissingen over onderhoudsprioriteiten en -niveaus. In dat hoofdstuk wordt uitgelegd hoe bepaald wordt welke inspanningen er geleverd moeten worden op het vlak van onderhoud in geval men over beperkte middelen beschikt. Deze methoden zijn ook beheersinstrumenten en zijn gekoppeld aan strategische beslissingen i.v.m. het onderhoudsconcept.

Het is gevaarlijk om ratio's van verschillende bedrijven met elkaar te vergelijken, zelfs in dezelfde industriële sector. Er zijn te veel factoren die een juiste vergelijking beïnvloeden land, cultuur, bedrijfspolitiek, technologisch concept, ...

Afwijkingen op deze “buitenlandse” gemiddelden hoeven niet noodzakelijk te wijzen op goed of slecht onderhoud. De resultaten zijn gebaseerd op bepaalde situaties in de betreffende bedrijven en op de wijze van gegevensverzameling.

De ervaring heeft aangetoond dat volgende principes gelden bij de bepaling van de ratio's:

- elke gebruiker moet zijn eigen ratio's bepalen: de onderhoudsmanager van bedrijf X is niet noodzakelijk geïnteresseerd in deze van bedrijf Y;
- het aantal ratio's op de stuurboordtabel moet beperkt worden. Als vuistregel geldt dat een twaalfstal voldoende is;
- de ratio's moeten gebaseerd zijn op gegevens die gemakkelijk beschikbaar worden. Daarvoor is dan ook een betrouwbaar systeem voor gegevensverzameling nodig;
- er dient een continue aanpassing te gebeuren van de gegevens die de ratio's bepalen, teneinde steeds over actuele gegevens te beschikken;
- de resultaten moeten met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden zodat ze met de vorige situatie vergeleken kunnen worden. Het zal vooral de trendopvolging zijn die een indicatie zal geven over de evolutie van de installaties.



14.2. Performatie-indicatoren

Er zijn twee categorieën van ratio's waaronder de performatie-indicatoren voorgesteld kunnen worden:

- economische ratio's die een opvolging toelaten van de evolutie van de interne resultaten en bepaalde vergelijkingen mogelijk maken tussen onderhoudsdiensten van gelijkaardige fabrieken;
- technische ratio's die de technische prestatie van de installatie weergeeft.

14.2.1. *Economische ratio's*

14.2.1.1. *Ratio's i.v.m. onderhoudskosten.*

Volgende ratio's werden gekozen uit de bestaande economische ratio's. Deze gelden als meest representatief voor het geheel. Natuurlijk moet deze lijst vervolledigd worden door elk bedrijf.

$$\frac{\text{Directe onderhoudskosten}}{\text{Toegevoegde waarde van de producten}}$$

De directe onderhoudskosten omvatten de kosten voor eigen personeel, materiaal (wisselstukken uit stock, aangekochte stukken en verbruiksmateriaal), onderaanneming en overhead.

De toegevoegde waarde bestaat uit de totale productiekosten min de kosten voor grondstoffen.

Deze ratio situeert het belang van het onderhoud in een bedrijf. Door de toegevoegde waarde te gebruiken wordt abstractie gemaakt van de schommelingen in het bedrijf alsook tussen de bedrijven, te wijten aan wijzigingen in de prijs van grondstoffen.

$$\frac{\text{Directe onderhoudskosten} + \text{kosten door storing}}{\text{Toegevoegde waarde van het product}}$$

Ook al is het theoretisch mogelijk om deze ratio per type product te berekenen, toch is het eenvoudiger en even efficiënt om de ratio te berekenen voor de volledige fabriek of productiesector. Daarbij moet men voorzichtig zijn om de kosten door storing te berekenen.

Dit betekent dat er rekening moet gehouden worden met bijkomende omstandigheden zoals verlies van winst door het gebruik van een vervangingsproduct, de tussenstocks van producten in het proces, de mogelijkheid om dit productieverlies op te vangen door het presteren van overuren, verlies van het imago, indirecte overbelasting van de installaties, enz. Het is een reële kost omdat ze kan berekend worden op het moment dat de storing voorkomt.

Deze ratio is belangrijk voor de onderhoudsmanager omdat hij doorgaans meent dat de kosten door storing laag zijn en de totale onderhoudskosten niet beïnvloedt. Aangezien de directe en indirecte kosten omgekeerd evenredig zijn met elkaar, moet erop gelet worden om deze ratio zo klein mogelijk te houden.

$$\frac{\text{Gecumuleerde onderhoudskosten van een installatie sinds het opstarten}}{\text{Aantal gedraaide uren sinds het opstarten}}$$



Deze ratio relateert de totale onderhoudskosten naar een tijdseenheid (voor toestellen, machines, enz.)

14.2.1.2. *Ratio's i.v.m. wisselstukken*

$$\frac{\text{Gemiddelde stockwaarde}}{\text{Hernieuwingswaarde van de installatie}}$$

Deze ratio houdt rekening met de samenstellende delen van de onderhoudskosten ten opzichte van de externe factoren en geeft een idee van de veranderingen van de installaties. Daarenboven heeft hij een vergelijkende waarde voor bedrijven in een zelfde sector.

$$\frac{\text{Gecumuleerde waarde van de uitgegeven wisselstukken over 12 maanden}}{\text{Gemiddelde stockwaarde over 12 maanden}}$$

Deze ratio meet de stockrotatie, het aantal keer dat de voorraadwaarde uitgegeven wordt per jaar.

14.2.1.3. *Ratio's in verband met personeel*

$$\frac{\text{Kosten voor onderaanneming}}{\text{Directe onderhoudskosten}}$$

Deze ratio volgt de evolutie op van de onderaannemingsfunctie. Onderaanneming wordt gedefinieerd als het totaal aantal onderhoudsacties die aan externe firma's gegeven worden.

$$\frac{\text{Kosten voor onderhoudspersoneel}}{\text{Directe onderhoudskosten}}$$

Deze ratio geeft een idee van de impact van vast of tijdelijk personeel. Met tijdelijk personeel wordt het extra personeel bedoeld dat gecontroleerd wordt door het eigen personeel en dat onder de leiding staat van de meestergast van het bedrijf. Het werk, door deze mensen uitgevoerd, wordt bij dat van het eigen onderhoudspersoneel gevoegd.

14.2.2. *Technische ratio's*

De technische ratio's die veel talrijker zijn dan de economische, zijn ook meer gevarieerd. Daarom zullen hier enkel die ratio's beschreven worden die fundamenteel zijn en toepasbaar in alle bedrijven, op voorwaarde dat preventief en gepland onderhoud doeltreffend toegepast worden.

In tegenstelling tot de economische ratio's, die vooral gericht zijn op het geheel van de installaties, zullen de technische meer betrekking hebben op de installaties of een deel ervan. Wij zullen de ratio's in 2 groepen verdelen:

- ratio's die direct bruikbaar zijn voor de gebruikers en die een maat zijn voor de efficiëntie van het onderhoud;
- ratio's die interessant zijn voor de onderhoudsmanager en die de efficiëntie van de onderhoudsproblematiek meet.

$$\frac{\text{Theoretisch beschikbare uren} - \text{uren voor onderhoud}}{\text{Theoretisch beschikbare uren}}$$



Onder theoretisch beschikbare uren wordt verstaan het aantal uren dat de machine zou kunnen produceren indien ze technisch beschikbaar zou zijn. Voor een continu bedrijf betekent dit 720 uren in een maand van 30 dagen. De uren voor onderhoud houden volgende activiteiten in:

- storingen;
- uitvoeren van preventief onderhoud;
- herstellingen;
- inspecties;
- wachten op wisselstukken;
- wachten op onderhoudspersoneel bij korte storingen.

In sommige bedrijven worden stilstanden door break in de productie aanzien als storingen. Dit hangt af van de afspraken tussen productie en onderhoud. In elk geval zullen de details van de stilstanden bepaalde frequente oorzaken van defecten aan het licht moeten brengen, waarna een gedetailleerde analyse uitgevoerd kan worden.

Deze ratio bekijkt de tijd waarin de productie-installatie geproduceerd zou hebben. Het is een van de belangrijkste ratio's in het onderhoud. Hij last ook toe om de grand van gebruik van de installatie te bepalen.

$$\frac{\text{Aantal gewerkte uren}}{\text{Aantal gewerkte uren} + \text{stoptijd voor onderhoud}}$$

Dit is de ratio van de operationele beschikbaarheid. Het aantal gewerkte uren kan gemakkelijk bepaald worden. De stoptijd voor onderhoud omvat herstellingen, preventief en correctief onderhoud, revisies en micro-storingen.

$$\frac{\text{Uren stilstand voor ongepland onderhoud}}{\text{Aantal gewerkte uren}}$$

De noemer wordt bepaald door het verschil van de totale stoptijd voor onderhoud en de tijd voor geplande inspecties en onderhoud.

Volgende ratio geeft aan hoeveel productie-uren verloren gegaan zijn door storingen voor onderhoud, waarbij de productie-operatoren niet voor andere werken ingezet kunnen worden.

$$\frac{\text{Aantal stilstanden}}{\text{Aantal gedraaide uren}}$$

Deze ratio geeft het aantal storingen weer in het systeem per tijdseenheid en is een naast voor de storingsgraad. Men geeft de voorkeur aan deze ratio boven de vorige in het geval er bij het opstarten of stilleggen veel afval geproduceerd worden. Dit is het geval voor papierfabrieken, spinnerijen, waken en ook in het geval de opstart veel tijd vraagt.

De eenheid moet groot genoeg gekozen worden zodat hij representatief is, bijvoorbeeld 1.000 uren, 10.000 kilometer, 10.000 m³, enz.

De ratio laat toe om een juist idee te krijgen over het verloop van betrouwbaarheid van de installaties gedurende zijn levenscyclus. In normale productie- en onderhoudsomstandigheden evolueert deze ratio volgens de gekende "badkuipcurve". Bij nieuwe installaties zal de ratio hoger zijn door de zgn.



kinderziektes. Nadien zal de ratio dalen en stabiliseren op een lagere waarde als bij de opstart. Deze situatie zal een lange tijd aanhouden in het geval er goed onderhoud gedaan wordt.

Indien er plots een sterke variatie optreedt, duidt dit over het algemeen op een abnormaliteit in productie of onderhoud. Indien de ratio echter geleidelijk aan begint te stijgen bij normale omstandigheden, dan wordt het tijd om aan herconditionering of hernieuwing te denken.

Deze ratio is het tegenovergestelde van MTBF (= Mean Time Between Failure) als tijdseenheid in de noemer voorkomt.

$$\frac{\text{Aantal uren voor onderhoud}}{\text{Aantal gewerkte uren}}$$

Deze ratio meet de evolutie van de staat van het materiaal. Hij laat toe om een voorspelling te maken per materiaalklasse van de werklust voor het personeel. Deze ratio wordt zowel gebruikt bij rollend materieel (bulldozers, kranen, ...) als industriële omgeving.

$$\frac{\text{Aantal manuren voor ontstoringen}}{\text{Aantal manuren voor gepland onderhoud}}$$

Deze ratio meet de efficiëntie van de toegepaste onderhoudspolitiek.

Onder ontstoringen wordt verstaan zowel de dringende interventies om reden van gevaar voor ernstige ongevallen of productiestilstand als deze nodig om een toestel te herstellen onder aanvaardbare omstandigheden.

Gepland onderhoud omvat alle onderhoudswerken uitgezonderd grote revisies die installaties voor een lange tijd kunnen immobiliseren.

$$\frac{\text{Manuren gewerkt aan voorbereid werk}}{\text{Totaal aantal uren gewerkt door onderhoudspersoneel}}$$

Deze ratio geeft een indicatie van het aandeel van de werkvoorbereiding. Het is een maat voor een efficiënte organisatie.

$$\frac{\text{Totale toegewezen tijd}}{\text{Totale reële werktijd}}$$

Deze ratio geeft een idee van de performantie van de interventies.

Uit het voorgaande komen 2 punten naar voor:

- de onderlinge afhankelijkheid van de ratio's. Een ratio alleen betekent zelden iets. Door andere te bestuderen kan de waarde ervan ondersteund worden;
- er is nood aan een juiste terminologie van de tellers en de noemers van de ratio's.



14.3. Stuurboordtabellen

14.3.1. *Opstellen van de stuurboordtabel*

Uit de vorige hoofdstukken komt duidelijk naar voor dat de ratio's (zowel technische als economische) de onderhoudsmanager toelaten de prestatie op te volgen van de onderhoudsactiviteiten. De resultaten laten hem ook toe om gefundeerde beslissingen te nemen om het onderhoud te verbeteren. Alle ratio's worden samengenomen in de "stuurboordtabel".

De doelstellingen van de stuurboordtabel zijn:

- te dienen als alarmbel ingeval de situatie uit de hand zou lopen;
- toe te laten om systematische vergelijkingen te maken met vorige resultaten en de evolutie ervan op te volgen (trendopvolging);
- te oordelen over de prestatie van verschillende onderhoudsafdelingen, voor zover de ratio's dit toelaten.

De frequentie waarop de ratio's berekend worden moet overeenstemmen met de vooropgestelde objectieven. Het heeft weinig zin om ze té vaak te maken, maar de periode moet zodanig gekozen worden dat een juiste opvolging kan gebeuren en dat er op tijd actie genomen kan worden.

De gegevens laten toe om:

- onmiddellijke acties te ondernemen om het hoofd te bieden aan dringende zaken;
- de nodige analyses en gedetailleerde studies uit te voeren over bepaalde onderwerpen;
- de vastgestelde afwijkingen te corrigeren door de juiste acties of de invloeden van bepaalde acties na te gaan;
- de gedetailleerde en gegronde voorbereiding voor de aanvraag van budgetten voor exploitatie of investering;
- het management en andere diensten in te lichten over de technische en economische evolutie van het onderhoud in het bedrijf;
- reorganisaties en herstructureringen te verantwoorden en de resultaten ervan op te volgen aan de hand van bestaande ratio's of met nieuwe die speciaal voor dit doel gemaakt werden.

Een efficiënte en goed opgebouwde stuurboordtabel last niet alleen toe om een juist beeld te hebben van de prestatie van het onderhoud, maar laat tevens toe om strategische beslissingen te nemen met onmiddellijke invloed op de rentabiliteit.

14.3.2. *De gebruikers van de stuurboordtabel*

Over het algemeen kunnen we twee types van gebruikers onderscheiden

- de verantwoordelijken van de productieafdelingen van het bedrijf;
- de onderhoudsmanager.

Beide zullen stuurboordtabellen samenstellen maar met verschillende details. In de productieafdelingen zullen volgende punten bijvoorbeeld aan bod komen:

- aantal storingen per installatie, machine of apparaat;
- analyse van de storingen (oorzaak, frequentie, correctieve maatregelen, bottlenecks);
- manning tables per kwalificatie en sector;



-
- analyse van de uitgevoerde werken (gewerkte tijd per machine of soort werk, gebruikte wisselstukken);
 - onderhoudskosten per installatie of machine.

Om de gegevens te verzamelen beschikt men over de werkkaarten, de dagelijkse rapporten van de ploegen, de analyses van de uitgevoerde werken, productierapporten, enz.

Indien nodig kunnen specifieke rapporten opgemaakt worden om bepaalde situaties te analyseren of om budgetten op te stellen voor de afdeling, teneinde een prognose te waken voor benodigd materiaal en personeel.

Voor de onderhoudsmanager zullen de gegevens vanuit de verschillende afdelingen het meest interessant zijn om een totaal beeld te krijgen. De ratio's die voor hem belangrijk zijn slaan op zijn volledige afdeling.

Er moet een gecentraliseerd systeem voor gegevensverzameling geïnstalleerd worden dat snelle en eenvoudige toegang toelaat. In kleine bedrijven kan dit nog enigszins met een manueel systeem. In grote bedrijven dringt de hulp van de computer zich op. De aanwezigheid van de microinformatica zorgt ervoor dat de computer gedeeltelijk bepaalde bestanden bijhoudt, zelfs voor de kleine bedrijven.

14.3.3. De stuurboordtabel als tool voor het onderhoudsbeheer

De stuurboordtabel zal de onderhoudsmanager toelaten om na een bepaalde tijd bedrijfsnormen op te stellen voor elke ratio. Daarenboven kan ook een objectief bepaald worden per ratio. Door bij voorbeeld de evolutie op te volgen per week kan hij doelmatige acties ondernemen. De objectieven kunnen verder gespecificeerd worden per productieafdeling, -lijn en zelfs per installatie of machine. Zo kan elke sectorverantwoordelijke zijn reeks objectieven meekrijgen. De verkregen resultaten kunnen nagegaan worden en de maatregelen kunnen gemakkelijk besproken worden.

Een belangrijk onderwerp zijn de procedures voor rapportering tussen de verschillende afdelingen en het onderhoudsbeheer. De ervaring toont aan dat een goed onderhoudsbeheer enkel mogelijk is als de onderhoudsmanager juist geïnformeerd wordt. Daarom moet er een rapporteringssysteem geïnstalleerd worden om te verzekeren dat de nodige informatie doorgegeven wordt, gebaseerd op een efficiënte verdeling voor elk niveau van verantwoordelijkheid.

14.4. Computerondersteund onderhoudsbeheer

14.4.1. Inleiding

Het onderhoudsbeheer kan enkel efficiënt worden verwezenlijkt indien men beschikt over voldoende en gemakkelijk toegankelijke gegevens die zo opgebouwd zijn dat ze als een beheersinstrument kunnen gebruikt worden. Het invoeren van een geïnformatiseerd onderhoudsbeheerssysteem (MMIS, Maintenance Management Information System) blijkt een voor de hand liggend antwoord te zijn op deze behoefte.



14.4.2. *Functionaliteiten*

Bij de keuze van een onderhoudssysteem worden de gebruikers overstelpd met alle mogelijke functionaliteiten. Op de duur is er totaal geen overzicht meer van het geheel en verliest de gebruiker voeling met de realiteit.

Het probleem bij demonstraties van de leveranciers is dat ontelbare mooi ogende snuffjes getoond worden. Het zal er voor de gebruiker op aan komen om door dit alles nog enige structuur te zien en vooral om de vitale functies te onderscheiden van de gadgets. Ook voor zichzelf zal dit nodig zijn als hij een bestek wil opmaken met de te verwachten functies van zijn eigen MMIS.

Hieronder volgt een summier overzicht van wat er zoal verwacht kan worden van de functionaliteiten van een onderhoudssysteem. Het zal tevens een idee geven van de hoeveelheid gegevens die nodig zijn bij de opstart van het geheel. Er dient hierbij opgemerkt te worden dat het enkel gaat om hoofdfunctionaliteiten; het is dus goed mogelijk dat er in een bepaald MMIS veel meer mogelijk is.

De functionaliteiten zijn gegroepeerd in verschillende modules die over het algemeen ook voorkomen bij de standaardpakketten op de markt:

- **Machinedossier en andere basisgegevens**
Deze module kan beschouwd worden als de module met de basisgegevens. Dit zijn de gegevens die statisch zijn en die zelden aangepast worden, hoogstens worden ze aangevuld in het geval er nieuwe machines bijkomen.
- **Wisselstukkenbeheer**
In de module van het wisselstukkenbeheer zijn de meeste functies begrepen die men van een stockbeheersprogramma kan verwachten.
- **Aankoopbeheer.**
- **Onderhoudsbeheer**
Dit is voor de gebruiker de belangrijkste functie, ofschoon deze niet altijd onmiddellijk gestart wordt.
- **Inspecties, smering en toestandafhankelijk onderhoud**
Deze module is in de meeste onderhoudssystemen afwezig of slecht uitgewerkt. De reden moet gezocht worden in het feit dat de huidige onderhoudssystemen teveel gericht zijn op het “werkorderbeheer” en nog te weinig op de onderhoudspreventie (idee van TPM) waarvan inspecties een groot deel uitmaken.
- **Projectopvolging**
In sommige onderhoudssystemen is het mogelijk om aan projectbeheer te doen. Doch deze zijn eerder gericht op de opvolging van grotere werken zoals revisies van de installaties met de mogelijkheid om werkorders met subnummers te genereren.
- **Budgettering**
Om aan efficiënt onderhoudsbeheer te doen is onder andere een goed budgetbeheer noodzakelijk. Een MMIS moet toelaten een opvolging te doen van de kosten voor de gewone onderhoudswerken, de projecten die uitgevoerd worden en de aankopen die door de onderhoudsdienst gedaan werden.
- **Rapportering**
Dit is een belangrijke module aangezien het aan de hand hiervan is dat de onderhoudsmanager en andere afdelingen over de nodige gegevens zullen beschikken om beslissingen te verantwoorden.



14.4.3. Voorbereiding voor informatiseren van het onderhoud

Vandaag de dag wordt er veel gesproken over de implementering en het gebruik van een MMIS. De realiteit toont aan dat de stap naar informatiseren groter is dan gedacht. Onderhoudsmensen zijn nu eenmaal niet zo administratief aangelegd. En administratie is juist de hoofdactiviteit in een MMIS, in tegenstelling tot tekenprogramma's of pakketten voor trillingsanalyse e.d.

Daarbij komt nog eens dat de prijs voor de implementering van een pakket verschillende honderdduizenden Euros kost, kosten die verdeeld worden in aanschaf van het pakket (gemiddeld 20% van het totale budget) en kosten voor implementering (organisatorische maatregelen, opzoeken van gegevens, invoeren, ...). Men zal dus waarschijnlijk geen tweemaal de kans krijgen een onderhoudssysteem te implementeren.

Daarom is het van belang om goed voorbereid aan het project te beginnen.

14.4.3.1. Beleidsbeslissing

Nogal wat onderhoudsverantwoordelijken beginnen een zoektocht naar het voor hen meest geschikte pakket dat op de markt verkrijgbaar is. Zij investeren daarvoor heel veel van hun beschikbare tijd om de studie tot in de perfectie uit te voeren.

Als hij de aanvraag voor bestelling maakt krijgt hij een negatief antwoord vanwege de directie. Dan komt de ontzuivering omdat hij bepaalde zaken over het hoofd gezien heeft.

Een eerste stap in het project is het vragen van het akkoord van de directie. Vooreerst dient ze een principieel akkoord te geven of het project doorgang zal vinden. Het feit dat 80% van de pakketten niet gestart geraken, kan hen doen twijfelen in de haalbaarheid van het project.

14.4.3.2. Vormen van een projectgroep

Eens de onderhoudsmanager het principe akkoord en de nodige richtlijnen ontvangen heeft (keuze van het pakket, hardware, ...) kan het project aangevat worden.

Vooreerst dient een projectgroep gevormd te worden. Aangezien bij een MMIS verschillende acteurs meespelen, zal het van belang zijn om iedereen een zekere inspraak te geven bij de voorbereiding en de realisatie van het project. Heel belangrijk hierbij is de projectleider. Deze heeft als functie om de discussies van de groep te leiden. Maar hij moet ook het nodige respect hebben van de leden en tevens beslissingsrecht hebben om bij staking van stemmen bij een keuze de knoop door te hakken. Als projectleider wordt meestal de onderhoudsmanager of een vertegenwoordiger van deze afdeling ofwel iemand van de EDP afdeling aangeduid.

14.4.3.3. Analyse van de huidige situatie

Een belangrijke fase in de voorbereiding voor *informatisering* is de analyse van de huidige situatie. Bij informatiseren in het onderhoud is er een bijkomend streven, nl. de bestaande situatie verbeteren.



De analyse gebeurt bij voorkeur aan de hand van een doorlichting van de onderhoudsdienst en de afdelingen die door de informatisering hiermee in verbinding staan. De doorlichting zal gebeuren in het kader van een eventuele informatisering en slaat op de volgende onderwerpen

14.4.3.4. Vastleggen van een onderhoudsmodel

Hier wordt bepaald hoe het onderhoud zal verlopen bij de implementering van het MMIS en omvat eigenlijk het toepassen van het onderhoudsconcept op de installaties om een dosering te waken van de onderhoudstypes die op de installaties uitgevoerd zullen worden. Meer bepaald gaat het over de keuze tussen gebruiksafhankelijk, storingsafhankelijk en toestandsafhankelijk onderhoud.

Daarnaast zullen ook de basisgegevens voorbereid worden: de boomstructuur, de wisselstukken, het magazijn.

14.4.4. Hoe maakt u een keuze uit het ruime aanbod aan pakketten ?

Het aanbod van computerpakketten op de markt, zij het geïntegreerde ofwel pakketten voor subsystemen, is groot. Alleen in Frankrijk al is dit aanbod geëvolueerd van een 50-tal in '87 tot een 300-tal begin '92. In Duitsland en in Engeland zijn er samen minstens evenveel. De prijzen variëren van ongeveer 1.000 € tot 100.000 € of zelfs meer. Dit maakt het voor de gebruiker uiterst moeilijk om een gepaste keuze te doen.

Kopen van een bestaand pakket ? Zelf waken of laten waken van nieuwe programma's ? Bestaande programma's aanpassen ? Deze vragen zijn onmiddellijk verbonden aan de keuze van een geïntegreerd systeem of enkel van bepaalde modules.

Een eenduidig antwoord geven op deze vragen is natuurlijk ondenkbaar. Ieder bedrijf zal zijn eigen onderzoeken moeten doen, maar wij wensen ertoe bij te dragen door middel van volgende bedenkingen:

- bestaande geïntegreerde pakketten voldoen zelden of niet aan de specifieke noden van het bedrijf;
- volledige nieuwe tailor-made pakketten zijn praktisch onbetaalbaar geworden (de cijfers variëren van 3 tot 20 manjaren voor het waken van een pakket), tenzij voor hele grote of specifieke toepassingen;
- er bestaat heel wat goede software op de markt voor deelgebieden van het onderhoud. Ideaal gesproken zou het volstaan de beste software te kopen voor elk deelgebied vooropgesteld dat alles integreerbaar is;
- uitwisseling van ervaringen met andere bedrijven zijn steeds verrijkend doch kopieerbare toestanden komen zelden voor.

In elk geval dient de gebruiker in het bepalen van zijn behoeften ermee rekening houden dat de implementatie van een geïnformatiseerd onderhoudssysteem een lange tijd vergt waarbij een periode van 2 jaar zeker een minimum is.

14.4.5. Conclusies

Een MMIS invoeren in een bedrijf is een project van lange duur. Men moet rekenen dat een onderhoudssysteem pas operationeel is na enkele jaren (minimum 2). Met operationeel wordt bedoeld dat



er analyses uitgevoerd kunnen worden en ratio's opgevolgd. Er moet gerekend worden dat de gegevens die gedurende het eerste jaar ingevoerd worden niet altijd als relevant beschouwd kunnen worden om reden van aanleren van de verschillende technieken en het nog niet volledig beschikken van alle gegevens.

Om te vermijden dat de toekomstige gebruiker in valstrikken trapt, moet hij met volgende zaken rekening houden:

- eerst een goede organisatie uitbouwen, dan de rest;
- teneinde een goede keuze te maken, moeten de noden juist gedefinieerd worden en prioriteiten gesteld worden voor de implementering van bepaalde modules;
- houd er rekening mee dat de implementeringskost veel meer is dan de aankoopprijs van de software (de aankoopprijs vertegenwoordigt ongeveer 20-25 % van de totale implementeringskosten);
- bij het starten van de implementering moet een duidelijk implementeringsplan gedefinieerd worden met haalbare objectieven en meetbare doelstellingen;
- de bedrijfscultuur en -politiek heeft een grote invloed op de implementering. Vooral met betrekking tot het beschikbaar maken van mensen die de voorbereiding en invoering kunnen verzekeren;
- wees voorzichtig met de overgang van een volledig manueel systeem dat soms slecht georganiseerd werkt naar een systeem van volledige organisatie met de hulp van de computer. De stap is groter dan men wel denkt.



15. Life Cycle Cost (LCC)

15.1. Life Cycle Cost en optimalisatie van de levenscyclus van onderhoudsobjecten

Al te dikwijls gaat men zich nog bij de aankoop van machines of bij het doen van investeringen in het algemeen, laten verleiden om een prijsevaluatie te maken op basis van prijs-prestaties. Dikwijls zal men geen of té weinig aandacht besteden aan het element (toekomstig) onderhoud.

Door het toepassen van “Life Cycle Cost”-technieken (LCC-technieken) kan men hieraan verhelpen. Hierbij wordt niet enkel rekening gehouden met de initiële investering maar ook met de toekomstige kosten, nl. de gecumuleerde kosten voor exploitatie en onderhoud. Op die manier wenst men voor een bepaalde investering te komen tot een “gewenst niveau van operationele beschikbaarheid (prestaties) tegen een zo laag mogelijke prijs”.

Op die manier is LCC nauw verwant met betrouwbaarheidsstudies daar het juist het gebrek aan beschikbaarheid is of de “onbetrouwbaarheid” die geld kost tijdens de exploitatiefase.

Door een systeem op te stellen die alle mogelijke kosten van het aan te kopen object omvat en al de huidige en toekomstige kosten te evalueren komt men tot een Life Cycle Cost.

Voor vervanging van bestaande machines door (min of meer) identieke is dit niet zo’n groot probleem op voorwaarde dat men historische gegevens beschikbaar heeft over:

- stilstanden en hun reden
- verbruik van wisselstukken
- initiële investering in wisselstukken
- modificaties
- preventief en correctief onderhoud
- reparatie van wisselstukken
- personeelsuren voor onderhoud
- energieverbruik.

Wanneer men onbekende (of nieuwe) machines aankoopt wordt het iets moeilijker. In eerste instantie zal men proberen informatie te verkrijgen bij collega’s. Wanneer geen informatie beschikbaar is, moet men de studie uitvoeren op basis van de componenten. Door alle kosten per component samen te tellen kan men tot een redelijke schatting komen van de totale exploitatiekost. Niet alleen laat een dergelijke studie toe om inderdaad een realistische kijk te krijgen op de totale exploitatiekost, maar zal deze ook dikwijls aanleiding geven tot het waken van aanpassingen door de leverancier die de LCC gunstig beïnvloeden.

Wanneer men deze procedure nog verder doortrekt kan men zelfs bij de aankoop een contract waken met de leverancier die zich engageert dat de zgn. Life Support Cost (dit zijn alle kosten die gedaan worden om het onderhoudsobject te laten functioneren en in goede staat te houden) een bepaalde kost niet zal overschrijden (rekening houdende met inflatie en evt. een jaarlijkse aanpassingsfactor). Indien dat wel het geval zou zijn, zal de leverancier technologische aanpassingen doen of de gebruiker vergoeden. Ook moet men er rekening



mee houden dat de kosten om achteraf iets te veranderen verhogen met een factor 10 (ontwerp 1, constructie 10, exploitatie 100).

Het spreekt vanzelf dat dergelijke studies alleen zullen ondernomen worden wanneer, ofwel alle data gemakkelijk beschikbaar en verwerkbaar zijn, ofwel wanneer het gaat om zeer belangrijke investeringen.

In de meeste gevallen veronderstelt het de medewerking van de potentiële leverancier(s) waardoor dit ook enkel zal kunnen gebeuren wanneer men voldoende druk kan uitoefenen op die leverancier(s). Hoewel deze aanpak voor vele leveranciers nog steeds nieuw is en dus op weerstand zal botsen werden deze technieken reeds met grote mate van succes toegepast o.a. bijvoorbeeld door de Zweedse Spoorwegen die inderdaad met vele van hun leveranciers LCC contracten afsluiten wat betreft communicatie-apparatuur (seinen, oproepinstallaties), rollend materieel (tractie en-wagens), enz.

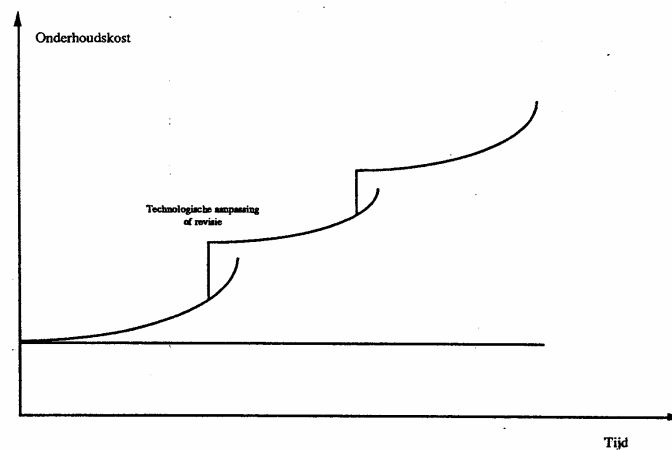


Exhibit 15.1: Kosten tijdens de levenscyclus.

Om echt rendabel te zijn mag LCC niet beperkt worden tot de fase van het aanschaffen van het materieel, maar toegepast in alle fasen van het leven. Hierin moeten vier fasen onderscheiden worden :

- een planningsfase, waarin de opdracht vertaald wordt in behoeften die ingepast moeten worden in de plannen van de organisatie op korte, middellange en lange termijn (*personeel, materieel en training*). De aanschaffase bevat eveneens, als het gaat om een te ontwikkelen materieel, de volgende fasen¹: de conceptexploratie (“proof of concept and feasibility studies”), de demonstratie en de validatie (“demonstration and validation”) en tenslotte het vervaardigen van een stabiel prototype (“engineering and manufacturing development”, EMD).;
- een aanschaffase, waarin materieel, waarvan de aanschaf weerhouden werd, aangekocht wordt (*materieel*);
- een exploitatiefase, waarin materieel zijn operationele taken vervult, ondersteund en eventueel gemodificeerd wordt (*personeel, materieel en training*);
- een buitenomloopstellingsfase, waarin het materieel uit gebruik genomen wordt (*personeel en materieel*).

¹ Aeronautical Systems Center (USAF), “Operation and Support Cost Estimating: a Primer”, Dayton, 1994, pp. 2-3.



15.2. “Life-cycle cost”-concepten

15.2.1. Definitie

De LCC van een systeem is de kost die verbonden is aan zijn volledige levenscyclus, die in Exhibit 15.2 afgebeeld wordt.

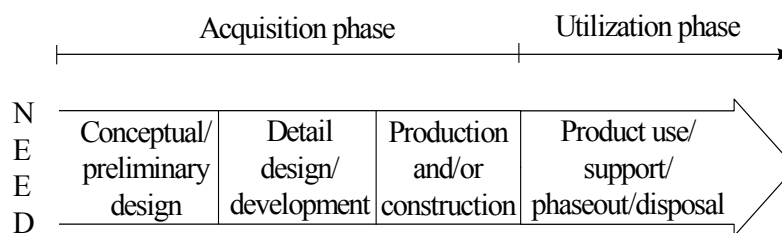


Exhibit 15.2²: Levenscyclus van een systeem.

Vier belangrijke kostencategorieën kunnen hierbij onderscheiden worden :

- de kosten voor onderzoek, ontwerp en ontwikkeling
(kosten voor haalbaarheidsstudies, voor systeemanalyses, voor het gedetailleerde ontwerp en de verdere ontwikkeling, voor de fabricage, voor de assemblage en het testen van een prototype, voor de documentatie van deze fase);
- de kosten voor de productie en de bouw
(kosten voor de fabricage, voor de assemblage en het testen van de operationele systemen, voor het leveren van de systemen, voor het bouwen en het onderhouden van de productieketen, voor de initiële logistieke steun zoals testmaterieel, initiële wisselstukkenvoorraden, ontwikkeling van de technische handboeken, training van het personeel, ...);
- de kosten voor exploitatie (gebruik en ondersteuning)
(de kosten voor het operationeel gebruik van de systemen, voor het onderhoud en voor het logistiek personeel, voor het aankopen van wisselstukken, voor het onderhoud van het test- en het steunmaterieel, voor de modificaties, ...);
- de kosten voor het buitenomloopstellen
(de kosten verbonden aan het verwijderen, ontmantelen en recycleren van de systemen).

Meestal wordt er niet deelgenomen aan de ontwikkelingsfase, dan kan men in de meeste gevallen drie kostencategorieën weerhouden: de aankoop, de exploitatie en het buitenomloopstellen. De kosten voor onderzoek, ontwikkeling en ontwerp worden in de aankoop prijs verrekend.

15.2.2. Kosteneffectiviteit (“cost-effectiveness”)

Actueel worden twee belangrijke vereisten opgelegd aan systemen: ze moeten veroorloofbaar zijn, en ze moeten doelmatig zijn. Binnen opgelegde operationele en ondersteuningsvereisten, zullen systemen een

² W. J. FABRYCKY en B. S. BLANCHARD, “Life-cycle cost and Economic Analysis”, Englewood Cliffs, 1991, p. 3.



zo groot mogelijke bijdrage moeten leveren tot het verwezenlijken van de doelen van de organisatie (“effectiveness”), aan een zo laag mogelijke LCC (“cost”).

Kosteneffectiviteit kan in verscheidene vormen uitgedrukt worden, afhankelijk van de specifieke functies van de systemen. Exhibit 15.3 geeft een overzicht van de factoren die hierbij een rol kunnen spelen.

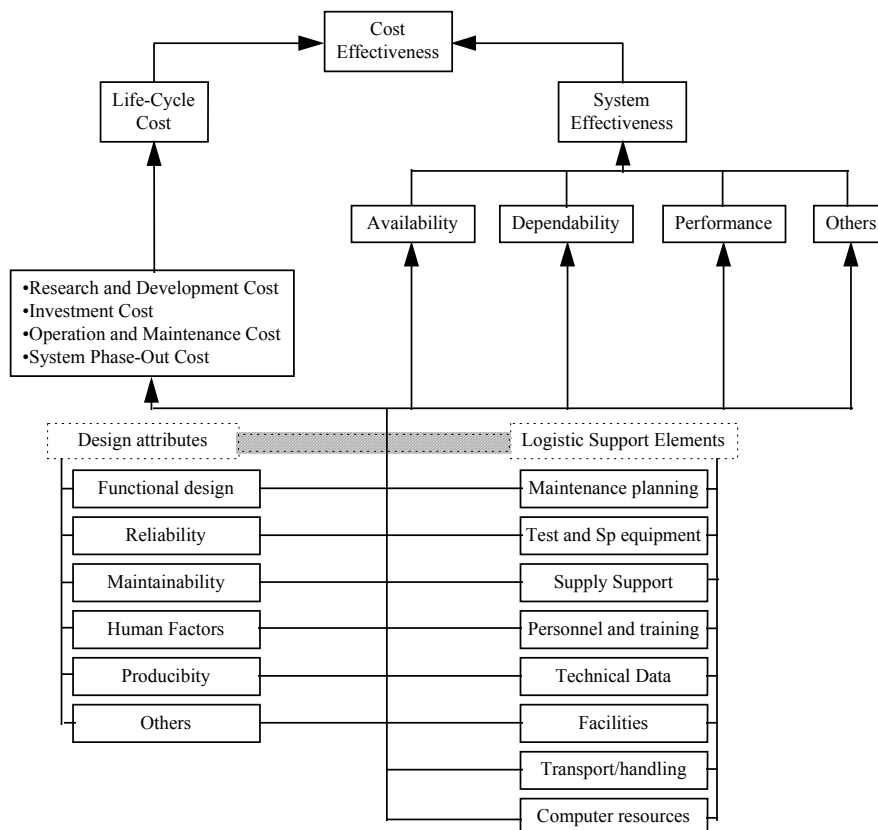


Exhibit 15.3³: Basisingrediënten van kosteneffectiviteit.

Men zal streven naar een optimale waarde van de kosteneffectiviteit. Die optimale waarde is niet noodzakelijk de grootste. De kosten en de baten (effectiviteit) zijn in dit optimalisatieproces immers als onafhankelijke parameters te beschouwen en moeten voldoen aan bepaalde voorwaarden, die de keuze van de grootste waarde onmogelijk kunnen maken.

Daar waar in een nabij verleden de prestaties de voorrang hadden in het ontwerp en de kostprijs daaruit voortvloeide, is heden de tendens omgekeerd. Nieuwe systemen zullen ontworpen worden met de kostprijs als vertrekpunt (“cost as an independent variable”, CAIV) en de prestaties tot gevolg.⁴

³ W. J. FABRYCKY en B. S. BLANCHARD, “Life-cycle cost and Economic Analysis”, Englewood Cliffs, 1991, p. 112.

⁴ United States of America, Department of Defense, “Directive DoD 5000.1 - Defense Acquisition”, Washington, 1996, Sec D.1.f.



15.2.3. De kostenijsberg

Het onmiddellijk zichtbare deel van de LCC zijn de aanschafkosten, die zeker voor grote systemen, waarvan de levensduur enkele jaren tot decennia kan bedragen, niet het grootste deel van de LCC vormen. LCC kan dus voorgesteld worden als een ijsberg, die de eigenaar onaangename verrassingen kan bezorgen

15.2.4. De kostenboom

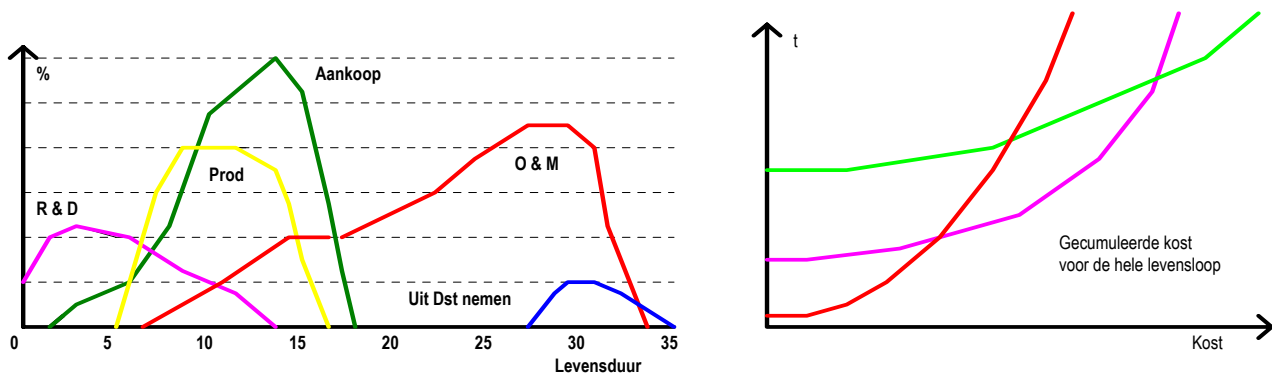
Om een LCC-berekening uit te voeren, moet een kostenboom opgesteld worden.

Basis hiervoor is een uitsplitsing van de hoofdactiviteiten die gedurende de levenscyclus van het beschouwde systeem voorkomen. De aanvulling ervan met de kostenestimaties van die activiteiten (jaar per jaar), levert een kostenboom op die eveneens een verloop kent in functie van de tijd.

Een kostenboom geeft het antwoord op twee vragen die voor de organisatie essentieel zijn: waar gaat het beschikbare geld heen, en wat is het tijdsverloop van de uitgaven.

Een kostenboom opstellen is niet eenvoudig: de kosten mogen niet meer dan eenmaal beschouwd worden en meestal moeten schattingsmethodes gebruikt worden om de kosten te estimeren.

Exhibit 15.4 illustreert de verdeling van de kosten over de verschillende categorieën en het kostenprofiel in functie van de tijd.



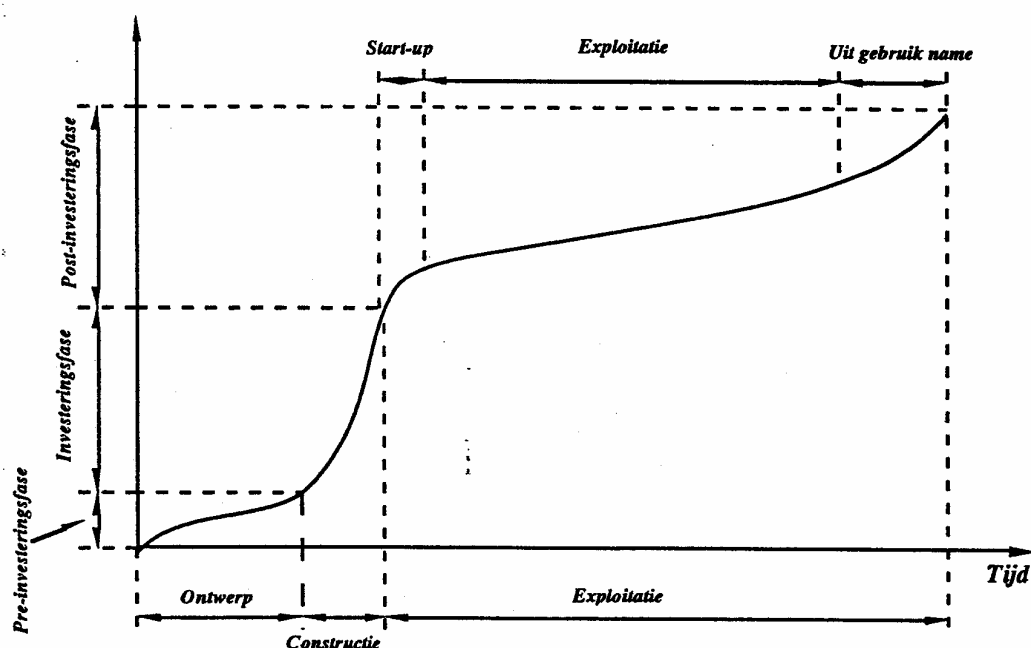


Exhibit 15.4: Opstellen van kostenprofielen.

Op te merken valt, dat deze figuur het kostenprofiel voor een te ontwikkelen materieel voorstelt: de aankoopkosten worden onderverdeeld in onderzoeks- en ontwikkelings-kosten enerzijds, en productiekosten anderzijds.

15.2.5. Gebruik van de kostenboom

De kostenboom zal gebruikt worden om, vanuit de geïdentificeerde kostendrijvers ("cost drivers"), een reductie van de LCC te bekomen.

Hiervoor is een globale analyse noodzakelijk, die in de volgende afdeling zal uitgewerkt worden, en waarvan de hoofdstappen de volgende zijn :

- het definiëren van de analyse en het identificeren van alternatieve oplossingen;
- het opstellen van de kostenboom en het kiezen van schattingsmethodes voor de kosten;
- het kiezen of ontwikkelen van een LCC-model;
- het vergelijken en analyseren van de kosten voor de geformuleerde alternatieven;
- het bepalen van het vertrouwensdomein voor de resultaten;
- het kiezen van het beste alternatief op basis van de objectieve LCC-analyse.

15.2.6. Impact op de LCC tijdens de levenscyclus

Alhoewel een zeer groot deel van de LCC gespendeerd wordt aan exploitatiekosten ("operations and support", O&S), is de impact van beslissingen op de LCC het grootst tijdens de ontwerp- en de ontwikkelingsfase.



Hoe eerder men LCC integreert in het ontwerp, hoe beter.

15.2.7. “Life-cycle cost” en “integrated logistic support”

“Integrated logistic support” (ILS) is een technisch-logistieke functie, met als objectieven⁵ :

- het integreren van de logistieke steun in het ontwerp van wapensystemen en van onderdelen ervan;
- het ontwikkelen van de vereisten waaraan de logistieke steun moet voldoen, coherent met de ontwerp- en de ondersteuningsvereisten;
- het verwerven van de logistieke steun;
- het leveren van logistieke steun op de meest kosteffectieve manier tijdens de exploitatiefase.

Sommige auteurs⁶ noemen de kostprijs van ILS de “logistics LCC” (LLCC). Het is deze LLCC die door de beheerder van de ondersteuning van een systeem tijdens de exploitatiefase zal geminimaliseerd worden. De beheerder kan hiertoe inspelen op de verscheidene delen van het ILS-plan, zoals weergegeven in Exhibit 15.5.

⁵ United States of America, Department of Defense, “Directive DoD 5000.39 - Acquisition and management of ILS”, Washington, 1984.

⁶ M. D. CARPENTER, “A logistics LCC guide for the program manager”, “Air Force Journal of Logistics”, (1994), Spring - Summer 94, p. 19.

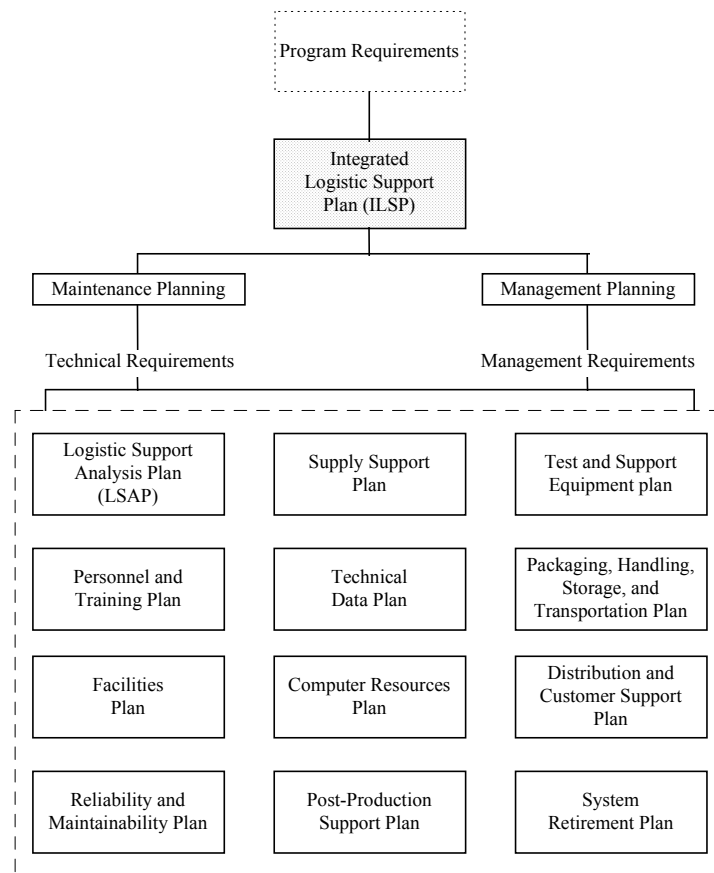


Exhibit 15.5⁷: Ontwikkeling van een “integrated logistic support”-plan.

15.2.8. *Het modellenetwerk*

Om een betrouwbare LCC-berekening te verkrijgen, moet het model met goede kostenschattingen gevoed worden.

Die schattingen kunnen bekomen worden door middel van een aantal gespecialiseerde modellen. Zo bestaan modellen om de behoefte aan wisselstukken te berekenen, modellen om de herstellingsniveaus te bepalen, modellen om de betrouwbaarheid van systeemcomponenten te optimaliseren, ...

Exhibit 15.6 toont hoe verscheidene modellen kunnen geïntegreerd worden tot een globaal model dat toelaat de LCC te berekenen.

⁷ B. S. BLANCHARD, “Logistics Engineering and Management”, Englewood Cliffs, 1992, p. 374.

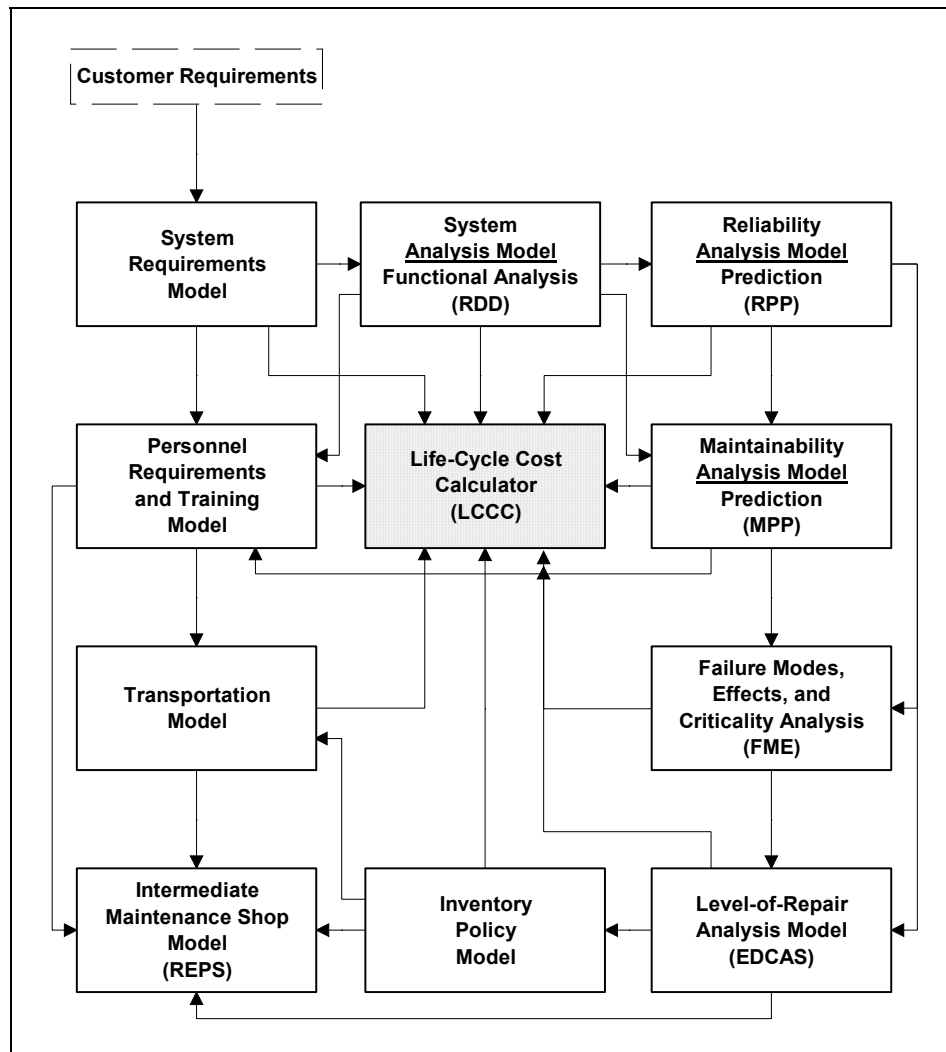


Exhibit 15.6⁸: Modellennetwerk voor LCC-berekeningen.

Het identificeren van de kostendrijvers (bijvoorbeeld door een Pareto-analyse) zou het netwerk significant kunnen vereenvoudigen.

Een rekenblad, als sommator, en enkele naar de kostendrijvers georiënteerde modellen zouden kunnen volstaan om een vereenvoudigd LCC-model op te stellen.

15.2.9. “Life-cycle cost” en “total quality management”

In een vorige paragraaf werd duidelijk aangetoond dat de LCC des te kleiner is, naarmate LCC-beschouwingen eerder in het ontwerp ingebouwd worden.

⁸ B. S. BLANCHARD, “Logistics Engineering and Management”, Englewood Cliffs, 1992, p. 490.



Dit is eveneens geldig voor de logistieke ondersteuning: hoe eerder men die in het ontwerp integreert (“*integrated logistic support*”), hoe kleiner de LCC.

LCC en ILS kan men dus als facetten van “Total Quality Management” (TQM) beschouwen. TQM (*integrale* kwaliteitszorg) streeft namelijk naar het zo vroeg mogelijk integreren van kwaliteitsbeschouwingen in het ontwerp en naar het beheersen van de kwaliteit in het volledige proces en gedurende heel de levensduur.

15.2.10. Besluiten

LCC is de kostprijs van een systeem, berekend over heel zijn leven. De analyse ervan laat zodoende toe de belangrijkste kostendrijvers te identificeren tijdens alle fasen van de levenscyclus van het systeem.

LCC wordt vooral gebruikt tijdens de ontwerp- en de ontwikkelingsfase, maar is ook geschikt voor gebruik tijdens de exploitatiefase van systemen, waarin een zeer groot deel van de totale uitgaven gebeuren.

Om de LCC te berekenen, moeten verscheidene modellen gebruikt en geïntegreerd worden tot een globaal LCC-model.

LCC-berekeningen zijn complex, vereisen veel gegevens en zijn specialistenwerk.

15.3. Investeringsanalyses en LCC

De beslissing om schaarse middelen te investeren in dure systemen wordt gebaseerd op verscheidene beoordelingscriteria, op economische en niet-economische factoren en op het inschatten van risico’s en onzekerheden.

In deze afdeling wordt een overzicht gegeven van diverse investeringsbeoordelingstechnieken.

15.3.1. *Invalshoeken voor investeringsanalyses*

Aan het investeren van schaarse middelen in dure systemen gaat een investeringsanalyse vooraf.

Deze analyse verschilt naargelang men de analyse voert als marketing manager, als producent of als gebruiker.

Vanuit het marketing standpunt, dat oog heeft voor de verkoopbaarheid van een product en voor winst, kunnen vier fasen onderscheiden worden: het opstarten, de groei, de maturiteit van het product en de terugval of het hervitaliseren.

Vanuit het standpunt van de producent, die zich toespitst op het tot stand komen van een product en de ermee verbonden kosten, kunnen eveneens vier fasen onderscheiden worden: de conceptie (de “idee”), het ontwerp, de product- en procesontwikkeling en de productie.

Vanuit het standpunt van de gebruiker, die vooral kijkt naar de uitgaven, kunnen vier fasen onderscheiden worden: de prospectie, de aankoop, de exploitatie (O&S) en de buitenomloopstelling.



De bedrijfswereld past, vanuit het standpunt van de marketing manager en de producent, voor het beoordelen van investeringen een aantal commercieel georiënteerde methodes toe, gebaseerd op het nastreven van *maximale* winst.

Gebruikers zullen *minimale* uitgaven nastreven doorheen heel de levensloop van een product.

15.3.2. *Het investeringsproces*

Er is zeer veel literatuur beschikbaar die de methodes beschrijft waarop de beslissing tot investeren gebaseerd wordt.

De in de literatuur beschreven methodes komen neer op een generieke methode waarvan de belangrijkste stappen de volgende zijn :

- het identificeren van bedrijfsobjectieven;
- het zoeken naar investeringsopportuniteiten;
- het onderzoeken van de evolutie van de omgeving waarin het bedrijf opereert;
- het bepalen van de termijnen waarin de investeringen kunnen teruggewonnen worden;
- het kiezen van de investeringsprojecten;
- het implementeren van de investeringsprojecten;
- het evalueren van het rendement van de kapitaalsinvesteringen.

Het beslissingsproces resulteert in het definiëren van het gebruik van de beperkt beschikbare middelen dat het best aan de bedrijfsobjectieven voldoet.

Hiervoor zijn objectieve beoordelingscriteria noodzakelijk. In een commercieel milieu worden vooral groei en het genereren van winst als criteria gebruikt.

Methodes gebaseerd op de begrippen: marktaandeel en “return of investment” (ROI), “net present value” (NPV), “internal rate of return” (IRR) worden het meest gehanteerd. Zij beoordelen op diverse manieren de actuele geldwaarde van een investering en haar bijdrage tot het algemene winstproces van een onderneming.

15.3.3. *Moeilijkheden bij het gebruik van LCC-analyses*

Diverse moeilijkheden staan een veralgemeend gebruik van LCC-analyses in de weg:

- LCC-analyses zijn complexe analyses, waarvoor expertise en ervaring noodzakelijk is.
- De LCC-technieken, -modellen en -mogelijkheden zijn weinig gekend.
- LCC-analyses hebben door hun predictief karakter en door de onzekerheden die verbonden zijn aan de kostprojecties, die bovendien lange periodes overspannen, een beperkte betrouwbaarheid.
- De gegevens, die noodzakelijk zijn voor LCC-analyses, zijn niet altijd voorhanden of moeilijk exploiteerbaar. Bovendien kost de gegevensgaring geld, zodat ook voor het toepassen van LCC een kosteneffectieve analyse moet uitgevoerd worden.
- LCC-analyses zijn analyses die gericht zijn op strategisch beheer. Vastgesteld wordt dat de verleiding tot kortetermijnbeheer groot is, omdat beheerders beoordeeld worden op hun onmiddellijke resultaten.
- Het toepassen van LCC-analyses op alle uitrustingen is weinig zinvol. Ze worden bij voorkeur toegepast op complexe, dure systemen, met een lange levensduur, en met grote recurrente gebruiks- en onderhoudskosten, zoals vliegtuigen.



15.4. **De generieke LCC-analyse**

In deze paragraaf wordt een methode uiteengezet die toelaat een generieke LCC-analyse uit te voeren.

15.4.1. *De stappen van de generieke LCC-analyse*

Een generieke LCC-analyse bestaat uit twaalf stappen, die in Exhibit 15.7 gegeven worden.

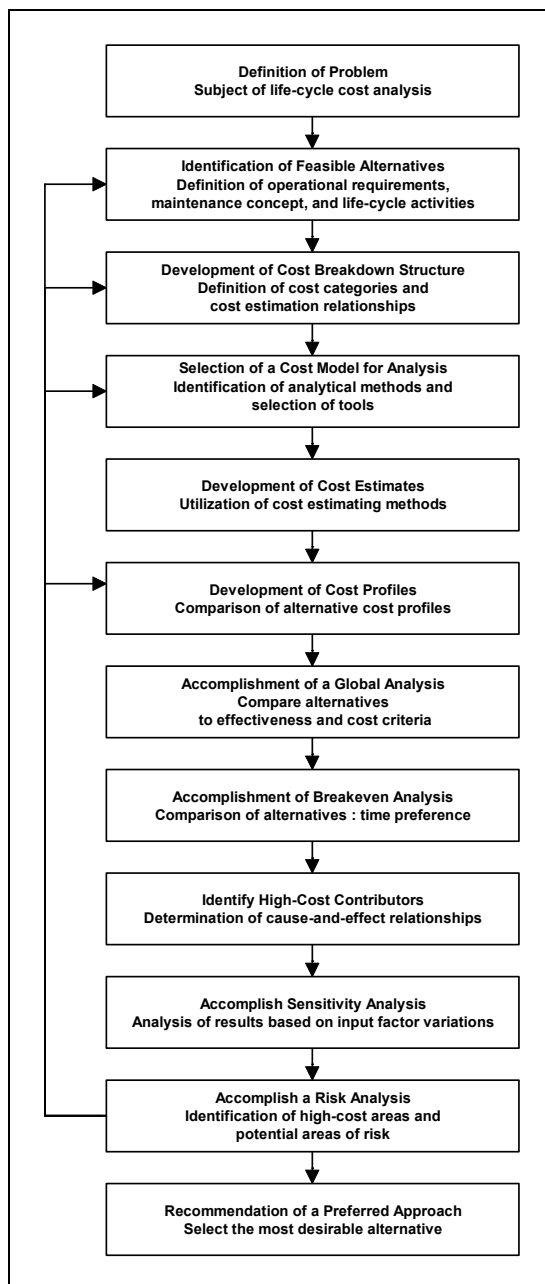


Exhibit 15.7⁹: De basisstappen in een LCC-analyse.

15.4.2. Doelstellingen van de analyse

Het uitvoeren van een LCC-analyse begint met het formuleren van doelstellingen van die analyse, zoals het vergelijken van onderhoudspolitieken, van gebruikspolitieken, van organisatiestructuren, van ontwerpalternatieven, ...

⁹ W. J. FABRYCKY en B. S. BLANCHARD, "Life-cycle cost and Economic Analysis", Englewood Cliffs, 1991, p. 327.



De analist moet de probleemstelling duidelijk formuleren, en de analysemethode gedetailleerd beschrijven (flow-chart).

15.4.3. Identificatie van de alternatieven

Een LCC-analyse vereist het bepalen van de mogelijke alternatieven, die een economische analyse zullen ondergaan, binnen het kader van de opgelegde vereisten en beperkingen (zie Exhibit 15.8).

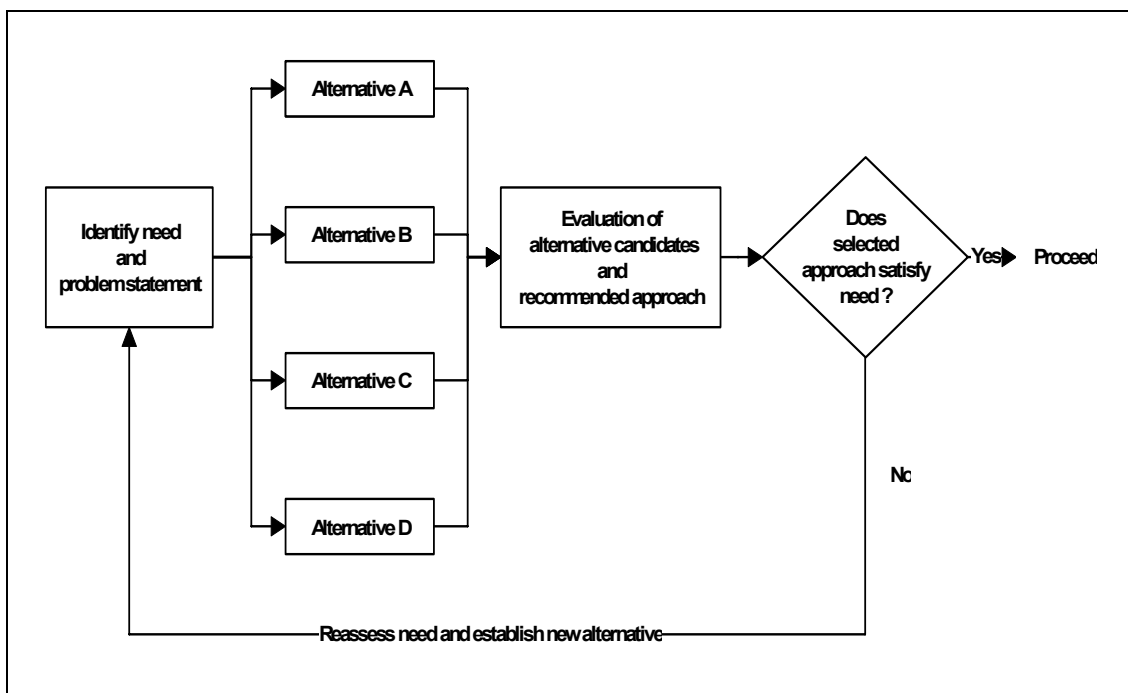


Exhibit 15.8¹⁰: Het evaluatieproces van alternatieven.

Deze alternatieven worden afgeleid uit een voorafgaandelijke (staf)studie, waarin de voorwaarden waaraan de alternatieven moeten voldoen, zoals de operationele vereisten en de ondersteuningsvereisten, de selectiecriteria vormen.

Aangepaste indicatoren (“metrics”) worden gedefinieerd, om het voldoen aan de vereisten te kwantificeren.

Eenmaal de alternatieven gekend, moeten deze vertaald worden naar activiteiten die tijdens de levenscyclus uitgevoerd worden (“work breakdown structure”, WBS).

Hiertoe definieert de analist nauwkeurig :

- het systeem waarvan de LCC-analyse uitgevoerd wordt (een functionele “componentenboom” of “logistic hardware breakdown structure”, LHBS);
- het gebruik van het systeem (gebruiksomgeving inbegrepen);
- de ondersteuning van het systeem.

¹⁰ W. J. FABRYCKY en B. S. BLANCHARD, “Life-cycle cost and Economic Analysis”, Englewood Cliffs, 1991, p. 133.



15.4.4. Ontwikkeling van een kostenboom

Eenmaal de alternatieven gekend, vanuit een “life-cycle”-perspectief, moet de structuur gedefinieerd worden die toelaat de kosten in de analyse op te nemen.

Deze structuur, de kostenboom (“cost breakdown structure”, CBS) moet alle kosten in aanmerking nemen, moet de hele levensduur van het systeem bestrijken en tenslotte functioneel (en niet budgettair) gestructureerd zijn. De vertakkingsgraad van de boom moet aangepast zijn aan de doelstellingen van de analyse.

In Exhibit 15.9 wordt een voorbeeld van een generieke kostenboom gegeven.

Een kostenboom is zeer complex. Hij bevat niet alleen de kosten, maar aggregereert ze in de geschikte categorieën, definieert de methodes waarmee de kosten zullen berekend worden en somt de bronnen van de nodige gegevens op.

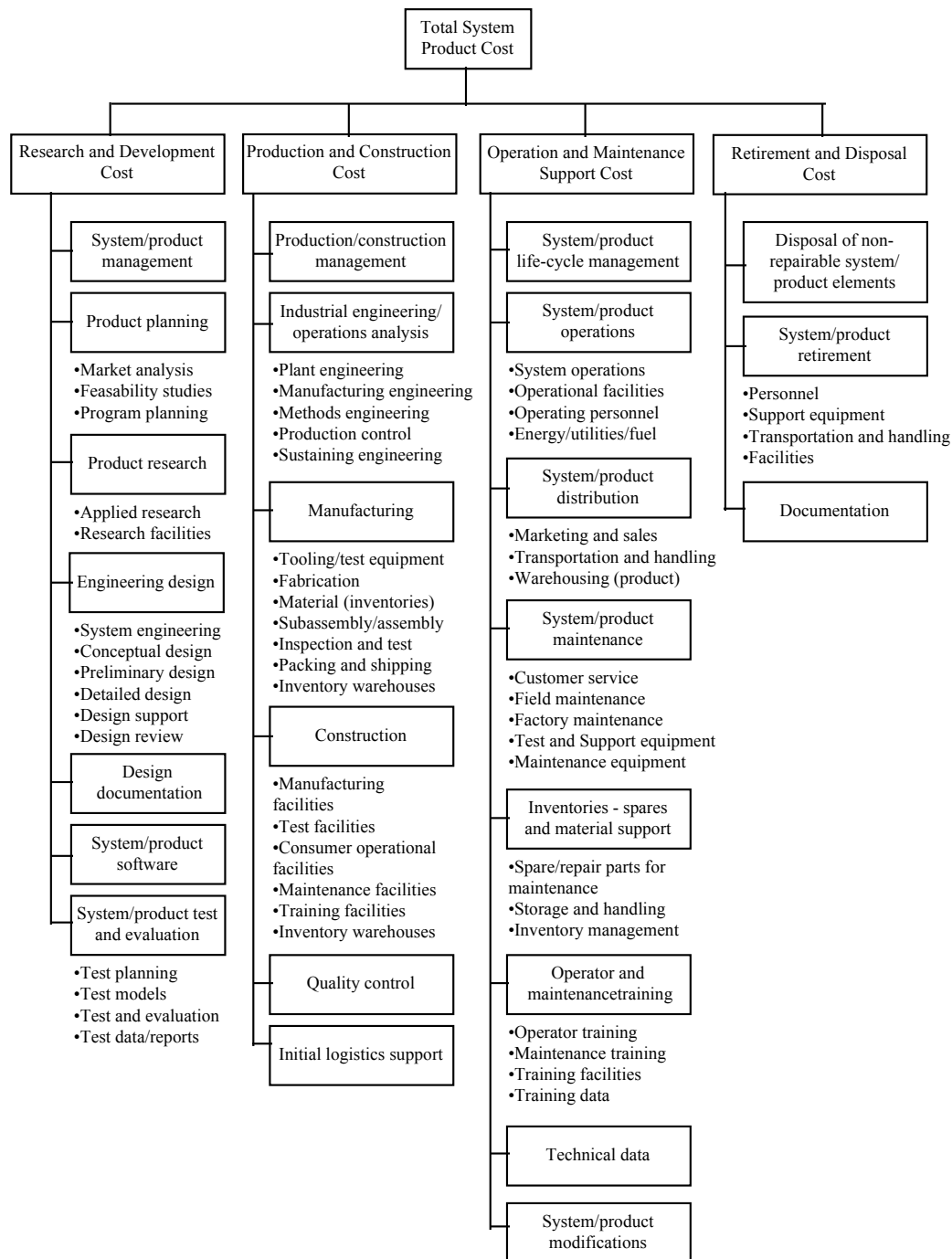


Exhibit 15.9¹¹ : “Cost Breakdown Structure”.

¹¹ W. J. FABRYCKY en B. S. BLANCHARD, “Life-cycle cost and Economic Analysis”, Englewood Cliffs, 1991, p. 29.



15.4.5. Selectie van een kostenmodel

Het uitvoeren van een LCC-analyse zal, in functie van het beoogde doel, het gebruik van een aantal kostenmodellen noodzakelijk maken.

Het modellenennetwerk, dat in Exhibit 15.6 voorgesteld werd, geeft een overzicht van de kostenmodellen die kunnen gebruikt worden. Centraal hierbij staat de “life-cycle cost calculator”, die het geheel van de kosten berekent.

15.4.6. Ontwikkeling van de kostenestimaties

Het estimeren van de kosten die geassocieerd worden met de activiteiten die met de alternatieven overeenstemmen, is één van de belangrijkste taken van de analist.

De technieken die de analist gebruikt om die kosten te schatten, zullen in de volgende afdeling beschreven worden. Het zijn technieken, die zowel vuistregels, statistische methodes, simulaties, analytische methodes als parametrische methodes omvatten.

15.4.7. Opstellen van de kostenprofielen

Eenmaal de kostenboom opgesteld, de kostenschattingsmethodes en kostenmodellen gekozen en toegepast, kunnen de kostenprofielen (tijdsverloop van de kosten) voor de verscheidene alternatieven opgesteld worden. Hierbij worden zowel inflatie als kostenleercurves in aanmerking genomen.

15.4.8. Uitvoeren van een globale analyse

Als de kostenprofielen gekend zijn, laat het LCC-model toe globale kosten (en hun tijdsverloop) te berekenen voor de verscheidene alternatieven waarvoor de analyse uitgevoerd wordt.

Een eerste, en essentiële analyse, is het nagaan van het voldoen van de alternatieven aan de opgelegde doelmatigheidscriteria (“effectiveness”) en aan de financiële criteria (“life-cycle cost”).

Exhibit 15.10 stelt een analyse voor, die twee alternatieven (A en B) vergelijkt op basis van de betrouwbaarheid (“reliability”), uitgedrukt in het gemiddelde tijdsinterval tussen twee pannes (“mean time between failure”, MTBF) en van de LCC.

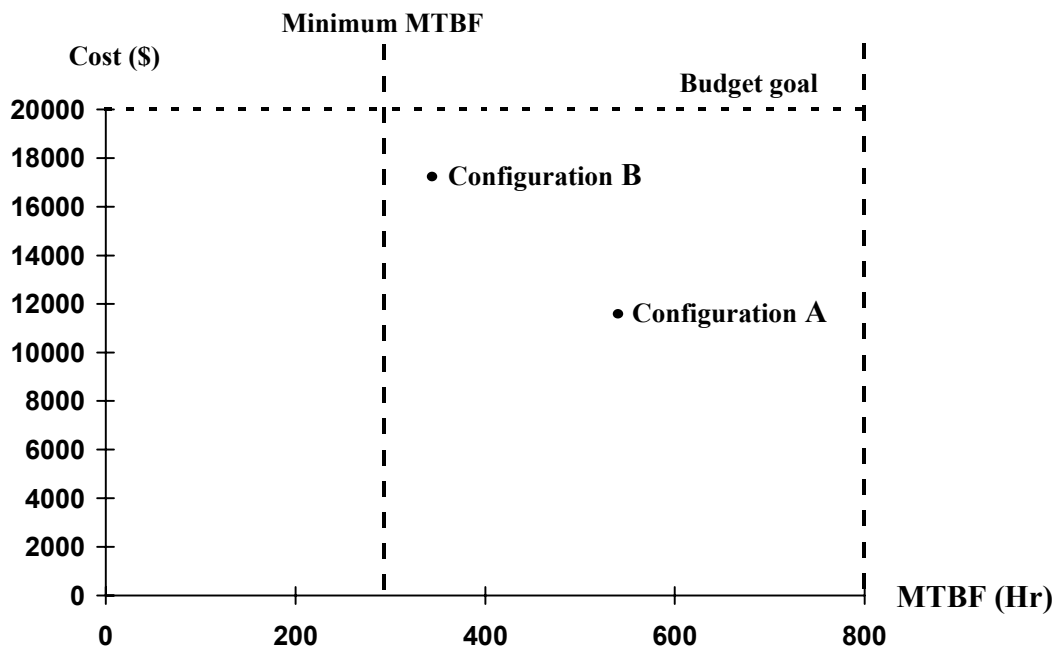


Exhibit 15.10¹² : "Reliability" versus LCC.

15.4.9. Uitvoeren van een "breakeven"-analyse

De analist mag zich niet tevreden stellen met het vergelijken van de verscheidene alternatieven op basis van de globale kosten. Hij moet eveneens nagaan binnen welk tijdsbestek een alternatief voordeliger wordt dan een ander alternatief.

Hiervoor moet het tijdsverloop van de kosten van de alternatieven bestudeerd worden. Dit wordt een "breakeven"-analyse genoemd. Zo'n analyse laat bijvoorbeeld toe te bepalen wanneer een modificatie terugverdiend wordt ("pay-back").

Exhibit 15.11 toont een "breakeven"-analyse van de alternatieven A en B die in de vorige paragraaf (zie Exhibit 15.8) beschouwd werden.

Alternatief A, dat de laagste globale kostprijs (LCC) heeft, is slechts na het "terugbetalingspunt" ("pay-back point") te verkiezen boven alternatief B.

¹² W. J. FABRYCKY en B. S. BLANCHARD, "Life-cycle cost and Economic Analysis", Englewood Cliffs, 1991, p. 216.

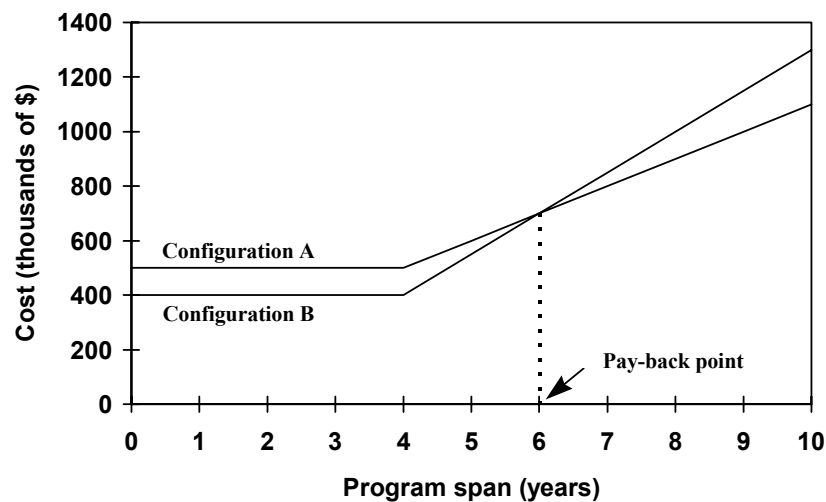


Exhibit 15.11¹³: “Breakeven”-analyse voor een investering (“pay-back”).

15.4.10. Identificatie van de kostendrijvers en de oorzaken ervan

Op basis van de LCC-berekening, worden de kosten gegroepeerd, om de kostencategorieën te bepalen die het grootste aandeel hebben in de totale kost.

Een Pareto-analyse, die toelaat de kostendrijvers naar hun belangrijkheid te rangschikken, geeft een belangrijke indicatie van de kostencategorieën waaraan bijzondere aandacht besteed moet worden om te kosten te drukken.

Eenmaal bepaald welke kostencategorieën nadere aandacht verdienen, moeten de oorzaken van de kosten bepaald worden. Procesanalyses door middel van Ishikawa-diagrammen zijn hierbij een mogelijke methode.

15.4.11. Uitvoering van gevoeligheidsanalyses

De LCC-analist moet in dit stadium van de analyse uitgebreid aandacht besteden aan de geldigheid van zijn analyse:

- Hij moet nagaan in welke mate zijn kostenvoorspellingen beïnvloed worden door onzekerheden omtrent de invoergegevens.
- Hij moet de gegevens identificeren die een grote invloed hebben op het eindresultaat of waarvan de waarde onzeker is. In dit laatste geval moet hij het waardebereik van de gegevens bepalen.

Dit gebeurt door middel van een gevoeligheidsanalyse.

¹³ W. J. FABRYCKY en B. S. BLANCHARD, “Life-cycle cost and Economic Analysis”, Englewood Cliffs, 1991, p. 217.



15.4.12. Uitvoering van risico-analyses

De onzekerheid op de juiste waarde van de invoergegevens kan een grote invloed hebben op de keuze van de voorstellen die de analist zal formuleren. Hij moet daarom risico-analyses uitvoeren, gebaseerd op het waardebereik en de statistische verdeling van de invoergegevens waaraan de LCC-analyse gevoelig is.

Exhibit 15.12 toont als voorbeeld een risico-analyse, toegepast op de “breakeven”-analyse, die aan de hand van Exhibit 15.11 behandeld werd.

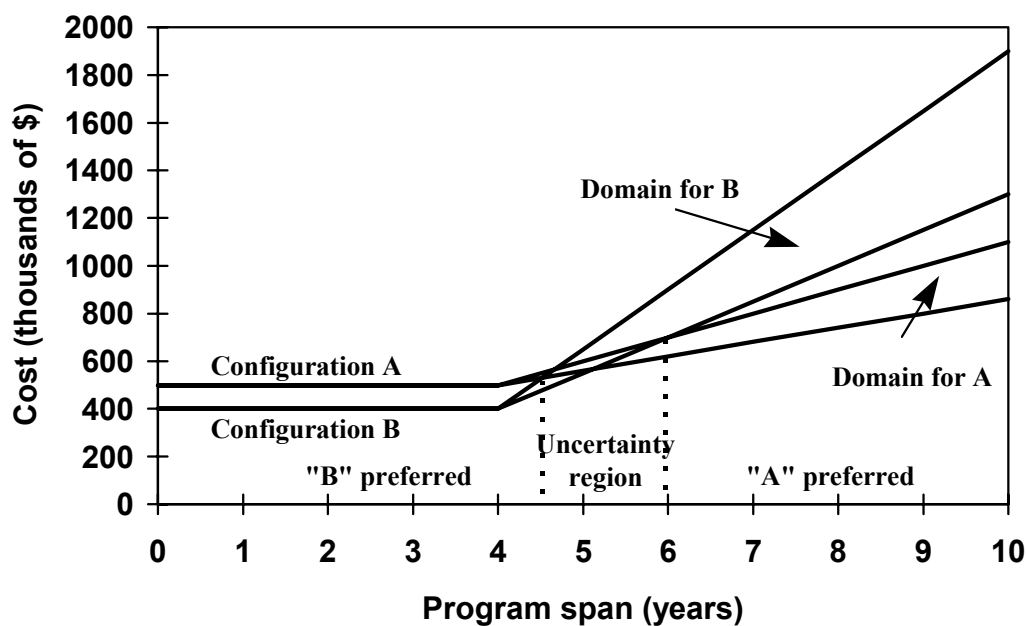


Exhibit 15.12: Risico-analyse op een “breakeven”-analyse.

15.4.13. Keuze van het beste alternatief

Eenmaal alle analyses uitgevoerd zijn, zal de analist de LCC-analyse afsluiten met het aanraden en uitwerken van het alternatief dat hem vanuit het LCC-perspectief het meest aantrekkelijk lijkt.

Deze LCC-analyse is niet eenmalig, maar maakt deel uit van een proces van continue verbetering, dat in Exhibit 15.13 voorgesteld wordt.

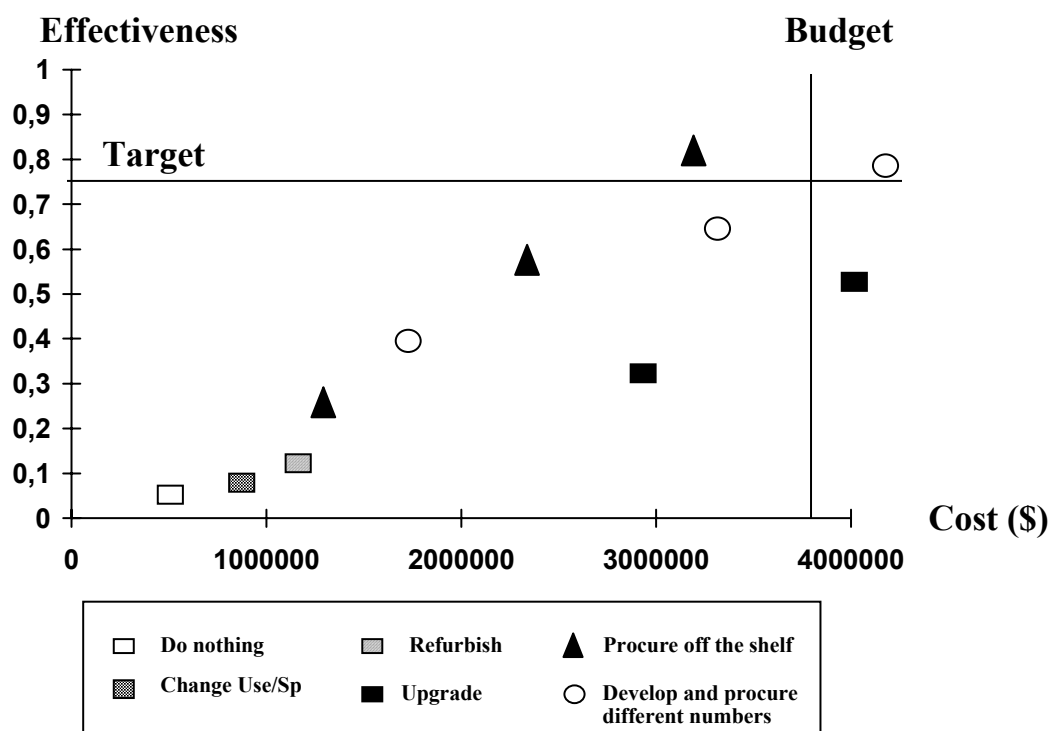


Exhibit 15.14¹⁴: Kosteneffectiviteitsvergelijking.

15.4.14. Besluiten

Een LCC-analyse vergt een methode waarvan de modellenselectie deel uitmaakt.

Deze methode is gebaseerd op een doorgedreven kennis van het (wapen)systeem en zijn exploitatie, op de kennis van kostenmodellen en kostenschattingsmethodes en tenslotte op de kennis van de berekeningsonzekerheden.

De LCC-analyse moet aangevuld (en bijgestuurd) worden door de doelmatigheidsanalyse.

15.5. Schattingsmethodes voor kosten

Vooraleer een LCC-analyse uitgevoerd kan worden, moeten de kosten geïdentificeerd en geschat worden. De fase waarin het systeem zich op het ogenblik van de evaluatie bevindt is determinerend voor de gebruikte methode.

In deze paragraaf wordt aandacht besteed aan de diverse kostenschattingsmethodes.

¹⁴ D. L. I. KIRKPATRICK en A. J. LINDOP, "The Adoption of Combined Operational Effectiveness and Investment Appraisal by the UK Ministry of Defence", *National Estimator*, (1995), Winter 95, p. 12.



15.5.1. *Categorieën schattingsmethodes*

Twee categorieën schattingsmethodes bestaan: vóórcalculatiemethodes en nacalculatie-methodes.

Vóórcalculatiemethodes worden gebruikt vooraleer historische gegevens over een *nieuw* systeem beschikbaar zijn. Zij genereren estimaties van de kosten.

Hoe meer de exploitatiefase nabij komt, en hoe conservatiever de gebruikte technologieën, hoe nauwkeuriger en hoe gedetailleerder de kostenschattingen.

Eenmaal een systeem in gebruik is, kunnen *zijn* historische gegevens gebruikt worden om de LCC te berekenen. Men spreekt van nacalculatiemethodes.

Nacalculatiemethodes vormen de basis van alle analyses die tijdens de exploitatiefase uitgevoerd worden.

15.5.2. *Vóórcalculatiemethodes*

Om vóórcalculaties uit te voeren, worden vijf soorten kostenrelaties gebruikt:

- Bij de *parametrische methode* (“parametric”) worden kosten geschat door middel van “cost estimating relationships”, CER). Deze relaties zijn wiskundige vergelijkingen tussen de te schatten kost en een aantal fysieke of technische karakteristieken van het systeem (gewicht, frequentie, ...). Deze relaties worden op statistische wijze bepaald (regressie-analyses) door middel van historische gegevens over soortgelijke systemen.
- Met de *methode van analogie* (“analogy”) worden de kostenschattingen afgeleid uit vroegere gegevens van gelijkaardige systemen.
De bruikbaarheid van de methode hangt sterk af van de overeenkomst (correlatie) tussen het huidige systeem en het soortgelijke systeem. Die correlatie en de vroegere gegevens bepalen de kostenschattingen.
- Bij de *methode van de expertmening* wordt de expertise geraadpleegd van deskundigen die kennis en ervaring hebben met de prijszetting van de beschouwde systemen.
- Bij de *heuristische methode* (“heuristic”) worden de kosten geschat door middel van vuistregels, die gebaseerd zijn op de eigen ervaring en kennis van de systemen.
- Bij de *rekenmethode* (“engineering”), ook analytische methode genoemd, worden de kosten geschat vanuit de deeltkosten van iedere component of activiteit. Deze methode vergt zeer veel ontwerp-informatie en kan dus niet in een vroeg ontwerpstadium gebruikt worden. Eenmaal het ontwerp stabiel, geeft deze methode zeer goede resultaten.

De bekomen kostenschattingen worden dan in het LCC-model ingevoerd, dat de LCC berekent. Twee soorten modellen kunnen hierbij onderscheiden worden: deterministische modellen en waarschijnlijkheidsmodellen:

- Waarschijnlijkheidsmodellen gebruiken statistische verdelingsfuncties om de relaties tussen de verschillende elementen van het LCC-model te beschrijven. Ze laten toe een idee van de nauwkeurigheid van het eindresultaat te verkrijgen.
- Deterministische modellen gebruiken analytische en boekhoudkundige relaties. Puntschattingen vervangen hierbij de waarschijnlijkheidsverdelingen.



15.5.3. Nacalculatiemethodes

Nacalculatiemethodes genereren de kostenboom uitgaande van vastgestelde uitgaven.

De cijfers, die door nacalculatie gegenereerd worden, worden het meest gebruikt tijdens de exploitatiefase. Ze worden vergeleken met de gegevens van de vóórcalculatie en worden als referentiewaarden gebruikt voor investeringsbeslissingen.

Ze vormen ook de kostendatabase voor latere ontwerpen.

Nacalculatiemethodes moeten zeer voorzichtig gehanteerd worden voor predictieve kostenextrapolaties: als de systemen, het gebruik of de ondersteuning ervan beduidend gewijzigd worden, moeten vóórcalculatiemethodes de voorkeur krijgen om kostenextrapolaties uit te voeren.

15.5.4. Besluiten

Er bestaan diverse vóór- en nacalculatiemethodes om kosten te schatten, elk geschikt voor welbepaalde fasen uit de levensduur van een materieel.

Vóórcalculatiemethodes zullen vooral gebruikt worden tijdens de ontwerp- en de ontwikkelingsfase. Toch hebben ze, als referentiewaarde, hun nut gedurende de exploitatiefase.

Nacalculatiemethodes worden vooral gebruikt tijdens de exploitatiefase. Toch leveren ze, voor latere ontwerpen, waardevolle statistische gegevens voor de ontwerp- en de ontwikkelingsfase.

Beide methodes kunnen, voor bestaande systemen, predictieve kostenextrapolaties genereren. Vóórcalculaties genieten de voorkeur als de definitie van het systeem of diens omgeving beduidend verandert.

15.6. LCC-alternatieven en -aanvullingen

Middelenbeheer door LCC-analyses vergt complexe kostenmodellen en een uitgebouwd netwerk dat toelaat de kostengegevens te verzamelen.

Investeringsanalyses, onder de vorm van de “return on investment”-methode, zijn tijdens de exploitatiefase een goed alternatief.

LCC-analyses alleen zijn niet voldoende om een goed middelenbeheer te garanderen. Hiervoor is meer nodig. “Strategic management” is een recente methode, die het beheer zou kunnen aanvullen.

15.6.1. Investeringsanalyses

Wil men tijdens de exploitatiefase een investeringsanalyse uitvoeren van een modificatie, dan is het niet noodzakelijk te beschikken over de uitgaven die vóór de modificatie gebeurden (“sunk costs”). Het volstaat de toekomstige uitgaven te berekenen die door de modificatie beïnvloed worden, met en zonder de modificatie. Deze investeringsanalysemethode noemt men “return on investment” (ROI).



Rekening houdend met de inflatie (men reduceert de waarde van de uitgaven naar een referentiejaar), kan dan bepaald worden over hoeveel jaar de investering kan “terugverdiend” worden (“breakeven”). Is die periode groter dan het resterende leven van het niet-gemodificeerde systeem, dan is de investering niet rendabel.

Deze vóórcalculatietechniek is in principe eenvoudig, maar moet met de nodige voorzichtigheid gehanteerd worden. Een goede kostenboom en goede kostenschattingen zijn immers noodzakelijk om al de implicaties van een eventuele modificatie correct in te schatten.

15.6.2. “Strategic cost management”

Rentabiliteitsoverwegingen, onder de vorm van kosteneffectiviteitanalyses, zijn geen doel op zich en vormen maar één deel van het beslissingsproces dat tot een eventuele investering leidt.

Een volledige investeringsanalyse telt vier stappen :

- het uitwerken van de verschillende investeringsvoorstellen;
- het uitvoeren van een investeringsanalyse (kosteneffectiviteit);
- de analyse van factoren die niet in de investeringsanalyse aan bod komen;
- het kiezen van een investeringsvoorstel.

LCC-analyses besteden uitgebreid aandacht aan drie van de vier stappen. De derde stap wordt niet in aanmerking genomen.

“Strategic cost management” (SCM)¹⁵ stelt een analysemethode voor, waarin drie thema’s opgenomen worden:

- de “waarden” (“value chain”);
- de kostendrijvers (“cost drivers”);
- het competitief voordeel (“competitive advantage”).

De analyse van de “waarden” en van het “competitief voordeel”, is een strategische analyse zoals we die kennen uit de analyse van defensieproblemen.

In die strategische analyse wordt aandacht besteed aan de waarden binnenin het bedrijf (Integrale Kwaliteitszorg, veiligheid, ...). Er wordt tevens nagegaan wat de sterke en zwakke punten zijn die de onderneming differentiëren van de concurrentie (soepelheid van inzet, inventiviteit, ...).

SCM kan tot het besluit komen dat de beste investering niet de meest rendabele is. Daarom is inventiviteit en creativiteit zo belangrijk: permanent op zoek gaan naar innovatie en verbetering is de beste garantie voor een goed beheer.

15.6.3. *Besluiten*

LCC-beheer kunnen ook gebeuren door middel van investeringsanalyses, zoals “return of investment”. Die methodes vereisen evenwel ook een goede kennis van de uitgavenstromen.

¹⁵ J. K. SHANK, “Analysing technology investments - from NPV te Strategic Cost Management”, Management Accounting Research, (1996), 7, pp. 185-197.



Kosteneffectiviteitsbeschouwingen alleen zijn niet voldoende voor een goed middelenbeheer. Daarvoor is een meer algemene analyse nodig, die naast de “klassieke” LCC-analyse ook een strategische evaluatie van de investeringen bevat.



16. Reliability Centered Maintenance (RCM)

16.1. Inleiding

Reliability Centered Maintenance vond zijn oorsprong in het begin van de jaren 60 in de commerciële vliegtuigindustrie voor burgerluchtvaart in de Verenigde Staten als antwoord op de snel stijgende onderhoudskosten, de lage servicibiliteit en een bezorgdheid betreffende de effectiviteit van de traditionele tijdsgebaseerde preventief onderhoud. Het is een benadering die tot doel heeft het meest gepaste onderhoudsschema op te stellen voor een bepaald object op basis van een diepgaand onderzoek naar de betrouwbaarheid der samenstellende componenten.

16.2. Wat is RCM?

De rechtstreekse aanleiding waren studies van de toen actuele technieken en preventieve onderhoudsmethodes die verrassend genoeg uitwezen dat:

- Tijdsgebonden, gepland onderhoud weinig effect heeft op de globale betrouwbaarheid van een complex geheel, tenzij falings frequent voorkomt;
- Er veel items bestaan waarvoor er geen effectieve vorm van gepland onderhoud mogelijk is.

Dus door gebruik te maken van FMECA technieken, ontwerp-audits, kleine groependynamiek, enz. is het mogelijk om een beter onderhoudsschema te bepalen.

RCM gaat van de veronderstelling uit dat onderhoud een sleutelement is in de werking van het bedrijf. Hierbij wordt geenzins de klant uit het oog verloren. De voordelen die uit de toepassing van RCM gehaald kunnen worden, hangen af van de aard van het bedrijf, de risico's bij machinefalingen en de staat van het bestaand onderhoudsprogramma.

Anderzijds heeft dit model een aantal gegevens die de technische behoeften die in een onderhoudsprogramma moeten afgedekt worden zeer goed bepaald, vooropgesteld dat men subjectieve inschattingen vermijdt. Dit kan gebeuren door te werken met groepen waaraan zowel onderhouds- als productiemensen en ontwerpingenieurs deelnemen. Sommige van de basisconcepten zijn dat, waar mogelijk, machine redundancy moet verdwijnen; OCM en predictief onderhoud voorrang krijgen op periodieke methodes; en waar aanvaardbaar gebruik-tot-faling gegarandeerd moet worden.

16.3. Het RCM assessmentproces

Om RCM toe te passen moeten we een assessmentproces doorlopen met de volgende stappen:

16.3.1. Stap 1: Selecteer sleutelafdelingen van het bedrijf

Welke assets eigendom van of gebruikt door het bedrijf willen we met RCM benaderen?



16.3.2. Stap 2: Bepaal de sleutelfuncties en productiviteitsdoelstellingen

Wat zijn de functies en de productiviteitsverwachtingen van de geselecteerde assets?

Hierbij mag niet vergeten worden dat machines naast een primaire functie, waarvoor de machine gekocht werd, ook een secundaire, voor wat gebruiken we ze nog, en eventueel een beschermende functie heeft.

Wat betreft de verwachtingen kunnen we een onderscheid maken in:

- 'Built-in or inherent': wat de machine kan doen;
- 'Required': wat we willen dat de machine doet;
- 'Actual': wat ze nu doet.

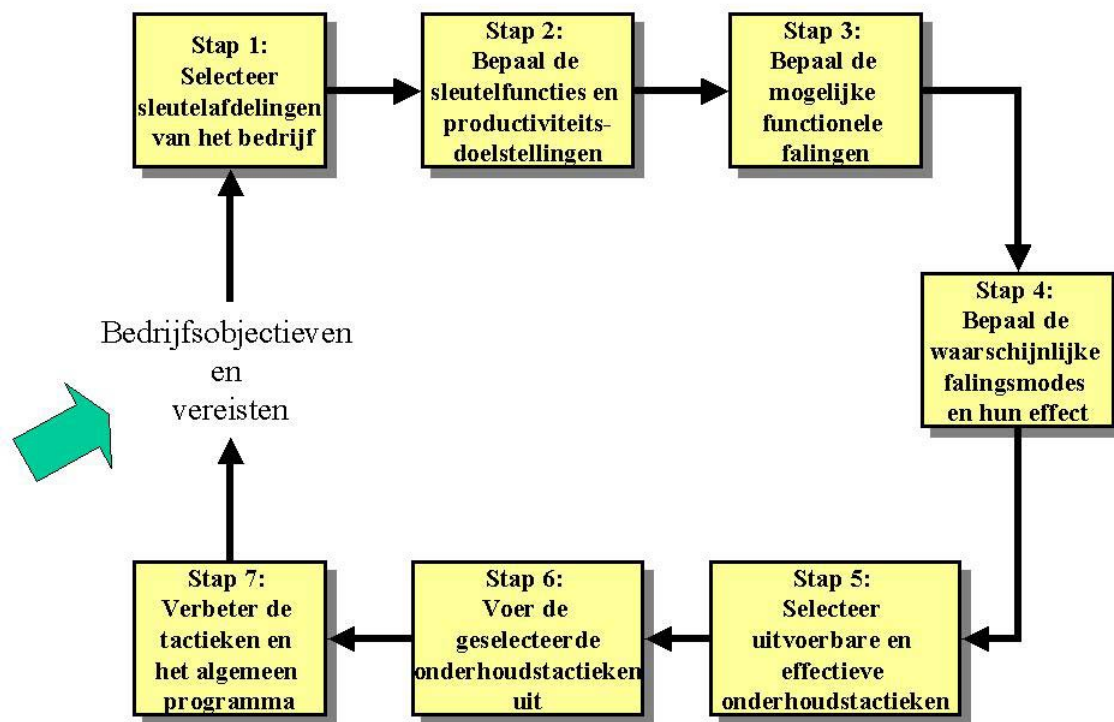


Exhibit 16.1: De RCM assessmentproces.

16.3.3. Stap 3: Bepaal de mogelijke functionele falingen

Wat zijn de manieren waarop de machine faalt deze functies te vervullen?

Een functionele faling is een onmogelijkheid van een fysieke 'asset' in het vervullen van de verwachte prestatie. Hierdoor is het mogelijk dat een machine faalt op een oneindig aantal manieren. Deze faling kan gebeuren door:



- Een compleet verlies van de functie, de machine stopt met werken.
- Een gedeelte verlies van de functie, de machine werkt nog maar niet volgens de verwachtingen.
- Een mindere werking van een component zonder de volledige functie aan te tasten.

Dit breed spectrum aan falingen (zie Exhibit 16.2) is soms de oorzaak van meningsverschillen tussen onderhoud en productie. Een gezamenlijk aanpak van RCM is dan ook noodzakelijk.

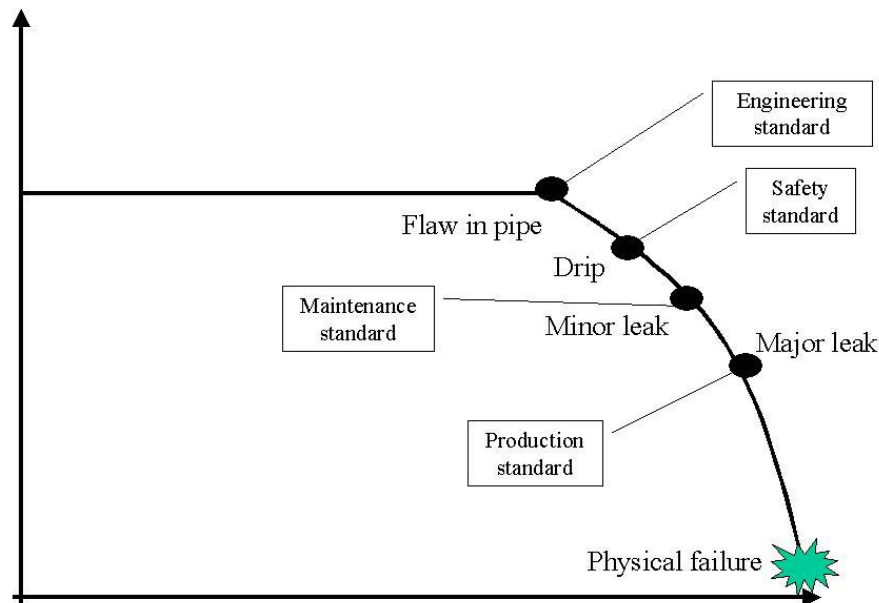


Exhibit 16.2: Standaards en falingen.

16.3.4. Stap 4: Bepaal de waarschijnlijke falingsmodes en hun effect

Wat veroorzaakt de faling en wat zijn de gevolgen?

16.3.5. Stap 5: Selecteer uitvoerbare en effectieve onderhoudstactieken

Wat moeten we doen om deze falingen te voorkomen en wat moeten we doen indien we geen effectieve onderhoudstechnieken vinden?

Goede onderhoudstactieken moeten technisch haalbaar en kosteffectief zijn.

In het kiezen van onderhoudstactieken gaat de voorkeur naar OCM indien dit technisch haalbaar is. Hieronder verstaan we voor OCM dat:

- Het mogelijk is de faling te detecteren;



-
- De faling een voorspelbaar verloop kent vanaf detectie tot complete faling;
 - Het praktisch mogelijk is het item te volgen in minder tijd dan dat het probleem nodig heeft zich te ontwikkelen;
 - De tijd tussen detectie en faling lang genoeg is om acties te kunnen ondernemen.

Indien er geen OCM techniek technisch haalbaar is, dan proberen we een periodieke methode. Dit preventief onderhoud is technisch haalbaar indien:

- Er een identificeerbaar punt is waar er een snelle toename van de falingsgraad is;
- De meeste assets tot dit punt overleven. Voor grote veiligheids- of milieurisico's mogen er geen falingen voor dit punt zijn;
- Het onderhoud herstelt gedeeltelijk of geheel de conditie van het asset.

Indien de vorige tactieken technisch niet haalbaar blijken dan moet er overgegaan worden naar tijdsgebonden afdankingsmethodes (bvb. filters, dichtingen, ...).

Door de onderhoudsprogramma's op te maken op basis van een ver doorgedreven concentratie op betrouwbaarheidsanalyses wordt dikwijls het kostenaspect vergeten. Om dit te vermijden moeten er kosteffectieve onderhoudstactieken gekozen worden. Deze tactieken worden gekenmerkt door:

- Voor verborgen problemen, het verminderen tot een aanvaardbaar niveau van de kans op een veelvuldig falen;
- Voor falingen met veiligheids- of milieueffecten, het houden van de risico's op een comfortabel minimum;
- Voor falingen met een impact op de productie, een lagere onderhoudskost dan productieverlies op lange termijn. Het moet ook goedkoper zijn het preventief te onderhouden dan te herstellen;
- Voor falingen met onderhoudsimpact, het moet op lange termijn goedkoper zijn het preventief te onderhouden dan te herstellen.

Indien er geen technisch haalbare en kosteffectieve tactieken voor handen zijn, dan, afhankelijk van de risico's moeten volgende acties gekozen worden:

- Voor verborgen problemen, een falingsopsporende procedure opstellen die veelvuldige falingen opspoort. Vb. readiness tests voor stand-by systemen;
- Voor falingen met onaanvaardbare veiligheids- of milieueffecten, herontwerpen of een modificatie;
- Voor falingen met een impact op de productie of het onderhoud, run-to-failure of correctief onderhoud.

16.3.6. Stap 6: Voer de geselecteerde onderhoudstactieken uit

16.3.7. Stap 7: Verbeter de tactieken en het algemeen programma

Teneinde een continue verbetering op gang te brengen moet er:

- Een continue volgen van de resultaten zijn, teneinde er de nodige lessen uit te trekken;
- Een periodieke, om de 2 tot 5 jaar, re-assessment van de RCM cyclus zijn.



17. Total Productive Maintenance (TPM)

17.1. Inleiding

Als hoofdspillen in Total Productive Maintenance vindt men 3 belangrijke factoren terug die voordien reeds in zekere zin in andere onderhoudsmodellen bestonden, te weten de metingen op machines, de betrokkenheid van de operatoren en het gepland onderhoud.

Naar analogie van de controletechnieken gebruikt in de productie en in de kwaliteitsborging, wordt TPM vooral gekarakteriseerd door de betrokkenheid van alle acteurs die tussenkomen in het productieproces. Het betreft evengoed de upstream als de downstream-acteurs van de productie, en dit op alle hiërarchische niveaus.

Dit “totaal” engagement van het personeel in het TPM-model heeft zijn oorsprong in een Japanse omgeving gevonden (en in het bij zonder in de automobiellindustrie). De resultaten waren bemoedigend, onder andere dankzij het gebruik van ver doorgedreven motivatietechnieken.

Eén van de belangrijkste elementen van het TPM concept is de rol die de machinebediener speelt in bepaalde onderhoudsactiviteiten. Men komt in zekere zin tot een integratie van de onderhouds- en productietaken, tenminste voor wat het eerste niveau van het onderhoud betreft.

Bestaande ervaringen in Europa, waar de TPM-benadering meer en meer ingang vindt, leren nochtans dat men zeer voorzichtig moet zijn met de overdracht van bepaalde onderhoudstaken naar de machinebedieners. Het is een kwestie van een juiste dosering tussen de taken die toevertrouwd worden aan de centrale onderhoudsdienst en deze die mits gepaste opleiding, de machinebedieners kunnen waarnemen.

17.2. Wat is TPM?

Traditioneel gezien moest de onderhoudsafdeling er voor zorgen dat een bepaalde machine of afdeling gedurende een bepaalde tijd beschikbaar was, zeg bijvoorbeeld 90%. Doordat er een heleboel tussenvoorraden waren, konden de machines als onafhankelijk van elkaar beschouwd worden. Hierdoor kon gesteld worden dat indien de verschillende machines een beschikbaarheid van 90 % hadden, het geheel ook ongeveer een beschikbaarheid van 90 % had. De invoering van JIT technieken maakte hieraan echter een einde. Alles moet zich immers simultaan door de productielijn voortbewegen. Hierdoor kunnen de machines niet meer als onafhankelijk van elkaar beschouwd worden.

De zaken werden nog moeilijker doordat kwaliteitscontroles stroomopwaarts werden verplaatst. Hierdoor komen defecten vroeger aan het licht. Correctie op het einde van de lijn waren niet meer aanvaardbaar, waardoor conformiteit en betrouwbaarheid belangrijker werden.

Alzo werd de noodzaak gecreëerd het onderhoudsbeleid aan te passen aan deze nieuwe uitdagingen.

Al gauw werd vastgesteld dat waartoe een machine ook in staat is, het kan alleen maar zo effectief zijn als de operator die het bedient. Alhoewel er geen enkele manier bestaat om jobbetrokkenheid aan te leren, probeert TPM een omgeving te scheppen die dit soort van ‘commitment’ aanmoedigt.

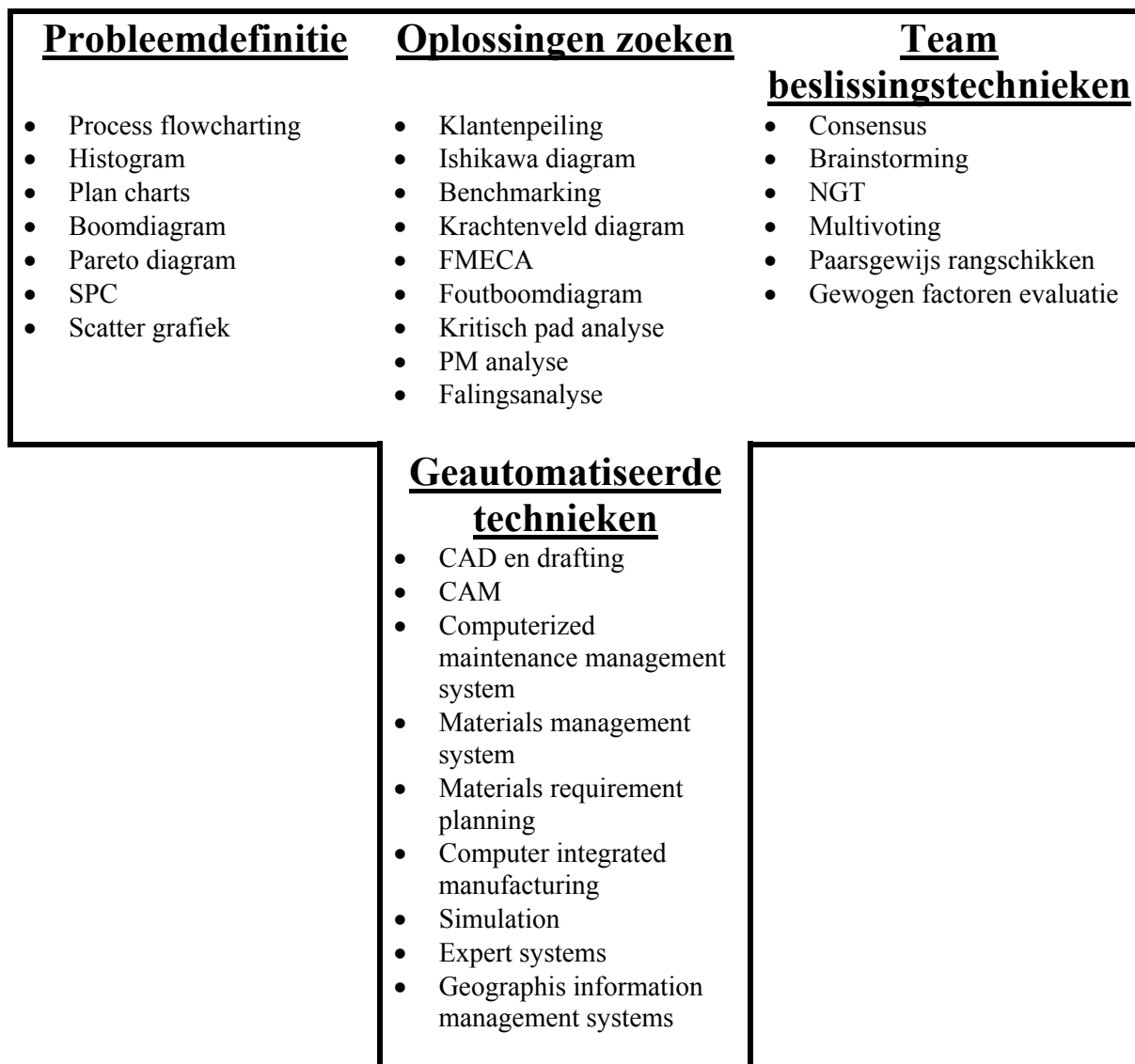


Exhibit 17.1: TPM technieken.

TPM is gebaseerd op drie sets van principes:

- Maintenance engineering. Het maximaal aanwenden van onderhoudsstrategieën waaronder preventief onderhoud, predictief onderhoud, OCM, LCC, etc.;
- Total Quality Management (TQM);
- Just-In-Time (JIT).

Door het gebruik maken van deze principes probeert TPM de volgende doelstellingen te bereiken:

- Maximalisatie van de effectiviteit en de productiviteit van de assets, en de eliminatie van alle machine verliezen;



- Creatie van een soort van eigenaarsgevoel bij de operatoren;
- Continue verbetering van alle activiteiten.

17.3. Het TPM wiel en de invoering

Ter ondersteuning van TPM kunnen we het TPM wiel gebruiken. Het dieper ingaan op alle elementen van dit wiel zou ons te ver brengen.

Aangezien TPM een bedrijfsfilosofie is en dus een mentaliteitsverandering vereist, is de invoering van TPM een werk van lange adem. Tevens bestaat er ook geen toverformule voor het succesvol invoeren ervan.

“As we looked around Japan and The U.S. for the perfect TPM recipe, we realized that no one has the cookbook”, Mark O’Brien of Yamaha.

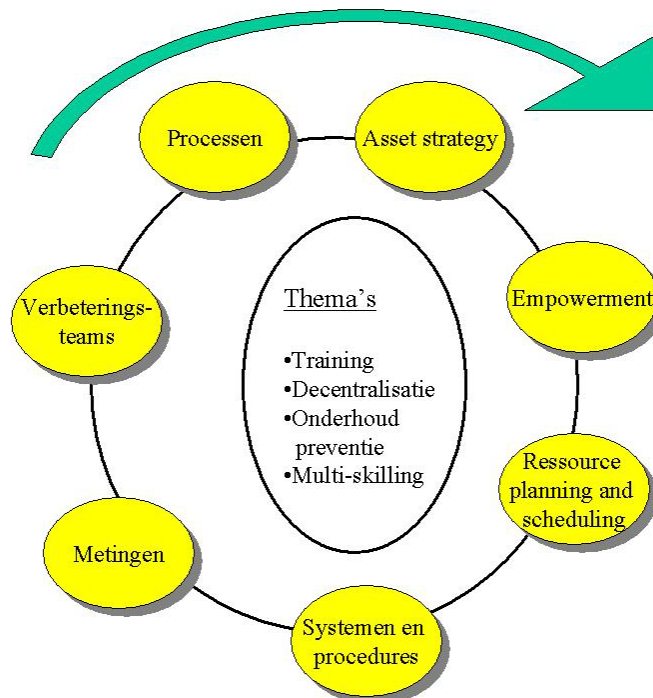


Exhibit 17.2: Het TPM wiel.



18. Uitbesteding

18.1. Onderhoudsconsultants

Het Institute of Management Consultants (U.K.) definieert management consulting als “the service provided by an independent and qualified person or persons in identifying and investigating problems concerned with policy, organization, procedures and methods; recommending appropriate action and helping to implement these recommendations”. Zoals in alle managementgebieden, zijn er ook consultants die zich specifiek toeleggen op onderhoud. De laatste jaren zijn deze laatste trouwens sterk toegenomen in aantal.

Er kunnen diverse redenen zijn om een maintenance consultant aan to trekken:

- het inhuren van competentie en tijd voor een grondige en systematische doorlichting en het formuleren van suggesties voor verbetering;
- het inhuren van een objectieve en niet aan bedrijfsblindheid lijdende derde;
- het inhuren van een tijdelijke werknemer, wat een zekere flexibiliteit betekent qua personeelsbeheer;
- het creëren van een shock-effect, wat leidt tot een bedrijfsklimaat dat open staat voor (eventueel vrij ingrijpende) veranderingen;
- het laten bevestigen van conclusies en/of beslissingen die intern in het bedrijf al tot stand gekomen waren.

Verschillende types consultancy projecten kunnen ondescheiden worden naargelang het interventieniveau (strategisch, tactisch, operationeel) en naargelang de diepgang (bv. haalbaarheidsstudie, ruwe doorlichting, gedetailleerde analyse, etc.). Een dergelijk project is opgebouwd uit volgende stappen:

- duidelijke probleemdefinitie;
- beschrijving van de verwachte resultaten: doelstelling, verwachte hoeveelheid werk, projectomschrijving (fasering, methodologie, ...);
- uitvoering van het project, met duidelijke aflijning van de verantwoordelijkheden (in zowel het bedrijf als in de consultancy firms) en regelmatige rapportering;
- afsluiting van het project met een eindvoorstelling en een presentatie van de aanbevelingen.

De prijs van een consultancy project die wordt aangerekend kan op verschillende manieren tot stand komen:

- uurloon x aantal uur (vaak met een bovengrens),
- % van de projectkost (bv. bij een automatiseringsproject),
- vast bedrag (lump sum),
- “no cure, no pay” formule,
- etc.



18.2. Onderhoudsfirma's

Tegenwoordig wordt er vanuit de industrie steeds meer een beroep gedaan op externe firma's voor het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden. De markt van "onderhoudsfirma's" is de laatste tijd flink gegroeid en groeit nog steeds. Dergelijke onderhoudsfirma's zijn ofwel leveranciers van installaties die ook onderhoudscontracten verkopen, ofwel engineering en constructiebureaus die zich gedeeltelijk toeleggen op onderhoud ofwel gespecialiseerde firma's voor wie onderhoud de enige activiteit is. De beslissing om onderhoudswerkzaamheden uit to besteden kan om verschillende redenen genomen worden:

- om een ongewone piekbelasting in de onderhoudsdienst op te vangen (bv. grote revisie, jaarlijkse shutdown in CPI, ...);
- om heel gespecialiseerde jobs uit te voeren (bv. onderhoud van medische apparatuur in een ziekenhuis);
- om bepaalde routinetaken beter of goedkoper te laten uitvoeren (bv. piping, plaatsen van isolatie, ...);
- om, in geval van modulaire installaties, de gefaalde modules te repareren omwille van wettelijke reglementeringen (bv. veiligheid van liften);
- omdat het bedrijf zich wil concentreren op haar core business en alles wat daar niet direct mee te maken heeft wil afstoten (is een argument dat meer en meer wordt gehoord).

De uitbestedeproblematiek is complex en vraagt een lange termijnvisie inzake onderhoud van het management. Verschillende aspecten moeten in rekening gebracht worden: overheadkosten voor supervisie en follow-up (ook arbeidsreglementeringen kunnen hierbij een rol spelen), type kostenverrekening (eenheidsprijs, vast bedrag, ...), garanties gegeven door de contractor (inzake interventiesnelheid, kwaliteit van het werk, bevoorrading van wisselstukken, ...), garanties gegeven door het bedrijf (inzake werkvolume, veiligheid van de werkplek, ...), afspraken inzake subcontracting, afspraken inzake vertrouwelijkheid van bepaalde informatie, ...

Uitbesteden is zeker een belangrijk alternatief voor het uitbouwen van de eigen onderhoudsdienst. In de USA is er een grotere traditie inzake uitbesteden dan in Europa, maar Europa beent vlug bij. In België worden volgens recente schattingen zo'n 15% van de onderhoudswerkzaamheden uitbesteed, dit voor het geheel van industrie en dienstensector.

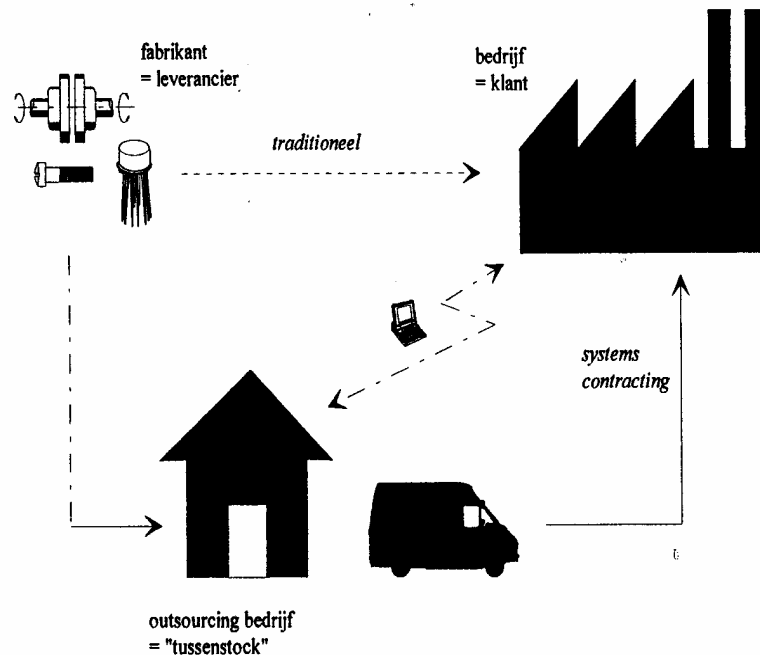


Exhibit 18.1: Outsourcing.

Speciaal to vermelden hier is de recente opgang van de outsourcing bedrijven. Een partnership tussen een outsourcing bedrijf en een klant-bedrijf bestaat erin dat het klant-bedrijf bepaalde wisselstukken niet meer rechtstreeks van de fabrikant inkoopt maar wel via het outsourcing bedrijf. Het outsourcing bedrijf houdt een voorraad wisselstukken aan voor zijn klanten (evt. met exclusiviteitsafspraken), het beschikt meestal over een vrij groot assortiment van hoge kwaliteitsartikelen. Het levert bovendien een snelle service (bv. 24 uurservice) en zorgt voor evt. technische begeleiding. Het klant-bedrijf moet een zekere omzet garanderen maar betaalt de stukken in kwestie pas bij levering. Het gaat hier uiteraard bijna uitsluitend om vrij snel roterende onderdelen met een vrij goed voorspelbare vraag met een brede toepassingsmogelijkheid (bv. lagers). Een snelle en accurate communicatie tussen outsourcing bedrijf en klant-bedrijf is noodzakelijk om een dergelijk bevoorradingsysteem voor wisselstukken goed to laten lopen.



19. Onderhoud en ontwikkelingslanden

Technologietransfer van geïndustrialiseerde naar ontwikkelingslanden is een activiteit die steeds kritischer en belangrijker wordt. Specialisten terzake noemen internationale technologietransfer het gebied met de hoogste complexiteit (door de verwevenheid van de nationale en internationale politiek), de laagste efficiëntie en het grootste potentieel binnen de wereldwijde economische en sociale ontwikkeling. Er moet bij deze discussie uiteraard een onderscheid gemaakt worden tussen de verschillende types ontwikkelingslanden, rekening houdend met de economische toestand en mogelijkheden, de beschikbaarheid van geschoold personeel, de beschikbare infrastructuur, de bevolkingsevolutie, etc. Een vaak verwaarloosd element bij de technologietransfer is vaak de organisatie voor het onderhoud en de training terzake, vandaar dat hier ook even wordt op ingegaan.

Het technologietransferproces naar ontwikkelingslanden wordt vaak ingedeeld in vier stadia. In het eerste stadium wordt door de transferor gezorgd voor process/systems engineering, installatie-ontwerp, vervaardiging en supervisie bij het oprichten van de plant. De transferee zorgt voor mankracht voor dit laatste. Het is belangrijk dat in deze fase door de transferee al een basiskennis wordt opgedaan voor de operatie en het onderhoud van de plant. Dit wordt echter vaak verwaarloosd, zowel door transferee als door transferor. Langzamerhand, dankzij de oprichting van een aantal plants, komt het transfereeland in het tweede stadium en verwerft het vaardigheden voor systems engineering, ontwerp en constructie. In het derde stadium worden die vaardigheden geperfectioneerd en wordt reeds op beperkte schaal aan export gedaan. Het vierde en laatste stadium tenslotte wordt gekenmerkt door een transferee die volledig onafhankelijk op een internationale markt kan concurreren met zelf ontwikkelde producten. Zoals hieronder duidelijk zal worden, zijn ook deze stadia erg belangrijk voor het verwerven van verdere vaardigheden inzake operatie en onderhoud, vaak O&M (Operations & Maintenance) genoemd. Het verwaarlozen van de O&M technologietransfer reduceert bijna altijd de langere termijn voordelen van ontwikkelingshulpprojecten: het ontbreken van geschikte O&M skills belet immers het zelfstandig werken van de transferee. Noteer dat het transferproces voor O&M zowel via het commerciële circuit (OEM, consultants) als via het niet-commerciële circuit (universiteiten, gouvernementele instellingen,) kan ondersteund worden.

De doelstelling van O&M technologie is een veilige en bedrijfszekere werking van de plant te verzekeren. De voornaamste O&M skills werden in Exhibit 19.1 samengevat.

Vaardigheid	Definitie
<i>operatie</i>	bedienen van de installaties volgens de specificaties
<i>diagnose</i>	detecteren en analyseren van aspecten die tot installatiestoringen kunnen leiden
<i>reparatie</i>	technische herstelling van de installaties in hun oorspronkelijke toestand
<i>documentatie</i>	verzamelen en verwerken van basisinformatie, scorings- en reparatiegegevens
<i>management</i>	performantie-analyse en algemene coördinatie beslissingen

Exhibit 19.1: Belangrijke O&M vaardigheden.

Er zijn heel wat hinderpalen voor het succesvol verwerven van deze O&M skills in de ontwikkelingslanden (sommige daarvan zijn trouwens vrij gelijkaardig met die in de geïndustrialiseerde wereld):



- een van de belangrijkste factoren in het verwerven van O&M technologische kennis is het ontwikkelen van aangepaste trainingen en het motiveren van het personeel op alle organisatorische niveaus (van ongeschoolde arbeiders tot top managers);
- performantie-analyse en meer bepaald storingsanalyse maken nagenoeg nooit deel uit van een technologietransferproces; de skills terzake worden nochtans best verworven door vanaf het bouwen en testen van de plant alles op te volgen en/of door een grondige training te volgen bij de transferor;
- er is nood aan aangepaste documentatie (bv. (dis)assemblageplannen, stuklijsten, ...) en adequate installatie-opvolging (o.a. storings-en reparatiehistoriek, ...);
- alhoewel de beschikbaarheid van computersystemen en MMIS reeds vrij goed is, wordt er nog te weinig gebruik van gemaakt voor managementdoeleinden;
- het verbruik van wisselstukken kan beduidend hoger zijn dan bij een identieke installatie in een geïndustrialiseerde omgeving; dit o.a. door verschil in klimatologische omstandigheden, menselijke fouten, gebrek aan technische support, verkeerde materiaalkeuze, ... ;
- bovendien verloopt het bestellen van wisselstukken ook niet altijd even vlot t.g.v. moeilijkheden bij het identificeren van componenten, wisselkoersproblemen, bureaucratisch, ...; een degelijk MRO beheer omvat naast voorraadbeheer ook aspecten als duidelijke codificatie, gegevensverzameling omtrent gebruik, aangepaste stockagefaciliteiten, promoten van lokale vervaardiging van wisselstukken, ...
- het installatie-ontwerp is vaak niet aangepast aan het klimaat (bv. corrosiebestendigheid), laag-getrainde gebruikers (bv. eenvoud van bediening);
- een ander designaspect is het gebrek aan standaardisatie, waardoor het wisselstukkenprobleem nog erger wordt, ...
- het meestal beperkte budget zorgt ook voor problemen i.v.m. trainingen, bestellingen, ...
- de oorzaken van veel problemen liggen vaak al vroeg in het project: gebrekkig design, onvolledige investeringsstudie, te verouderde of te nieuwe technologie, heterogene installaties,
- de organisatie van de onderhoudsdienst is vaak onvoldoende: geen organogram, incoherente decentralisatie, geen gedetailleerde jobomschrijvingen, geen planning of follow-up, ...



Bibliografie

“Onderhoudsmanagement” Samson nive.

Prof. Geraerds, “8th European Maintenance Congress in Barcelona”.

Kelly, “Maintenance Planning & Control”.

Kelly & Hams, “Management of Industrial Maintenance”.

De Groote Patrick ir. , “Maintenance Management”.

“Cursus Beheer van een voertuigenvloot”, Koninklijke Militaire School, Toegepaste Mechanica.

“Cursus Maintenance”, Universiteit Gent, Industrial Management.

“Onderhoudsmanagement: Handboek voor technische – en onderhoudsdiensten”, uitgeverij Samsam, Bedrijfsinformatie, 1994.

Pintelon, Gelders en Van Puyvelde, “Industrieel beleid in het onderhoud”, uitgeverij acco Leuven, 1995.

Husniaux Albert Ir, “Analyse van het gebruik van kostenmodellen bij beheersbeslissingen tijdens de exploitatiefase van wapensystemen”, Thesis, Koninklijk Hoger Instituut voor Defensie, 1997.

Campbell John Dixon, “Uptime: strategies for excellence in maintenance manegement”, Productivity Press, USA, 1995.

Wireman Terry, “World Class Maintenance Management”, First Edition, Industrial Press Inc., USA, 1990.

Lindley R. Higgins, “Maintenance engineering handbook”, 5th Edition, McGraw-Hill Inc., USA, 1995.