

Steen Nielsen

Omkostningskalkulation for avancerede produktionsomgivelser

- en sammenligning af
stokastiske og deterministiske
omkostningskalkulationsmodeller

AKADEMISK AVHANDLING

som för avläggande av ekonomie doktorsexamen
vid Handelshögskolan i Stockholm
framlägges för offentlig granskning
fredagen den 22 november 1996, kl 10.15
i sal 550 på högskolan, Sveavägen 65

Stockholm 1996



STOCKHOLM SCHOOL
OF ECONOMICS

Omkostningskalkulation for avancerede produktionsomgivelser



EFI, EKONOMISKA FORSKNINGSGRUPPENS VID HANDELSHÖGSKOLAN I STOCKHOLM

Adress: EFI (Sveav. 65), Box 6501, S-113 83 Stockholm, Sweden. Cable: schoolecon.

Tel: +46 (0)8-736 90 00 • Fax: +46(0)8-31 81 86 • Internet: <http://www.hhs.se/efi/>

EFI:s verksamhetsidé

Institutet är en vetenskaplig institution, vilken i sin forskningsverksamhet skall arbeta oberoende av ekonomiska eller politiska gruppintressen.

Institutets uppgift är att bedriva teoretisk och empirisk forskning inom samhällsvetenskapernas, särskilt de ekonomiska vetenskapernas områden. I anslutning därtill skall institutet medverka i forskarutbildning samt främja spridningen av information om uppnådda forskningsresultat.

Vägleddande för institutets val av forskningsprojekt skall vara forskningsområdets behov av praktisk eller teoretisk vidareutveckling, projektens metodologiska intresse samt problemställningarnas generalitet.

Styrelseordförande och institutschef: Prof Sven-Erik Sjöstrand

Forskningssektioner, centra och program

- A Företagslednings- och Arbetslivsfrågor (prof Sjöstrand)
- B Redovisning och Finansiering (prof Östman)
- C Kostnadsintäktsanalys (prof Jennergren)
- CEE Centrum för Etik och Ekonomi (adj prof de Geer)
- CFR Centrum för Riskforskning (prof Sjöberg)
- CHE Centrum för Hälsoekonomi (prof Jönsson)
- D Marknadsföring, Distributionsekonomi och Industriell Dynamik (prof Mattsson)
- ES Ekonomisk Statistik (prof Westlund)
- F Offentlig Organisation (prof Brunsson)
- FDR Fonden för Handels- och Distributionsforskning (t f prof Wahlund)
- FI Finansiell Ekonomi (prof Näslund)
- I Information Management (prof Lundeberg)
- IEG Internationell Ekonomi och Geografi (prof Lundahl)
- P Ekonomisk Psykologi (prof Sjöberg)
- PMO Människa och Organisation (prof Stymne)
- PSC Forskningsprogrammet Systemanalys och Planering (adj prof Schwarz)
- RV Rättsvetenskap (prof Wiman)
- S Samhällsekonomi (prof Bergman)
- T Industriell Produktion (prof Karlsson)

Information om EFI kan erhållas från den adress eller via de telefon- och telefaxnummer som står överst på sidan. Det går också utmärkt att informera sig om EFIs forskning och publikationer via hemsidorna på Internet (se adressen ovan).

Omkostningskalkulation for avancerede produktionsomgivelser

*- en sammenligning af
stokastiske og deterministiske
omkostningskalkulationsmodeller*

Steen Nielsen



EFI, EKONOMISKA FORSKNINGSinSTITUTET
VID HANDELSHÖGSKOLAN I STOCKHOLM



Akademisk avhandling för avläggande av
ekonomie doktorsexamen vid Handelshögskolan
i Stockholm 1996

© EFI och författaren
ISBN 91-7258-434-3

Key Words:

Cost Calculation
Production
Advanced Manufacturing Technologies
Stochastic Simulation

Tryck Graphic Systems, Stockholm 1996

Företal

Föreliggande arbete utgör resultatet av ett forskningsprojekt som bedrivits vid Ekonomiska Forskningsinstitutet vid Handelshögskolan i Stockholm.

Institutet framför sitt tack till de anslagsgivare som bidragit till finansieringen av forskningsprojektet.

Som brukligt är vid Ekonomiska Forskningsinstitutet har författaren haft full frihet att självständigt utforma projekt- och resultatredovisning.

Stockholm i oktober 1996

Sven-Erik Sjöstrand

Professor,
Institutets chef

Lars Östman

Professor,
Chef för sektionen för Redovisning och Finansiering

Erkendtlighed

Først og fremmest ønsker jeg at takke min Doktorand-komité, Professor Lars Samuelson, Professor Ingolf Ståhl og Docent Bo Sellstedt ved »Stockholm School of Economics« for deres positive og entusiastiske indstilling til mit arbejde. En speciel og varm tak skal lyde til min hovedvejleder Lars Samuelson, for også på en informel måde altid, at have været villig til at stille op for en »prat«, og for at være i stand til at vende mine tanker mod relevante og nye perspektiver indenfor området. Også en tak til Lars for at have vejledt mig gennem hele den afsluttende skriveproces. Jeg er i stor gæld til Lars for at have forbedret kvaliteten af mit arbejde, og for de mange værdifulde forslag til forbedringer jeg har fået undervejs.

En stor tak skal også lyde til Ingolf Ståhl, for at have hjulpet mig med programudformingen i GPSS. Når der har været programmæssige problemer af den ene eller anden art, har jeg altid straks kunne henvende mig hos Ingolf, hvorefter problemet blev l st her og nu. Uden Ingolf's store inspirerende og drivende kraft ville jeg aldrig have været i stand til, at udforme et program på et så forholdvist kompliceret produktionssystem som tilfældet har været her.

En stor tak skal også lyde til Bo Sellstedt for på den litterære front, at have inspireret mig til mange nye teoretiske studier i den produktionsmæssige del, og for at have styrket det teoretiske aspekt i min afhandling omkring produktionsforhold. Kun en brøkdel af Bo's store viden omkring produktionsteori har jeg kunnet inddrage i dette studie.

Også en varm tak skal lyde til Professor Lars Östman og Professor Emeritus Sven-Erik Johansson, som antog mig som doktorrand fra Danmark, og for at have støttet mit ophold i Sverige på alle tænkelige måder. Det har været en interessant og en stor inspiration for mig, at have været på en sektion og i et forskningsmiljø, hvor forskningen er den drivende kraft, og hvor forskningsfriheden har den højeste prioritet. Det har givet mig megen inspiration som kan anvendes fremover i Danmark. I samme forbindelse vil jeg også takke Handelshøjskolen i Århus og Det Danske Forskerakademi for finansiel støtte igennem årene. Samtidigt skal også lyde en tak til mine tidligere og k re kollegaer i Danmark, Professor Bent Provstgaard og tidligere Lektor Knud Rasmussen ved Handelshøjskolen i Århus, for at have givet mig mulighed for at rejse til Sverige som Stipendiat. Også en varm tak skal lyde til Lektor Esben H g Institut for Informationsbehandling Handelshøjskolen Århus, for både som sparringspartner, men også som fagmand, at fremkomme med mange værdifulde kommentarer og deltage i diskussioner omkring de statistiske forhold.

En speciel varm tak skal lyde til mine tidligere kollegaer Bent Provstgaard, Knud Rasmussen, Kurt Ærenlund Pedersen og Poul Erik Sørensen alle fra Institut for Regnskabsvæsen og Revision, for i sin tid at have henledt min opmærksomhed på den tyske produktions-, omkostnings- og kalkulationsteori, der selv med »The Kaplan School Model« i baghovedet, stadig fremstår som en af verdens meste konsistente, teoretiske og videnskabelige fundamenter indenfor området. Dette betyder dog ikke, at området »kalkulationsteori« eller internt regnskabsvæsen i Tyskland har været i status quo, tværtimod. Også her har der i de sidste år været fremdraget mange nye og interessante synsvinkler. Specielt har det været fremdraget, at omkostninger ikke blot skal være beslutningsorienteret som i den klassiske lære, men at omkostningsberegninger etc. også bør være adf rdsorienteret, dvs. en form for dualitet, hvilket netop er en af pointerne ved ABC/ABM-tankegangen.

Igennem besøg, kurser og seminarer i Tyskland, specielt ved de årlige seminarer i Saarbrücken og via kurser afholdt af nu desværre afdøde Professor Wolfgang Kilger i hans og Plaut's »Flexible Plankostenrechnung und Deckungsbeitragsrechnung«, er jeg igennem årene blevet opmuntret til at koncentrere mig omkring den tyske litteratur på området.

Også en varm tak til Rune Castenäs, direktør for »The Economic Research Institute at the Stockholm School of Economics«, for at have løst mine finansielle problemer.

Jeg er også i dyb taknemmelighedsgæld til mine to case-virksomheder, ABB-Automation i Västerås samt IBM i Järfälla, for at have givet mig al den information jeg har ønsket til mit arbejde. En forsker kan næppe ønske sig bedre empiriske betingelser. Også en stor tak til ABB-Automation i Västerås og IBM i Järfälla for deres finansielle støtte. En speciel tak skal rettes til Process Engineer Kjell Berglund, Investment Manager Håkon Holmström, Cost Manager Björn Blomkvist samt Cost Engineer Bernt Carlsson hos IBM Järfälla. Også en speciel tak til Cost Manager Jan Bjällerstedt og Production Manager Anders Bergström hos ABB-Automation Västerås. Begge virksomheder skylder jeg stor tak for, at de altid har været villig til at afsætte tid til at besvare spørgsmål, og for den interesse de generelt har vist for mit arbejde.

Endelig en varm tak til hele B-sektionen for Redovisning och Finansiering ved Handelshögskolan i Stockholm, inklusiv sekretærene Siv Krets og Karin Albinson, for altid at have gjort sig stor umage for at forstå det danske sprog, selvom dette ikke altid har været let. Også tak til mine doktorkolleger Claes Charpentier, Göran Sjöholm, Bertil Thorén og Jörgen Nilsson for god venskab og støtte i gennem årene.

Forord

Et afhandlingsarbejde eller plan starter ofte med et relativt stort ambitionsniveau. Dette sker ofte på et tidspunkt med ukendt empiriske problemer, hvorefter man efterhånden som arbejdet skrider fremad, finder ud af at man er nød til at reducere dette ambitionsniveau. Som en substitut for dette, kan man så prøve at holde et højt teoretisk og metodemæssigt niveau på det materiale man nu engang har til sin rådighed. Såvel første som andet punkt blev også tilfældet med denne afhandling. I denne afhandling satte jeg i 1989 som mål, at ville beskrive og analysere et avanceret og moderne produktionssystem i sin helhed, dens betydning og relation til regnskabsvæsenets kalkulationsproblemer, set hovedsagelig i lyset af fleksibiliteten i produktionssystemet.

Det blev dog hurtigt klart, at blot dette at få fat i relevante og interesserede virksomheder i sig selv, ikke var så ganske lige til, som det umiddelbart kunne lyde, selvom flere virksomheder dog havde implementeret avanceret produktionssudstyr i større eller mindre grad siden starten af 80'erne. Mellem 10 til 15 virksomheder blev kontaktet, bl.a. ud fra Den Svenske Stats organisation, »Statens Industriverks Statistikk«, dels ud fra andre informationskilder herunder også mine vejlederes kendskab til virksomheder som allerede havde implementeret MODERNE PRODUKTIONSUDSTYR. Selv med dette forholdsvis store antal virksomheder som udgangspunkt, blev det dog hurtigt klart, at det var ganske svært at finde virksomheder som også *udnyttede* den meget omtalte fleksibilitet på en måde, som kunne være holdbar og som kunne være et INTERESSANT udgangspunkt for de forskningsmæssige forhold omkring KALKULATIONERNE. Da det praktiske og empiriske formål i denne afhandling blev prioriteret højere, end blot en teoretisk og deduktiv analyse, blev det mere og mere klart i takt med arbejdets fremgang, at denne fremgangsmåde ikke uden videre kunne anvendes.

Dette også på grund af, at virksomhederne selv manglede registrering af data og omkostninger på ordre eller styk-niveau igennem et helt procesforløb. Samtidig havde mange virksomheder ikke selv gjort sig klart, hvad »fleksibilitet« egentlig betød for deres produktion og kalkulation. En forsigtig konklusion er derfor, at disse store fordele der efter manges mening skulle være ved udnyttelsen af MODERNE PRODUKTIONSUDSTYR, mere var undtagelsen end hovedregelen.

Derfor blev udgangspunktet og formålet modificeret således, at formålet istedet blev - via en egen udviklet omkostningsmodel - at kunne teste et given produktionssystems egenskaber i en stokastisk simuleringsmodel. Trods implementering af MODERNE PRODUKTIONSUDSTYR såvel hos IBM Järfälla som hos ABB-Automation Västerås, skete der ingen umiddelbare synlige ændringer i virksomhedernes interne regnskabssystem eller kalkulationssystem, hvilket på mange måder også falder sammen med Robert S. Kaplan's tidligere hypoteser fra 80'erne om, at virksomhederne fortsatte med deres normale kalkulationsmetoder på trods af, at en virksomhed anvendte moderne produktionssudstyr. Begge case-virksomheder har dog efterfølgende foretaget en række justeringer i deres interne regnskab og i deres kalkulationsprincipper i takt med at man blev opmærksom på de voksende problemer, specielt med størrelsen af de såkaldte »faste omkostninger«. Det viste sig, at begge case-virksomheder internt havde diskuteret forskellige problemer og løsninger omkring omkostningsfastlæggelse og produktionssystemernes virkemåde og forudsætninger.

Efter forskellige overvejelser og i overensstemmelse med min vejlederkomité blev det besluttet, at undersøge begge virksomheders konkrete produktionsmæssige forhold i relation til virksomhedernes faktisk anvendte kalkulationsmodel. Herefter skulle der for IBM's vedkommende udformes en kalkulations- og omkostningsmodel, som igen kunne testes via simulering, hvorimod der for ABB's vedkommende blot skulle gøres en beskrivelse og analyse af virksomhedens konkrete kalkulationsmodel. Dette synes acceptabelt, fordi IBM ikke umiddelbart synes at have taget nogen form for hensyn til produktionens forudsætninger i kalkulationen, hvorimod ABB's kalkulationsmodel i høj grad var et resultat af en tilpasning til virksomhedens konkrete produktionsforhold.

Der er vedlagt en matematisk notationsliste i slutningen af sidste kapitel som en samlet oversigt over de forskellige variable og begreber. Samtlige variable og begrebet dækker kun over de to kalkulationsmodeller hos de to case-virksomheder samt simuleringsmodellen. For at lette læsningen, er de forskellige variable dog også beskrevet undervejs i teksten.

Afhandlingsplanen blev fremlagt og godkendt i oktober 1990. Det empiriske materiale er indhentet i perioden oktober 1991 til maj 1993.

Århus, i Oktober 1996

Steen Nielsen

Indholdsfortegnelse

1 KALKULATION OG MODERNE PRODUKTIONSUDSTYR	1
1.1 Introduktion og Baggrund	1
1.2 Introduktion til Produktkalkulation og Moderne Produktionsudstyr	2
1.3 Formål med Kalkulation	7
1.4 Formål og Afgrænsning af Dette Studie	8
1.4.1 En Simuleret Omkostningsmodel	10
1.4.2 ABC-Princippet	11
1.5 Konkluderende Kommentarer samt Disposition for Afhandlingen	15
2 TEORI OMKRING PRODUKTION OG KALKULATION	19
2.1 Introduktion	19
2.1.1 Klassifikationen af Moderne Produktionsudstyr	22
2.1.2 FMS-Systemer, FAS-Systemer og FAL-Linier	23
2.1.3 Beslutningssituationer ved MPU	26
2.1.4 Konklusion og Opsummering for MPU	27
2.2 Fem Amerikanske Studier Omkring FMS/CIM/JIT og Kalkulation	28
2.2.1 Son & Park's Stokastisk Udgangspunkt for en Kalkulation	29
2.2.2 Foster & Horngren's Undersøgelse Omkring FMS, FAS/L og Kalkulation	32
2.2.3 Gosse's Undersøgelse Omkring CIM og Kalkulation	37
2.2.4 Foster & Horngren's Undersøgelse af JIT og Kalkulation	42
2.2.5 Holbrook's Casebeskrivelse Omkring JIT og Kalkulation	46
2.2.6 Konklusion på de Amerikanske Studier	49
2.3 To Tyske Studier Omkring FMS, FAL og Kalkulation	50
2.3.1 Knoop's Studie Omkring FMS og Kalkulation	51
2.3.2 Kleiner's Studie Omkring FAL og Kalkulation	55
2.3.3 Konklusion på de Tyske Studier	62
2.4 En Videre Udvikling på Kalkulationsområdet	63
3 VIDENSKAB, FORSKNING OG METODOLOGI	68
3.1 Introduktion	68
3.2 Forskningsprocessen	68
3.3 Det Videnskabelig Perspektiv	72
3.3.1 Den Videnskabelige Metodologi i Relation til Kalkulation	74
3.4 Begrænset Anvendelse af den Mikroøkonomiske Tankegang	77
3.5 Metode og Metodologi	79
3.5.1 Realitetserkendelse	82
3.5.2 Indsamling og Udvalg af Fakta	84
3.5.3 Validitet	84
3.5.4 Konstruktionsvaliditet	85
3.5.5 Ekstern Validitet	86
3.5.6 Reliabilitet	88
3.5.7 Computer Simulering som Forskningsmetode	88
3.6 Afsluttende Kommentarer	92

4 IBM JÄRFÄLLA	93
4.1 Introduktion	93
4.2 FMS-Systemet	95
4.2.1 Proces, Fleksibilitet og Kapacitet	98
4.3 Numerisk Eksempel fra IBMJ	101
4.4 Formål og Kalkulationsprincipper	106
4.4.1 Kalkulationssystemet	108
4.4.2 Den Konkrete Kalkulationsmodel for FMS-Systemet	109
4.4.3 Første Trins Cost Driver	111
4.4.4 Andet Trins Cost Driver	116
4.5 Konklusion og Afsluttende Kommentarer	116
5 SIMULERINGSMODEL	118
5.1 Introduktion	118
5.2 Input og Output af OSM	119
5.3 Specielle Forhold omkring Omkostningerne i OSM	121
5.3.1 »Opportunity Costs« Kontra Begrebet »Kalkylerente«	121
5.3.2 Separable og Ikke-Separable Omkostninger	124
5.3.3 »Economies of Scale and Scope«	125
5.3.4 Stokastisk Simulering for Omkostningskalkyler	127
5.4 Anvendelse og Begrundelse for Eksponential- og Erlangfordelingen	129
5.5 Fordelen ved at Anvende Forskellige Sandsynlighedsfordelinger	136
5.6 Programstruktur og Moduler for OSM	137
5.7 Input-Data-Modulet	138
5.8 Omkostningsestimations-Modulet	139
5.8.1 Tiden som Cost Driver	140
5.8.2 Procesomkostninger	141
5.8.3 Loading og Unloading Omkostninger	143
5.8.4 Venteomkostninger	145
5.8.5 Transportomkostninger	146
5.8.6 Værktøj og Fikstuomkostninger	148
5.8.7 Huslejeomkostninger	148
5.9 Komplementære Omkostninger	149
5.9.1 Justeringsomkostninger	149
5.9.2 Ikke-Udnyttet Kapacitet	150
5.9.3 Volume som Cost Driver	151
5.9.4 Value-Added som Cost Driver	151
5.10 Produktions-Flow-Modulet for OSM	154
5.10.1 Forudsætninger for Processen	154
5.10.2 Loading-Segment	155
5.10.3 Transport-Segment	155
5.10.4 Bearbejdnings-Segment	157
5.10.5 Vente- og Unloading-Segment	158
5.11 Data-Output-Modulet for OSM	159
5.11.1 De Komplementære Omkostninger	160
5.12 Afsluttende Kommentarer	161

6 SIMULERINGSRESULTATER	162
6.1 Introduktion	162
6.2 Beregning af de Statistiske Forudsætninger	164
6.3 Test af den Givne Volumestørrelse fra IBMJ	175
6.3.1 Udvalgte Præstationsparametre	175
6.3.2 Stykomkostninger	181
6.4 Simultan Test under den Givne Dimensionering	187
6.4.1 Udvalgte Præstationsparametre	187
6.4.2 Stykomkostninger og »Cost Surfaces«	194
6.5 Simultan Test for Yderligere en Fælles Maskine	201
6.5.1 Udvalgte Præstationsparametre	202
6.5.2 Stykomkostninger og »Cost Surfaces«	204
6.6 Test af Forskellige K-Værdi i Erlangfordelingen	212
6.7 Konklusion og Afsluttende Kommentarer	214
7 ABB AUTOMATION VÄSTERÅS	219
7.1 Introduktion	219
7.2 Den Fleksible Monteringslinie	220
7.2.1 Fleksibilitet, Kapacitet og Udnyttelse	223
7.3 Formål og Kalkulationsprincipper	227
7.3.1 Kalkulationssystemet	230
7.3.2 Den Konkrete Kalkulationsmodel for FAL-Linien	231
7.4 Konklusion og Afsluttende Kommentarer	234
8 ANALYSE, SAMMENFATNING OG KONKLUSION	237
8.1 Introduktion	237
8.2 IBMJ's vs AUT's Produktionsproces	238
8.2.1 Fleksibel Produktion vs. Fleksibel Montering	238
8.3 Virksomhedernes Kalkylefilosofi	241
8.3.1 Anvendelsen af Kalkylerne hos AUT og IBMJ	243
8.3.2 Forudsætninger hos Forfatterens Undersøgelser og Modeller	245
8.3.3 Tilpasning mellem Kalkulationsformål og Kalkulationsmodel	246
8.3.4 Typen og Antallet af Cost Pools og Cost Drivers	250
8.3.5 Betydning af Direct Charging samt Hjælpe og Supportafdelinger	253
8.3.6 Design og Layouttet for Omkostningskalkulationsmodel	257
8.3.7 Afsluttende Kommentarer	260
8.3.8 OSM vs Son & Parks Stokastiske Kalkulationsmodel	262
8.4 Et par Generelle Bidrag	265
8.5 Nogle Problemer Omkring MPU og Omkostninger	265
8.6 Implikationer og Refleksioner for Fremtidig Forskning	267
Summary.....	273
Matematisk Notation	I
Bibliografi	V

Forkortelsesfortegnelse

ABC	<i>Activity Based Costing</i>
ABM	<i>Activity Based Management</i>
A/B-ANPA	<i>Antallet af gennemløb af palletter for emne 1 og 2</i>
AUT	<i>ABB Automation Västerås</i>
CAC	<i>Computer Aided Costing</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CIM	<i>Computer Integrated Manufacturing</i>
CNC	<i>Computerized Numerical Control</i>
DFM	<i>Design for Manufactuability</i>
DNC	<i>Direct Numerical Control</i>
EOQ	<i>Economic Order Quantity (Wilson's Formel)</i>
FAC	<i>Flexible Assembly Cell</i>
FAL	<i>Flexible Assembly Line</i>
FAS	<i>Flexible Assembly System</i>
FMC	<i>Flexible Manufacturing Cell</i>
FMS	<i>Flexible Manufacturing System</i>
IBMJ	<i>IBM Jarfälla</i>
IAT	<i>»Inter-Arrival-Time« dvs tiden mellem to ankomster</i>
IR	<i>Det Interne Regnskabsvæsen</i>
JIT	<i>Just-In-Time</i>
MHS	<i>Materiale-Håndterings-System</i>
MPU	<i>Moderne ProduktionsUdstyr</i>
NAA	<i>Non-Value-Added Activity</i>
NC	<i>Numerical Control</i>
OSM	<i>Omkostnings-Simulerings-Model(Omkostningskalkulation)</i>
PCB	<i>»Printed Circuit Board« eller kredskort</i>
ROI	<i>Return on Investment</i>
ROS	<i>Return of Sales</i>
VAA	<i>Value-Added-Activity</i>
VIA	<i>Varer I Arbejde</i>

Figurfortegnelse

Figur 1-1	Afhandlingens Opbygning	15
Figur 2-1	Sammenhængen mellem Produktionens Gentagelseskarakter og Kalkulationsprincip.....	20
Figur 2-2	Automatiserede og Flekible Karakteristika.....	28
Figur 2-3	Omkostningsstruktur efter Tidsbindinger under FAL hos Kleiner(1991) ...	58
Figur 2-4	Den Principielle Kalkylemodel for en FAL-linie hos Kleiner(1991)	60
Figur 2-5	Ønsket om et Komplement til Kalkulation i FMS/CIM/JIT-Omgivelser	64
Figur 3-1	Relation Mellem Forskellige Forskningselementer	70
Figur 4-1	Uddrag af IBMJ's Produktionsområde	94
Figur 4-2	FMS/CIM-systemet for Emne 1 og Emne 2 hos IBMJ	97
Figur 4-3	Proces-flow for Emne 1 og Emne 2	99
Figur 4-4	IBMJ's Tilregningsmodel	110
Figur 5-1	Input og Output i OSM.....	120
Figur 5-2	Eksponentialfordelingens Tæthedsfunktionens.....	132
Figur 5-3	Eksponentialfordelingens Fordelingensfunktionens	132
Figur 5-4	Den Spejlvendte Kumulative Form for Eksponentialfordelingen.....	132
Figur 5-5	Forskellige Erlangfordelinger	134
Figur 5-6	Programstrukturen for OSM.....	138
Figur 6-1	Udnyttelse for SPC-måling mellem Hvert Run.....	180
Figur 6-2	Totale Stykomkostninger for Emne 1 fra OSM og IBMJ	182
Figur 6-3	Totale Stykomkostninger for Emne 2 fra OSM og IBMJ	182
Figur 6-4	Deterministiske Sluttider for VIA	189
Figur 6-5	Stokastiske Sluttider for VIA	190
Figur 6-6	Deterministiske Stykomkostninger	198

Figur 6-7	Stokastiske Stykomkostninger	199
Figur 6-8	Deterministiske Stykomkostninger	209
Figur 6-9	Stokastiske Stykomkostninger	210
Figur 6-10	Stokastiske Stykomkostninger for Emne 1 ved Forskellige k-værdier i Erlangfordelingen.....	213
Figur 6-11	Stokastiske Stykomkostninger for Emne 2 ved Forskellige k-værdier i Erlangfordelingen.....	213
Figur 7-1	Produktionsflow og Forskellige Processer.....	221
Figur 8-1	Påvirknings- og Påvirkelige Faktorer for Kalkylen	260

Tabelfortegnelse

Tabel 1-1	Omkostningsstruktur for Forskellige Typer af MPU	3
Tabel 1-2	Forskningsperspektiv for Kalkulation	6
Tabel 2-1	Omkostningsspecifikation for et FMS-system hos Son (1992)	32
Tabel 2-2	Sammenfatning af Undersøgelsen for Kalkulationsmodeller i FMS/FAL/L-Omgivelser hos Foster & Horngren(1988a)	35
Tabel 2-3	Sammenligning mellem Traditionel- og MPU/CIM/JIT-Produktion hos Gosse(1993)	38
Tabel 2-4	Konsekvenser for Kalkulationen under JIT hos Foster & Horngren(1988b)	43
Tabel 2-5	Kalkylemodel efter de Direkte Henførbare Omkostninger når JIT-Omgivelserne Betragtes som én Celle hos Holbrook(1988)	49
Tabel 2-6	Omkostningstyper og Deres Fordeling under en CIM-On-Line Kalkyle hos Knoop(1986,1987)	54
Tabel 3-1	Forskellige Veje i Forskningsprocessen	71
Tabel 3-2	Undersøgelsesbetingelser	86
Tabel 4-1	Sammenligning af Bemandet og Ubemandet Brutto-Kapacitet (timer).....	104
Tabel 4-2	Formålet for Produktkalkylen hos IBMJ	107
Tabel 4-3	Den Konkrete Kalkulationsmodel for FMS/CIM-cellen hos IBMJ	111
Tabel 5-1	Kalkulationslayout for OSM	140
Tabel 5-2	Omkostningstyper med Tiden som Cost Driver.....	141
Tabel 5-3	Emne og Maskiner	154
Tabel 5-4	Loading Forudsætninger Indenfor 24 Timer	155
Tabel 5-5	Transporttid mellem Processerne	156
Tabel 5-6	Procestid for en Pallet	158
Tabel 6-1	Udvalgte Præstationsparametre	162
Tabel 6-2	Omkostningsstruktur for Emne 1 og Emne 2.....	163
Tabel 6-3	Basisforudsætninger for Simuleringen.....	164

Tabel 6-4	Separate og Vejede Gennemsnitstider.....	167
Tabel 6-5	Forventning og Standardafvigelse for de Separate Procestider for en Pallet	169
Tabel 6-6	Forventning og Standardafvigelse for Transporttid	171
Tabel 6-7	Øvre og Nedre Grænse for Antal Pallerter når Antallet af Run Varieres.....	176
Tabel 6-8	Separate og Fælles Procestider.....	177
Tabel 6-9	Kapacitetsudnyttelse for Maskinerne	179
Tabel 6-10	Sluttidspunkt for VIA.....	181
Tabel 6-11	Deterministiske Stykomkostninger og Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet.....	183
Tabel 6-12	Stokastiske Stykomkostninger og Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet	185
Tabel 6-13	Simultane Testkombinationer	187
Tabel 6-14	Forventning og Standardafvigelse for Udvalgte Parametre (A-ANPA 3.95 & B-ANPA 3.2 & A-ANPA 3.35 & B-ANPA 3.1)	193
Tabel 6-15	Deterministiske Stykomkostninger og Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet (A-ANPA 3.95 & B-ANPA 3.2).....	195
Tabel 6-16	Stokastiske Stykomkostninger og Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet (A-ANPA 3.35 & B-ANPA 3.1)	196
Tabel 6-17	Testkombinationer for det Udvidede Simultane Tilfælde.....	202
Tabel 6-18	Forventning og Standardafvigelse for Udvalgte Præstationsparametre (A-ANPA 8.1 & B-ANPA 6.4 & A-ANPA 7.7 & B-ANPA 4.1)	202
Tabel 6-19	Deterministiske Stykomkostninger og Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet (A-ANPA 8.1 & B-ANPA 6.4).....	205
Tabel 6-20	Stokastiske Stykomkostninger og Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet (A-ANPA 7.7 & B-ANPA 4.1)	206
Tabel 7-1	Anvendelsesområdet for Omkostningskalkulationen hos AUT.....	229
Tabel 7-2	Opgaver omkring Kalkulationen hos AUT	231
Tabel 7-3	Kalkylelayout og Beregningsprincipper hos AUT.....	232
Tabel 8-1	Udvalgte Parametre hos IBMJ og AUT	242

Tabel 8-2	Udvalgte Kalkuleformål hos AUT og IBMJ	244
Tabel 8-3	Udgangspunkt for Forfatterens Følelser og Modeller	245
Tabel 8-4	Analyse af Diskussionen af Princip for Kalkulemodel	247
Tabel 8-5	Analyse af Diskussionen omkring Cost Pools og Cost Drivers	251
Tabel 8-6	Analyse af Direct Charging samt Supportafdelingerne	254
Tabel 8-7	Analyse af Diskussionen omkring Kalkule-layout	258
Tabel 8-8	Sammenligning af Son & Park og OSM	263

1 KALKULATION OG MODERNE PRODUKTIONSUDSTYR

1.1 Introduktion og Baggrund

Formålet med dette introduktionskapitel er, dels at give læseren en kort indføring i afhandlingsens problemområde, dels at beskrive det videre indhold i afhandlingen. Dette er her gjort uden større teoretisk relation men med det formål, at fremhæve hvordan problemet er indkredset i senere afsnit. I de senere hovedafsnit gøres en dybere analyse af afhandlingens hovedområder.

Ved den *moderne, fleksible konstruktions- og produktionsteknologi* forstås her, CIM (Computer Integrated Manufacturing), anvendelsen af numerisk-styrede maskiner og robotter, såsom NC (Numerical Control), CNC (Computer Numerical Control), DNC (Direct Numerical Control), anvendelsen af FMC (Flexible Manufacturing Cell), FML (Flexible Manufacturing Lines), FMS (Flexible Manufacturing Systems), FAS (Flexible Assembly Systems) samt FAL (Flexible Assembly Lines). I modsætning til et helt system er en *celle* blot en samling af flere automatiske bearbejdningsmaskiner, et buffersystem samt en automatisk loading og unloadingstation.

Herudover dækker begreber også *den moderne gennemløbsfilosofi* Just-in-Time (JIT) som bl.a. er med til at reducere gennemløbsprocessen og reducere investeringer i lagre (råvare, halvfabrikata, varer i arbejde, og færdigvarer). Ovenstående klassifikation er blot én mulighed. Der kan på samme måde også anvendes andre klassificeringer, f.eks. opdelingen i hardware og software.

Da der ikke findes nogen entydig definition på i hvilken grad disse teknologier hænger sammen en virksomheds omkostningsstruktur eller økonomistruktur, samles det hele blot under betegnelsen »*Moderne ProduktionsUdstyr*« eller blot MPU.

I praksis - hvilket også er tilfældet hos begge case-virksomheder her - er det *ofte en kombination* af flere af disse begreber der anvendes og ofte samtidig. Det er derfor også vanskeligt præcist at udskille effekten af det ene begreb i forhold til det andet. En præcisering kan derfor kun opnås ved en særdeles specifik beskrivelse af et konkret anlæg eller system.

MPU, omkostninger og produktkalkulation er begreber som specielt indenfor de sidste 10 år har været genstand for diskussion af såvel praktikere som teoretikere, og som stadig præger

den teoretiske diciplin indenfor internt regnskabsvæsen¹⁾. Specielt set i lyset af den store udbredelse i praksis af Activity Based Costing (ABC) og Activity Based Management (ABM) i lande som Sverige, Tyskland, USA og Japan. Disse principper eller modeller om man vil, har været genstand for et relativt stort antal artikler, bøger, seminarer, konferencer, konsulentarbejder etc., noget som på nuværende tidspunkt ikke synes at skulle stoppe. Selv ved en sammenligning til Tyskland på kalkulationsområdet synes produktkalkulationsproblemet aldrig at have været diskuteret mere intens end for tilfældet. Dette kan der opstilles forskellig grunde til.

Baggrunden bør hovedsaglig ses i lyset af at den eksisterende beregnings- og analyseteknik på kalkulationsområdet, ikke har været tilstrækkelig til, eller specifik nok til at fange de aspekter op af MPU, som virksomhederne har ment var vigtige. Dels har flere eksterne forhold for virksomheden, f.eks. markedsbetingelser og informationsteknologien ændre sig siden normal- og standardkalkuler blev udviklet i 1920'erne og 1930'erne.

Dispositionen i dette kapitel er som følger. Først gøres i afsnit 1.2 en kort introduktion til produktkalkulation og moderne produktionsteknologi, for at få et indtryk af det samlede teoriområde for den samlede problemstilling. Derefter gøres i afsnit 1.3 en analyse af formålet for en omkostningskalkulation under moderne produktionsudstyr. I afsnit 1.4 gøres en beskrivelse af formålet og afgrænsningen for denne afhandling, herunder en kort introduktion til en simuleringmæssig kalkulationsmodel samt hvorfor ABC-princippet ikke umiddelbart synes anvendeligt her. Endelig gøres i afsnit 1.5. en samlet oversigt over afhandlingens videre disposition.

1.2 Introduktion til Produktkalkulation og Moderne Produktionsudstyr

Det er specielt indenfor de sidste 10 år og i forbindelse med ABC-princippets fremkomst, at der har været gjort forsøg på at udvikle mere avancerede omkostningsmodeller og mere omfattende kalkulationsmodeller. Hovedvægten har været lagt på at fremhæve selve *produktionens egenskaber*, for derefter at inddrage disse forhold i kalkulationen. Kun ganske få forfattere har diskuteret med hovedvægten på at udforme en stokastisk simuleringsmodel med empirisk udgangspunkt og i tæt relation til produktionsforudsætningerne indeholdende en omkostningsmodel, og et totalt syn på produktionsprocessen hvor visse omkostningsberegninger og kalkulationer står i centrum.

1) Begreberne kalkyle, kalkulation, omkostningskalkyle, eller omkostningskalkulation anvendes i denne afhandling som synonyme, selvom begrebet »kalkyle« på dansk ofte er relateret til noget selvstændigt, eller noget der foretages udenfor det eksisterende (regnskabs)system hvor både omkostninger og indtægter indgår.

Traditionelt set, har udgangspunktet været at »præstationsmåling«, »omkostningsberegning via kalkulation« samt »beslutningsproblemet« har været behandlet *hver for sig*. Dette har bl.a. medført, at en del forfattere ser en integrering af disse tre områder som et nyt og fremtidigt forskningsområde. Dette har resulteret i begrebet »*a new framework for modern manufacturing economics*« jvf. Son (1991).

At MPU har medført ændringer i forudsætningerne for produktkalkulation og dermed i omkostningsstrukturen ved forskellige teknologier, kan bl.a. ses af en undersøgelse foretaget af Wildemann (1989) som er gengivet nedenfor i tabel 1-1.

TABEL 1-1
OMKOSTNINGSSTRUKTUR VED FORSKELLIGE TYPER AF MPU

Cost Pool	FMS	Enkeltstående CNC-Maskiner	Transfer Linier
Lønoms-kostninger	24.7%	43.7%	19.7%
Kapitaloms-kostninger	33.1%	17.8%	23.7%
Indirekte Produktionsoms-kostninger	28.3%	25%	23.7%
Andre Fællesoms-kostninger	13.9%	13.5%	26.8%

Som det ses, falder de direkte lønoms-kostninger når man bevæger sig fra enkeltstående CNC-maskiner til et integreret FMS-system og videre over til transfer-linier. Til gengæld stiger kapitaloms-kostningerne, dvs. afskrivninger og rente, når man bevæger sig fra enkeltstående CNC-maskiner videre til transfer-linier og over til FMS-systemer. Dette i sig selv er måske ikke så overraskende. Det interessante bliver derimod, hvor meget der bliver tilbage i en marginal omkostningskalkulation under sådanne omstændigheder samt hvordan, og med hvilke principper man skal evt. fordele kapitaloms-kostningerne *hvis man vel at mærke* ønsker at fordele sine omkostninger? Det er nogle af disse spørgsmål denne afhandling prøver at besvare.

Dermed spiller selve sammensætningen af produktionsudstyret en central rolle for hvordan omkostningsstrukturen kommer til at se ud, som igen får betydning for indholdet i forskellige kalkulationsmodeller.

Selve problemet med forøgelsen af de faste omkostninger har principelt eksisteret i lang tid, omend ikke i så udpræget form som nu²⁾. Det er først nu hvor fleksibiliteten, og dermed

2)F.eks. skrev Schmalenbach i slutningen af 20'erne »Wenn der Beschäftigungsgrad eines Betriebes auf seine Gesamtkosten ohne Einfluß ist, dann haben wir einen Betrieb mit fixen Kosten. Solche Betriebe gibt es in Wirklichkeit kaum...«! (Schmalenbach 1930,p 30).

muligheden for at producere flere produktvarianter ved samme maskine eller i samme produktionssystem, at der opstår problemer med hensyn til de faste produktionsfaktorer og deres relation til omkostningerne.

Det reelle problem er, at anlæggene eller produktionssystemerne anvendes til produktion af *adskillige produkter og produktvarianter på samme tid*, samtidig med at man ønsker at fordele omkostningerne til virksomhedens forskellige produktvarianter. Andre undersøgelser viser også, at der er sket forskydninger i de samlede område eller funktionsomkostninger. F.eks. udgør de samlede logistikomkostninger ofte 20-30%, og de samlede software- og kvalitetsomkostninger helt op til 30-50% af de totale produktionsomkostninger i »high-tech« virksomheder, jvf. Sigwart & Raas (1989).

Grunden til at vægten i denne afhandling lægges på en integration af de tre ovenstående områder - produktionsøkonomi, omkostningsberegning og beslutningssituationen - er blandt andet, at virksomheder med MPU inklusiv de to virksomheder der indgår her, ønsker at kunne vurdere de forskellige påvirkningsmæssige parametre, f.eks. ikke-udnyttet kapacitet, ledig procestid, VAA (Value-Added-Activity) og NAA (Non-value-Added Activities) i kroner og øre³⁾. At kunne udnytte og omkostningsstyre MPU kræver, at virksomheden har et omkostningsmæssigt begrebsapparat som ikke blot er tilpasset nogle omkostningsbegreber evt. fra et eksternt regnskab, men også er tilpasset det fysiske flow i produktionen og de egenskaber hvormed virksomheden producerer sine produkter.

Dette hænger også sammen med, at den økonomiske styring under MPU er blevet mere »kortsigtet«, næsten fra dag til dag, bl.a. på grund af turbulensen på virksomhedens markeder dels på grund af maskinernes fleksibilitet. Et forøget antal kortsigtede beslutninger gør, at virksomhederne må se disse som en samlet »langtidseffekt«. Dermed øges kravene til at konsekvenserne for disse handlinger også inddrages i forbindes med de »langsigtede omkostninger«.

Selvom virksomhederne måske kender hovedindholdet af sine produktvarianter et år frem, så har en sådan virksomhed ofte kun en ganske kort reaktionstid, fra kunden afgiver sin ordre til produkterne skal være leveret. I denne korte tidsperiode er det op til produktionsfolk og cost managers, at tilrettelægge produktionen mest hensigtsmæssigt, dvs. under hensyntagen til at få det bedst tænkelige resultat ud af de givne produktionsmuligheder. Dette kan bl.a. opfyldes, hvis man er i stand til at forudberegne de økonomiske konsekvenser f.eks. ved at inddrage nye produkter eller varianter, som måske kan komplementere allerede eksisterende produkter. Dermed forøges også »maskinudnyttelsen« og eventuel alternativomkostninger reduceres.

3) Foreløbig anvendes blot betegnelsen MPU som et samlebegreb. Senere vil dette blive konkretiseret i relation til såvel teorien som til de to case-virksomheder.

En del undersøgelser tyder på, at virksomhedens omkostningskalkulation i dag af mange virksomheder betragtes som et af de vigtigste beslutningsinstrumenter for den økonomiske styring af virksomheden uanset om det drejer sig om top-level, et omkostningscenter eller produktniveau⁴). Derfor lægges også stor vægt på og meget arbejde i, hvilket indhold kalkulationerne bør have, og hvordan de konkrete beregninger skal udføres. Disse synspunkter deles også af den tidligere ophavsmand til det tyske »Fleksible Plankostenrechnung und Deckungsbeitragsrechnung« fra 60'erne, Wolfgang Kilger, som siger:

»Betrachtet man den jahrzehntelangen Entwicklungsprozeß der Kosten- und Leistungsrechnung, so erkennt man, daß die Frage nach den "richtigen Selbstkosten pro Einheit" als eine der wichtigsten, ja vielleicht sogar als die Hauptaufgabe des internen Rechnungswesens angesehen wurde«(Kilger 1986b,p 4).

Med udgangspunkt i udvalgte forfattere er nedenfor i tabel 1-2 i korte træk og uden videre kommentarer, opstillet nuværende og mulige fremtidige forskningsområder indenfor kalkulationsområdet.

Et kik igennem litteraturen såvel den amerikanske som den tyske omkring internt regnskabsvæsen og produktionsøkonomi viser en ændring i forskningsobjektet; fra simple adskilte og materielle studieobjekter til mere integrerede omkostningsorienterede studieobjekter, hvor både kalkulation og produktionsforhold samt principelt også markedsforhold går hånd i hånd. De lovende »nye« forskningsområder ligger derfor - som forfatteren ser det - i disse grænseflader mellem tidligere ofte adskilte teorier.

Tidligere var hovedvægten for kalkulationen i den amerikanske litteratur lagt på omkostningskontrol via standarder. Mange sider i den traditionelle amerikansk lærebog er brugt på at forklare afvigelsesforskelle ned på decimalen og hvordan sådanne skulle behandles. Dette fordi internt regnskab ofte har været integreret med det eksterne regnskab eller har været baseret på virksomhedens bogholderisystem, jvf. også Kaplan (1983,84).

I den nuværende forskning indenfor produktionsområdet, synes formålet derimod med det interne regnskab i langt højere grad at være, at det skal være multi-beslutningsorienteret, hvorfor dette også bør have indbygget langt flere muligheder af selvstændige begreber og vurderinger. Endvidere synes det lange sigt at være det virksomhederne ønsker at tilgodese for produktkalkulation, blot med den nyance, at det lange sigt optræder hyppigere og hyppigere. Dette henleder igen opmærksomheden på problemerne med det stringente bidragsprincip kontra

4)Se f.eks. Ask & Ax (1992).

TABEL 1-2
FORSKNINGSPERSPEKTIV FOR KALKULATIONSOMRÅDET

Område	Tidligere Forskning	Nuværende og Forventet Forskning
Karakteristika (Kaplan 1993,1994) (Weber 1994)	Enkeltstående kvantitative forhold baseret på historiske data	Integrerede kvantitative og adfærdsmæssige forhold baseret på fremtidige forventninger
Omkostningsestimationer (Son 1991) (Weber 1994)	Hovedsaglig materielle forhold under produktseparate forhold	Flere immaterielle forhold, inklusiv kvalitet, fleksibilitet, procesegenskaber, substitution etc., i relation til adskillige produkttyper
Kalkulationssystemet (Horngren <i>et al</i> (1994) (Johnson 1991)	Ofte kun integreret med det eksterne regnskab og bogholderi.	Såvel integreret <i>som</i> et enkeltstående system baseret på egne specifikke omkostningsbegreber
Kalkulationsformål (Son 1991) (Sakuari 1989)	Omkostningskontrol for eksisterende produkter	Ex-ante vurdering for ukendte produkter med forskellige karakteristika
Beslutninger omkring kalkulationer (Frenckner & Samuelson 1984)	Få beslutningstagere inddraget på ét givet tidspunkt	Adskillige beslutningstagere på forskellige tidspunkter
Kalkulationsmodel (Frenckner & Samuelson 1984)	Optimeret bidragsmodel på kort sigt	Både bidrag- som fuldkostmodel på helt kort og lang sigt
Produktion (Frenckner & Samuelson 1984)	Få produkter på en maskine	Adskillige produkter i samme maskine eller system
Præcision i omkostningsberegningen (Kaplan 1995)	Simple divisions- og procenttillægsprincipper	Præcise beregninger via Reengineering, TQM, og vurdering af trade-off effekt
Teoriområdet (Son 1991)	Separat udviklet produktionsteori omkostningsteori og kalkulationsteori	Grænseflader og integrerede udviklede teorier med stykomkostninger som slutresultat
Forskningsretning (Kaplan 1993)	Analyse Research	Design Research

et full-cost princip. Meget af diskussionen for og imod disse to principper, bør i langt de fleste tilfælde ses i lyset af, at såvel teoretikere som praktikere ikke *eksplicit angiver formålene* for deres produktkalkulationsmodeller⁵⁾.

5)Udgangspunktet hos de økonomiske marginalister er ofte tæt relateret til et »rent« normativt modelperspektiv, og ofte i relation til klassisk optimering, jvf. f.eks. Varian (1984). I modsætning hertil har andre forskere, specielt i organisationsteori hævdet, at en virksomhed er rationel, *hvis den præcist kan angive sine grunde for dens handlinger*, jvf Gustafsson (1991).

1.3 Formål med Kalkulation

I denne afhandling er hovedvægten lagt på at kalkulationens udformning skal afspejle de forudsætninger som ligger bag produktionsprocesserne og produktionssystemets egenskaber, dvs. det fysiske flow og dets forskellige præstationsmål. Disse egenskaber kan også siges at være virksomhedens konkurrenceparametre eller kritiske nøglefaktorer, og udgør dermed virksomhedens vigtigste præstationsmål i produktionsområdet. Dette gælder f.eks. også kundetilpasning af produkter. At inddrage disse styringsparametre eller præstationsparametre i kalkulationsprincipperne gør også, at de beslutninger man træffer på grundlag heraf reelt også bør afspejler disse parametre.

Specielt er »make or buy« eller »in- and outsourcing« blevet vigtige på grund af den forøgede integration mellem kunde, underleverandør og virksomheden selv. Det er derfor også vigtigt, at man ved en »make or buy« situation så præcist som muligt, kender de forudsætninger hvorunder kalkulation er udformet. Det vil sige de marginale produktionsomkostninger som netop denne produktvariant, dette produktionsprogram eller denne beslutning forårsager.

En »make or buy« situation kan på mange måder - som en investeringsbeslutning - anses som en opgørelse af nutidsværdier for henholdsvis »købe udefra kontra at fremstille selv«. I en sådan situation vil også skatteeffekten kunne få en afgørende betydning for dette valg, hvis virksomheden samtidig skal investere i nye maskiner⁶.

En *omkostningsmodel* i denne afhandling, kan derfor siges at være udviklet under følgende kendetegn og forudsætninger:

- A) Et vist antal produkter eller produktvarianter som produceres ved samme maskine eller i samme produktionssystem. Dette betyder, at omkostningskalkulationen bør være sådan at de enkelte produktvarianter eller produktionsprogram kan omkostningsberignes med hver sit krav på ressourceforbrug.
- B) Det skal være muligt visuelt i kalkulationen at se, hvilke processer og teknologier der er anvendt til et givet produkt samt hvilke mulige forskellige proces-alternativer der findes, det hele opgjort i kroner og øre. Herved kan kalylen være med til at forbedre grundlaget for en given beslutning omkring valg af teknologi og processer.

⁶) Denne betragtningsmåde adskiller sig derfor fra den mere regnskabsmæssige betragtning, hvor man kun ser på de driftøkonomiske særomkostninger. Se Sellstedt (1994a) for en nærmere beskrivelse af, bl.a. skatteeffekten ved »make-or-buy«.

C) Kalkulationsmodellen gøres dermed total, dvs. indeholdende samtlige omkostninger fra produktionsprocessen. Dette synes også nødvendigt på grund af de adskillige variable, som ofte er relateret til hinanden i en given simuleringsmodel.

Ved såkaldte »high-tech« virksomheder er den største del af et produkts produktionssomkostninger ofte opstået på de konkrete omkostningssteder eller omkostningscentre, f.eks. ved en maskine eller gruppe af maskiner eller et produktionscenter. En ændring i det produktionsmæssige layout af maskinerne, f.eks. fra ordinær værkstedlayout til gruppeteknologi eller bestemte processer, vil som regel også betyde ændringer i omkostningsstrukturen, og bør derfor også indgå som forandringer i produktets omkostninger.

Sammenfatningsvis kan det konkluderes, at kalkulationen ved inddragelse af de ovenfor nævnte forhold, dels skulle blive mere fleksibel og mere differentieret, dels kommer til at indeholde alle vigtige og ofte nødvendige beslutningsorienterede informationer som en virksomheder med MPU søger efter. Informationsteknologien åbner op for at udforme kravene til kalkulationen på en helt anden måde end tidligere, hvorfor også denne mulighed bør benyttes i kalkulationssammenhænge.

1.4 Formål og Afgrænsning af Dette Studie

Det teoretiske hovedudgangspunkt og grundlaget for denne afhandling er det vesttyske og amerikanske udgangspunkt med dertil hørende teorigrundlag. Dette fordi, at hele kalkulationsspørgsmålet altid har haft en fremtrædende plads i den tyske teori og fordi kalkulationsproblematikken i de sidste år også har fået en fremtrædende plads i den amerikanske »cost management« litteratur, specielt i forbindelse med ABC og ABM-princippernes fremkomst.

Det skal imidlertid straks pointeres, at formålet her *ikke* er at gøre en dybtgående teoretisk vurdering eller videreudviklinger af ABC-modellen⁷⁾. Det er dog samtidigt klart, at man ikke kan undgå at tænke på ABC-princippet i relation til de omkostningsmodeller som skitseres her, idet ABC har været og stadig bliver diskuteret intenst⁸⁾.

7) Der er også forskellig udlægning af om ABC skal blot anses for at være nyt »fordlingsprincip«, en »samlet model« eller ligefrem en ledelsesfilosofi. Her betragtes ABC som en omkostningsmodel, som var den oprindelige tanke bag ABC.

8) Den grundlæggende tanke i ABC er heller ikke ny. Således har amerikaneren Staubus (1971) i sin bog »*Activity Costing and Input-Output Accounting*«, ligesom som svenskeren, Törnkvist i 1920'erne allerede været inde på samme tanker som Robert S. Kaplan har været offentlig fortaler for siden midten af 80'erne. ABC blev også allerede berørt af Itami og Kaplan i en artikel med titlen, »*An Activity Analysis Approach to Unit Costing With Multiple Interactive Products*« fra 1980.

Nedenfor er skitseret formålet for denne afhandling.

Hovedformålet med denne afhandling er, at studere produktkalkulationens udformning i virksomheder med moderne produktionsudstyr samt at kunne bidrage med kundskab om i hvilken henseende og i hvilket omfang, traditionel kalkulationsteori behøver at blive komplementeret for virksomheder som anvender moderne produktionsudstyr. Specielt studeres hvordan kalkulationsudformningen adskiller sig fra hinanden under to forskellige produktionsformer nærmere betegnet, FMS (Flexible Manufacturing System) og FAL (Flexible Assembly Line). Det vises endvidere, hvordan en stokastisk simuleringsmodel kan bidrage med kundskab om typen og mængden af de forskellige ressourcer som opstår under et FMS-system, og hvilken effekt stokastikken har bl.a. på stykomkostningerne.

Formålet er således - med udgangspunkt i den ene case - at få et indblik i hvordan produktionen de facto foregår i et integreret produktionssystem og at lade disse forhold indgå i en konstrueret kalkulationsmodel. Inddragelse af produktionsudstyrets egenskaber og muligheder kombineret med en tidsstørrelse som en afgørende cost driver i forhold til faktorforbruget under stokastiske forudsætninger, har ikke været diskuteret synderligt i kalkulationslitteraturen. Problemet her er fællesomkostningernes tilregning til de forskelligartede produktvarianter der produceres i samme produktionsanlæg på samme tid. For at få varianternes forskellige ressourcetræk vurderet anvendes her en stokastisk simuleringsmodel. Hovedformålet er således lagt på en produktionsorienteret omkostningskalkulation.

Formålet er således også, at få analyseret de i teorien eksisterende kalkulationsmodellers forudsætninger og hvilke forslag der eksisterer i regnskabslitteraturen og kalkulationslitteraturen for inddragelse af forudsætningerne for MPU. Herunder bl.a., at få konkretiseret og defineret forskellige relevante variable og parametre, som har været diskuteret i litteraturen.

Forudsætningen er her, at kalkulationsmodellen - på samme måde som ABC-princippet - betragtes som et »stand-alone-system«, hvis formål det er at kunne give information om et produkts omkostninger på forskellige trin i processen og under forskellige forudsætninger, f.eks. udnyttelsen af kapaciteten, omkostningsfordelingsprincip, typen af cost drivers og antal cost pools. Er kalkulationen *ikke fritstående*, er denne indbygget i det interne regnskab på samme måde som andre dele, f.eks. som omkostningsstedernes indplacering. Af andre fritstående kalkulationssystemer kan f.eks. nævnes den såkaldte CAC-model (Computer Aided Costing),

jvf. Nielsen (1989), hvorimod det tyske »Flexible Plankostensystem« udviklet af tyskeren Wolfgang Kilger (1985) er et eksempel på et integreret system, hvor kalkylen er en systemkomponent af hele det interne system.

Med »stand-alone« menes her også, at systemet ikke behøver at være baseret på samme principper og forudsætninger som andre interne eller eksterne økonomistyringssystemer, f.eks. virksomhedens bogholderi. I et »fritstående system« er man derfor uafhængig af, om de konkrete informationer findes i det interne regnskab eller ikke, ligesom som man også kan inddrage mere eller mindre fiktive og kvalitative omkostningsarter, f.eks. en »produktkalkylrente« eller alternativomkostninger. Sidste punkt er det som ofte gøres i en simulerings-approach, jvf. Son (1992).

Med en sådan model i hånden kan virksomheden også foretage forskellige analyser ud fra forudvalgte variable og parametre som afspejler kvantitative eller kvalitative forhold. Det kunne f.eks. være, at man ud fra en given markedspris kunne tilrettelægge produktionsprocessen - f.eks. via valget af en bestemt teknologi - på en sådan måde, at man kunne fremstille til en bestemt produktionspris - såkaldte »target costs«. Dermed bliver der også være mulighed for at vurdere forskellige produkters omkostninger og lønsomhed under forudsætning af, at man f.eks. producere flere produkter på samme anlæg eller hver for sig. Dermed kan man undersøge, hvilken afsmitningseffekt dette har på det enkelte produkt, hvis man ændre f.eks. volumen af et andet produkt som indgår i samme produktionsprogram.

Resultatet af de forskellige simuleringsresultater kan herefter sammenlignet med virksomhedens egen model eller kalkulationsresultater, hvorefter der kan gøres en analyse af evt. forskelle. En virksomhed må dog, for at få et helhedsbillede, både vurdere omkostninger og indtægter. Her ses imidlertid kun på omkostningssiden, selvom det kunne være mindst lige så interessant og vigtigt at se på indtægtssiden⁹⁾.

Der inddrages således ikke afsætningsmæssige forhold i forbindelse med overvejelserne omkring udformingen af en given kalkulation, ligesom skattens eller inflationens virkning heller ikke inddrages her.

1.4.1 En Simuleret Omkostningsmodel

Mulighederne ved anvendelse af en simuleringsmodel i forbindelse med kalkulation er bl.a.,

- at være i stand til at gøre »fremadrettede omkostningsberegninger i real-tid«,

9) I tysk og svensk teori betones dette netop ved, at der tales om omkostnings- og indtægtsregnskaber (*Kosten- und Erlösrechnung, eller kostnads/intäktsanalys*).

- at være i stand til præcist at forsyne beslutningstagere med omkostningsinformation baseret på anvendelsen af forskellige ressourcetyper,
- at være i stand til bedre at kunne forstå og få indsigt i hvordan forskellige processer er relateret til hinanden, separat eller simultant og hvordan dette påvirker stykomkostningerne samt
- at være i stand til at integrere et omkostningsregnskab med andre produktionsmæssige systemer på et meget tidligt trin af et produkts livsforløb.

Derimod skal OmkostningsSimuleringsModellen (OSM) ikke nødvendigvis erstatte andre mere traditionelle kalkulationsmodeller, som f.eks. en bidragsmodel eller en ABC/ABM-model. Tværtimod bør OSM ses som *et komplement til de eksisterende* kalkulationsmodeller hvor det tidsmæssige aspekt i produktionsprocessen anses som en *dynamisk cost driver*, og hvor omkostningsberegningen kan udføres i tæt relation til produktionsprocessen.

På tilsvarende måde kan simulering anvendes, både for strategiske-, for ressourcemæssige-, og for operative beslutninger, jvf. Arwidi (1974). Der er dog væsentlig forskel i indholdet mellem de forskellige struktur- og proceskarakteristika for modellen på de tre niveauer afhængig af, hvor modellen skal anvendes, jvf. også Arwidi (1974).

At der er behov for mere *præcise kalkulationer* understreges også af Kaplan (1995), som siger:

»The new competitive environment demands much more accurate cost and performance information on the organization's activities, processes, products, services, and customers. The cost information is needed to do the following:...Signal where either continuous or discontinuous (reengineering) improvements in quality, efficiency, and speed are needed;...Guide product mix decisions«(Kaplan 1995,p 6).

En OSM kan også give information omkring adfærden af den faktiske produktionsproces, spore processen i realtid og estimere såvel de materielle som ikke materielle forhold over i fremtidige omkostningstermer.

1.4.2 ABC-Princippet

Med den intense diskussion omkring ABC-modellen eller rettere ABC-princippet, kunne man spørge, hvorfor ikke blot anvende disse principper videre over i en process-orienteret kalkulationsmodel? Hertil skal blot gøres to konstateringer.

Første konstatering er, at den oprindelig ABC-model på mange måder er bygget op efter helt de samme forudsætninger og principper som det tyske fleksible grænseomkostnings- og bidragsregnskabssystem baseret på standarder (*Flexible Plankostenrechnung und Deckungsbeitragsrechnung*) udviklet af Plaut & Kilger i 60'erne. Dette gælder både med hensyn til omkostningsvariationen, udformningen af homogene cost pools, opdeling i aktiviteter, valg af forskellige typer af cost drivers samt proportionalitetsforudsætningen mellem aktivitet og cost driver. På samme måde gør også Frenckner (1991) opmærksom på via udtrykket »intet nyt under solen«, at der ikke er noget fundamentalt nyt i ABC i sammenligning med svensk kalkulationspraksis og henviser i øvrigt til, at mange punkter i ABC kendes igen fra kritikken mod EP (Enhetliga principer för självkostberäkningar) fra 30'erne. Samme betragtning har også Olve (1990).

Også i ABC princippet anvendes principielt en *klassisk divisionskalkulation* når omkostningerne for en aktivitet skal findes. Dette gøres som i mange andre modeller, blot ved at samle omkostningerne for en aktivitet eller et aktivitetscenter og dividere med størrelsen af cost driveren. Dermed bliver også ABC i sidste trin i princippet en traditionel divisionskalkulation.

Anden konstatering er, - som det også vil fremgå af kapitel 2 - at også den »nyere udvikling af ABC« hvor omkostningsvariationen fortolkes i relation til fire forskellige niveauer (unit, batch, product, and facility) har kunnet iagttages hos Agte og Mellerowicz i slutningen af 50'erne i deres trinvis opbygning af en omkostningsmodel (*Stufenweisen Fixkostenrechnung*). Dog går Agte og Mellerowicz længere, idet disse går helt ned på stykniveau (*Fixkostendeckungsrechnung als Deckungsbeitragsrechnung mit Vollkosten*). Så også denne »nyere udvikling« kan næppe karakteriseres som en forskningsmæssig nyhed. Tilsvarende trinvis opgørelse af omkostninger og ressourcer har også været skitseret hos Heinen (1985) i 60'erne i Tyskland også kaldet »Produktionsfunktion Type C«. Her opdeler Heinen i »Primäre, Sekundäre und Tertiäre Elementarkombinationen«.

Det skal dog også retvist siges, at der trods alt er visse specifikke forskelle, ligesom der også er en del »positive« forhold omkring ABC-princippet i forhold til de tidligere traditionelle amerikanske full-cost modeller¹⁰⁾.

10) Der har igennem årene været forskellige varianter af den oprindelig kalkulationsmodel. Første model af ABC og ABM havde focus på en enheds-stykkalkulation baseret på full-cost princippet, hvor ABC fokuserede på det operationelle niveau, og hvor ABM fokuserede på det strategiske niveau. Næste trin var en form for lønsomhedshieraki byggende på en form for bidragstankegang, også kaldet Activity-Based-Profit-Analysis (ABPA). Næsten trin blev focus sat på forskellen mellem »spending og usage« i relation til kapaciteten.

ABC har dog til en vis grad været praktiseret omkring MPU, jvf. også Ostrenga *et al* (1992). Her skal kort nævnes fire grunde til hvorfor ABC ikke synes hensigtsmæssigt i dette studie¹¹.

Første grund er, at fra den oprindelige ABC-tanke har ABC eller ABM aldrig været tænkt til at skulle være en »præcis omkostningsberegningmodel« baseret på forudsætningerne fra produktionsprocessen. Eller som Kaplan (1992,p 58) pointerer, »*Activity-based cost management is not an accounting exercise*«. Og senere, »... *we could just as easily refer to ABC as a production system, a marketing or sales system, or an engineering system*«. Kaplan og sammen med ham mange andre har også pointeret at ABC/ABM derimod kan anses som en »attention-getting mechanism« på dansk kaldt »inspirationsanalyse«, ikke som en kalkulationsmodel. Yderligere opdeler Cooper & Kaplan i to forskellige systemer (1991b,p 398f), et til strategiske beslutninger omkring produkter og processer, og et til operative beslutninger, dvs. præcise korttidsbeslutninger og feedback. Til den første type af beslutninger anbefales en ABC/ABM model og til den anden type beslutninger anbefales et operationelt styrings- og præstationssystem. .

ABC-systemet er beregnet til mere strategiske opgaver. Her nævner Cooper & Kaplan (1991b,pp 267ff) bl.a. alle forhold som har med kunder, design, produktrentabilitet og det totale produktmix at gøre på længere sigt. En stor del af disse er uinteressant i denne studie.

Den anden grund er, at ABC er baseret på et traditionelt princip om »en stationær proces«, hvilket betyder at alle omkostninger såvel i første som i andet eller sidste trin, blot bliver gennemsnitsstørrelser eller proportionale omkostninger i forhold til den valgte cost driver. *Der gøres ingen eksplicit tilpasning til produktionsprocessen* i omkostningerne hvilket betyder, at ABC normalt ikke fanger præcisionen af en »tidsværdi« som cost driver, f.eks. ventetid, spildtid, loadingtid, monterings- og tidsaspektet er normalt indirekte defineret gennem en »cost driver« f.eks. testtid. Dette er også accepteret af Kaplan (1992,p 61) som siger, »...*ABC systems do not provide direct measures of quality and process times*...«.

I princippet ville et produkt som kalkuleres efter ABC, f.eks. for en time i en produktionsafdeling, have præcis 50% af de omkostninger som et andet produkt der anvender to produktionstimer i samme produktionsafdeling, hvis »antal timer« anvendes som »cost driver«. Dvs. anvendelsen af ABC i en produktionsproces tager ikke hensyn til differencerne i den valgte cost driver eller til fordelene ved at kunne reducere gennemløbstid eller ventetid. For at kunne

11)En mere omfattende analyse af ABC-princippet samt af andre kalkulationsmodeller, er gjort af forfatteren i et udkast til manuskript omkring en sammenligning mellem, svenske, tyske, amerikanske og japanske kalkulationsmodeller. (Nielsen 1996).

12)Produktionsmodeller og omkostningsmodeller af tyskerne Gutenberg og Heinen er eksempler på modeller hvor disse tilpasninger er indbygget.

gøre dette, bør omkostningskalkulationen baseres på tilpasning til et »real-time-view« eller på ex-ante basis. Ses yderligere på et samlet produktionssystem bør der også tages hensyn til det stokastiske element i omkostningerne hvis produktionen er stokastisk. Dette på grund af at tiden ofte anses som den mest betydningsfulde »cost driver« under MPU, når en virksomhed søger efter forbedringer i produktionsprocessen.

Den tredje grund er, at ofte konkurrerer flere produkttyper om samme proces eller ressource. Derfor afhænger omkostningerne for et produkt ikke alene af ressourcerne for dette produkt, men også af hvordan ressourcerne anvendes for andre komplementerende produkter produceret i samme produktionssystem, ved samme maskine eller i samme produktionsprogram. Dette multiorienterede produktions- og omkostningsproblem har også været fremhævet i teorien. F.eks. hos Itami og Kaplan (1980) som siger, at en gennemsnitsbetragtning for omkostningerne i komplekse produktionsomgivelser sandsynligvis er den eneste mulige og dermed bedste måde at kalkulere på, når det drejer sig om at forskellige produktvarianter produceres i samme anlæg. Dette problem er nært beslægtet med forenetproduktion og de dermed påløbne fællesomkostninger.

Den fjerde grund er, at selvom om »opportunity cost concept« har været nævnt i forbindelse med ABC/ABM f.eks. hos Cooper & Kaplan (1991b,p 276), har det endnu ikke været anvendt i forbindelse med kalkulation eller i forbindelse med beregning af omkostninger for ikke-udnyttet kapacitet. En opportunitetsomkostning kan defineres som; »the net benefit that would be received if the asset were utilized in its best alternative use«, jvf. Dopuch et al (1974,p 31). En opportunitetsomkostning er mere eller mindre synonym med begrebet »alternativomkostning«.

Omkostnings- og regnskabsfolk kender til »opportunity cost« begrebet, men har sjældent anvendt begrebet eller rettere tankegangen konkret i produktkalkylesammenhæng¹³⁾. *Kapitalomkostninger* måles i teorien enten som en alternativomkostning eller som summen af de kalkulationsmæssige afskrivninger og renter. Da de teoretiske alternativ omkostninger i langt de fleste multi-produkt-situationer ikke umiddelbart kan findes, anses i praksis ofte afskrivning og rente som en *approximation eller som et surogat* til de *teoretiske alternativomkostninger*, jvf. også Frenckner & Samuelson (1984,p 280f).

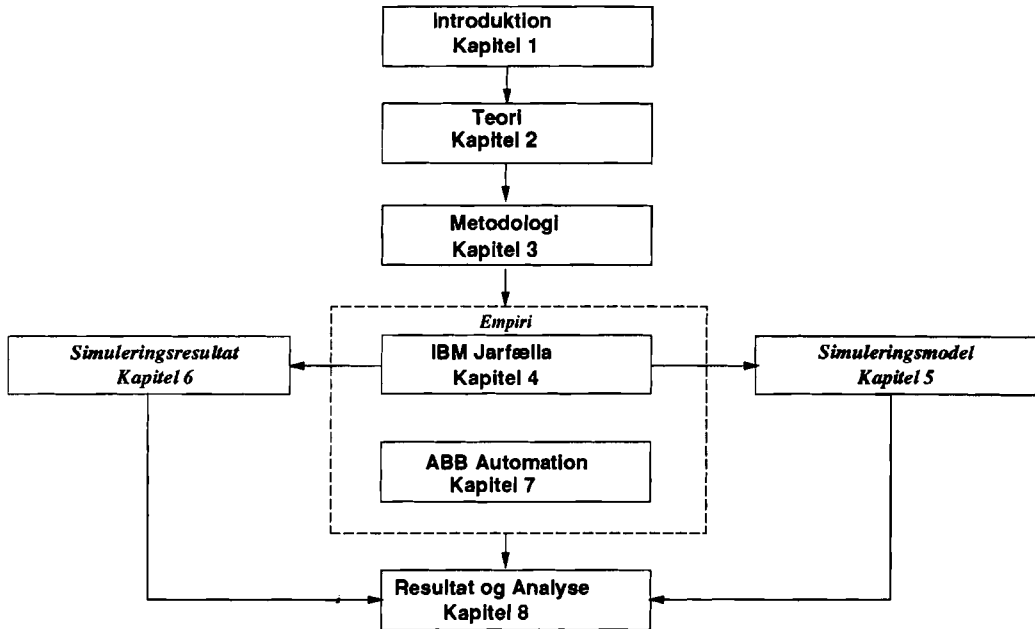
Endelig bør det også påpeges at ABC/ABM ikke i sig selv garanterer »*that the firm will achieve global competitiveness and long-term profitability*« som Johnson (1991) skriver. ABC/ABM er (måske) en nødvendighed - men ikke en tilstrækkelig betingelse for at sikre, at virksomheden optimerer kundetilfredsheden.

13)Et eksempel herpå er hos forfatterne Hans-Herman Böhm & Friedrich Wille (1974) i deres bog »*Deckungsbeitragsrechnung, Grenzpreisrechnung und Optimierung*«. Tankegangen har dog aldrig fået nogen væsentlig udbredelse i tysk praksis.

1.5 Konkluderende Kommentarer samt Disposition for Afhandlingen

Dispositionen af denne afhandling er vist i nedenstående figur 1-1.

FIGUR 1-1
AFHANDLINGENS OPBYGNING



I kapitel 2 er forsøgt at give en vis »self-contained« fremstilling af afhandlingens forsknings- og teoriområde. Tre mere eller mindre sammenhængende nøgleområder er her, kalkulation, forudsætningerne for MPU samt stokstikkens betydning. Det er forsøgt udelukkende at henholde sig til kalkulationsproblematikken. Men dette er i realiteten en svær opgave, fordi begrebet »kalkulation« i realiteten er et resultat af mange forudgående enkelt-områder og disses forudsætninger. Kun ved at kende disse enkelte områder i detaljer, kan en given kalkulationsmodel analyseres i relation til andre kalkulationsmodeller og til en given empiri. En andet ting som også er vigtigt i analyseøjemed er at kunne operere med et konsistent begrebsapparat. Dette er forsøgt såvel for teoriens som for empiriens vedkommende.

Det skal allerede nu fremholdes, at alle kalkulationsmodeller og kalkulationsprincipper altid bør vurderes i relation til *hvilket formål* disse er udformet til at skulle opfylde. Alene at betragte et givet kalkulationsprincip som godt eller dårligt giver ingen logik, hvis man ikke

samtidig har pointeret hvad kalkylen skal anvendes til. Valg af en hovedmodel - f.eks. en bidragsmodel kontra en full-cost model - eller valg af fordelingsprincip - f.eks. et ABC-princip kontra »almindelig procenttilægskalkyler« - kan derfor heller ikke isoleret siges at være bedre eller dårligere end en andre modeller eller andre principper, hvis der ikke samtidig eksplicit angives det formål man ønsker at vurdere disse ud fra, og dermed under hvilke betingelser disse skal fungere. F.eks. tilfredsstiller en traditionel »ét trins procenttillægskalkulation« måske fuldt ud formålet med lageropgørelsen i det eksterne regnskab, men er sandsynligvis utilstrækkelig til styring af ressourceforbruget på kort sigt.

For at kunne gøre en sammenligning og en komplementering til den eksisterende teori på området, er der i kapitel 2 også udvalgt de produktionsformer som kommer tættest på de to case-virksomheders produktionsforudsætninger. Der findes relativt megen teori generelt omkring kalkulation, hvorfor en taksonomi i relation til produktionens kendetegn er vigtig hvis der skal nås et resultat. Dette er en af de læresætninger forfatteren til denne afhandling har lært sig. En anden vigtig typologisering er opdelingen i traditionelle og deterministiske kalkulationsmodeller sammenholdt med stokastiske kalkulationsmodeller.

For at tilgodese de ovenfor nævnte forhold er forsøgt at indkredse hvilke svagheder de eksisterende kalkulationsprincipper har i relation til MPU og hvilke forhold der er interessant for virksomheder med MPU i forbindelse med kalkulationsområdet. Disse svagheder er videre søgt inddraget i den udviklede simuleringsmodel i kapitel 5.

I kapitel 3, er den overliggende og grundliggende forskningsmetodologi diskuteret inklusiv computersimulering. Samtidig er der redegjort for hvilket grundlæggende metodesyn der lægges på de empiriske resultater sammenholdt med teorien. Her er dels redegjort for det overliggende forskningsparadigme, dels den metodologi som hidtil har været anvendt indenfor internt regnskab, dels hvordan mine data opfylder de mere klassiske forskningskrav. Valg af det overliggende forskningssyn, kan som bekendt være en afgørende faktor for de resultater man får frem, og hvilken teori der skal sammenlignes med på området.

Når simulering anvendes som forskningsmetode opstår også problemet omkring verifikation, dvs. om den virkelighed der er transformeret over i simuleringsmodellen også svarer til den konkrete virkelighed med tilstrækkelig præcision. Altså om man har bygget modellen rigtigt. Validitet indgår også, dvs. om modellen indenfor dens anvendelsesområde opføre sig tilstrækkelig præcist og i overensstemmelse med de studerede objekter. Altså spørgsmålet om at bygge den rigtige model.

Kapitel 4 og kapitel 7 indeholder en beskrivelsesanalyse af de to virksomheder som dermed danner det empiriske grundlag for afhandlingen. Begge disse virksomheders produktionsforudsætninger og omkostningsforhold er beskrevet for udvalgte områder i produktionen.

Der er tilstræbt en ensartet beskrivelsesanalyse hvor dette har været muligt. Virksomhederne er dog så forskellige såvel på produktionsområdet som på kalkulationsområdet, at dette ikke har kunnet fastholdes permanent. På et mere detaljeret niveau er vægten derimod lagt på forskellige forhold som igen bevirker et forskellige indhold.

Kapitel 5 redegør for simuleringsmodellen som denne også er afspejlet i det pågældende simuleringsprogram. Modellen og dens forudsætninger beskrives detaljeret for samtlige resourcer og omkostningstyper der indgår. Modellen er opbygget af forskellige moduler som svarer til opbygningen af selve GPSS-programmet. Kapitlet beskriver også visse teoretiske forudsætninger for valg af sandsynlighedsmodel samt grunde til at anvende simulering i forbindelse med kalkulation. OSM består af tre cost pools og tre cost drivers.

I kapitel 5 er vægten lagt på så præcist som muligt at udforme en omkostningsfordelingsmodel som i så stor udstrækning som mulig hviler på de konkrete produktionsmæssige forudsætninger og processers egenskaber. Formålet med at anvende en stokastisk og dynamisk simuleringsmodel er dels, at kunne måle *produktionsvariationens* eller stokastikkens omkostningsmæssige betydning for en konkret produktkalkulation, dels at kunne få data frem over tiden i takt med det fysiske flow i produktionen.

Omkostningsmodellen her afspejler derfor *ikke* den klassiske årsag-virkningsrelation til omkostningerne eller rettere udgifterne, dvs. særomkostningerne.

Kapitel 6 indeholder samtlige resultater af de forskellige simuleringstest der er foretaget med udgangspunkt i OSM, som denne blev beskrevet i kapitel 5. Her er valgt at teste IBMJ's oprindelige anlægsdimension, en simultan udvidelse for begge emnetyper under den givne anlægsdimension samt en test af en kapacitetsudvidelse på den maskine hvor der opstår kapacitetsproblemer. Endelig er »skævheden« i Erlangfordelingen testet for at se den omkostningsmæssige effekt af de stokastiske forudsætninger.

Outputtet fra simuleringen udgøres her principelt af to forskellige former, dels reale størrelser i form af produktionsdata, dels af nominelle størrelser i form af kroner og øre, som er beregnet via forskellige algoritmer i programmet.

I *kapitel 7* gøres en detaljeret beskrivelse af AUT's produktionsproces og kalkylemodel. Denne beskrivelsesanalyse fremstår som et selvstændigt bidrag, uden simulering. Resultatet heraf vil i kapitel 8 blive sammenlignet med den eksisterende kalkyleteori på området sammen med resultaterne fra kapitel 6.

I *kapitel 8* er resultaterne fra kapitel 4, 6 og 7 videre diskuteret og sammenholdt med den teori der er gennemgået i kapitel 2. Der bliver således argumenteret for, at virksomheder med

MPU herunder varieret produktion og produktion af flere produktvarianter i samme system, *får mere information ud af at gøre en simultan og en procesorienteret produktkalkulation end en traditionel statisk kalkyle*, idet førstnævnte giver langt flere omkostningsinformationer.

Endvidere afrundes det hele i kapitel 8, og der angives nogle perspektiver og eksempler på *udvalgte forskningsområder* der kan udledes af denne afhandling. I kapitel 8 er også gjort en engelsk summary omkring de vigtigste forhold i afhandlingen.

Endelig skal nævnes at vægten i denne afhandling er lagt på begrebet *»omkostningskalkulation«*. Dette for at fremhæve vigtigheden af selve omkostningsberegningens delen i en kalkulation ud fra produktionens egenskaber, hvilket ikke har været diskuteret specielt meget i den traditionelle teori. Eller som sagt af Frenckner og Samuelson (1984,p 30) *»egentlig litteratur for omkostningsberegning lader vente på sig«*.

Envidere anvendes også begreberne *»cost driver«* og *»activity«* istedet for de ældre betegnelser fordelingsnøgle eller fordelingsbase. Derimod kan det konstateres at begreberne *»absorption costing«* og *»full-cost«* *ikke er synonymer*, idet førstnævnte i amerikansk litteratur stort set kun forbindes med fordeling af produktets indirekte omkostninger i forbindelse med *»cost of goods sold«* og *»inventory costing«* til det eksterne regnskab, hvorimod full-cost ofte dækker over kalkulationsprincipper indeholdende også salgs- og administrationsomkostningerne.

2 TEORI OMKRING PRODUKTION OG KALKULATION

Formålet med dette kapitel er:

- at definere og klargøre visse centrale begreber,
- at kortlægge evt. specifikke forhold der måtte være knyttet til produktionsforholdene ved MPU og som der på nuværende tidspunkt ikke er taget højde for i de gennemgåede kalkylemodeller, men som har betydning i forbindelse med udformningen af en fremtidig kalkylemodel for MPU,
- at analysere de eksisterende kalkulationsmodeller samt
- at påpege hvilke krav der bør stilles til en videre udvikling af stokastiske og til dels deterministiske kalkulationsmodeller.

Det er således hensigten at inddrage forhold og forudsætninger, som relaterer til de specifikke produktionsforhold hvorunder de to case-virksomheder kan henføres, og som har væsentlig betydning for udvikling af en kalkulationsmodel.

Disse specifikke egenskaber skal så gøre det muligt at være i stand til at udfinde en mere relevant kalkulationsmodel. I den traditionelle kalkyleteori, dvs. de modeller som forbindes med den traditionelle regnskabsteori, er MPU ofte blot blevet betragtet som ét samlet begreb uden nogen større specifikation af hvordan de enkelte dele af MPU påvirker en given kalkulationsmodel.

2.1 Introduktion

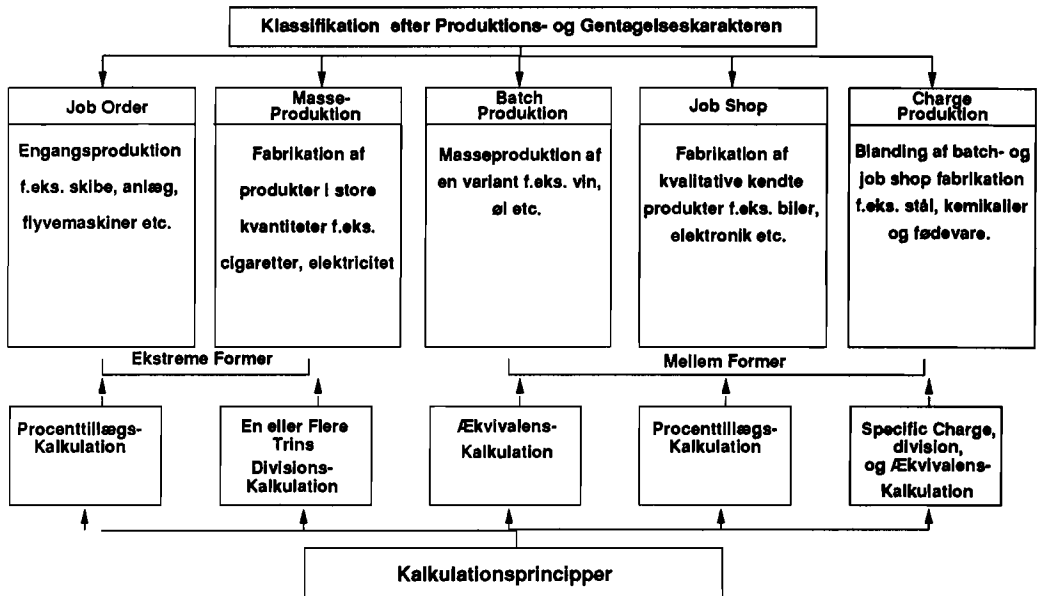
Nedenfor er med udgangspunkt i såvel produktionsteorien som i regnskabsteorien samlet forskellige »omkostningsprincipper« som ofte er knyttet sammen med de forskellige produktions- og produkttypologier. Formålet er blot at vise, at der eksisterer forskellige teorier og tanker om hvordan kalkylemodellerne bør tilpasse sig virksomhedens produktionsforhold. Dette kan også sammenholdes med i hvilken retning kalkylerne kan udvikle sig.

Figur 2-1 er udarbejdet med udgangspunkt i den tyske klassifikation, nærmere betegnet af Blohm *et al* (1987,p 208), Kilger (1986a,p 29ff) samt af Schweitzer & Küpper (1986,p 235). Produktionsklassifikationen er foretaget efter gentagelseskaraktern af produktet eller en given produktionsydelse.

Der skal også gøres opmærksom på, at i amerikansk litteratur anvendes en anden klassifikation. Her opdeles efter processtrukturen, f.eks. i projekt (enkeltstyk-produktion), job-shop (få styks-produktion), batch (få styks eller satsvis bearbejdning), monteringslinie-produktion (løbende bånd) samt i procesfremstilling (flydende fremstilling), jvf. Evans *al* (1990,p 311f)¹⁾.

1) Hos Hayes & Wheelwright (1979) findes en tilsvarende klassifikation blot efter »process life cycle stage« eller efter hvor flydende produktionen foregår. Her opdeles i jumbled flow (job shop), disconnected line flow (batch), connected line flow (assembly line) samt continuous flow. Som det kan ses er batch et afbrudt eller satsvis flow imodsatning til flydende flow. I økonomistyringsprogrammet SAP/R3 anvendes blot betegnelsen make-to-order, make-to-stock samt proces manufacturing, jvf. SAP Controlling Product Cost Accounting II (1994).

FIGUR 2-1
SAMMENHÆNGEN MELLEM
PRODUKTIONENS GENTAGELSESKARAKTER OG KALKULATIONSPRINCIP



På samme måde kan de forskellige kalkulationsprincipper tilregnes andre klassifikationer, f.eks. efter den anvendte teknologi eller kontinuiteten fra produktionsprocessen.

De eksisterer idag således tre hovedfordelingsprincipper for fælles/forenede, faste eller indirekte omkostninger i en full-cost model, i) procenttillægsprincip, ii) divisionsprincip samt et iii) ækvivalensprincip. Disse principper kan også kombineres. F.eks. består den nuværende fordelingsform i ABC-princippet både af et divisions- som et procenttillægsprincip. I ABC-princippet anvendes divisionsmetoden ofte i produktionsområdet hvor man dividerer det samlede cost pool for et givent antal aktivitet med størrelsen af den valgte cost driver eller fordelingsnøgle, hvorimod procenttillægsprincippet ofte anvendes når visse administrationsomkostninger tilregnes produkterne. Der er således principielt ingen nye henførringsprincipper eller fordelingsmetoder i ABC eller ABM selvom det ofte fremhæves, at man i ABC ikke fordeler eller allokerer men tilregner omkostningerne efter et årsagsprincip!

De to ekstremer ordreproduktion og masseproduktion er dem man ofte fandt i tidligere amerikanske lærebøger i regnskabsvæsen, f.eks. hos Horngren & Foster (1987) eller Dopuch *et al* (1974). Ved *serie eller batchproduktion* forstås produktion af mindre serier af samme produkt. Dvs. der sker en jævnlig omstilling af maskiner og anlæg, ofte med samme tidsmæssige afstande mellem de enkelte batch og de enkelte operationssekvenser. Ofte kaldes denne type for »vekslende masseproduktion«. Forskellen over til »ren« masseproduktion bør ses både i

forhold til materialetyper, maskiner, setups og produktionslayout i værkstedet. Typiske eksempler ved batch-produktion kan være bøger, konfektion, glas, porcelæn, vin, papirprodukter samt produkter fra bryggerier. I forhold til ren masseproduktion forøges setups og forskellighederne i hvert batch ofte de pågældende stykomkostninger.

Ved *job shop* forstås en produktionsproces som udviser forskellighed såvel i processerne som i ordrestørrelsen af hver produktion. Produkterne er kundeorienteret med setuptider og setupomkostninger. Produktionsprocessen af hver produktionsordre vil normalt følge forskellige sekvenser i operationerne. I modsætning til masseproduktion er job shop produktion også det man kalder »make-to-order-systems«, hvorimod masseproduktion normalt kaldes »make-to-stock-process«. Typiske eksempler er halvfabrikata ved automobilindustrien, elektronikindustrien eller montering af enkeltdele til kundeordre. Produktionen er ikke begrænset af maskines kapacitet (open capacity). Da denne type af produktion kræver højt kvalificeret arbejdskraft sammenholdt med mange forskellige typer af aktiviteter, er stykomkostningerne normalt højere her end for de andre former af produktion.

»Charge produktion« er karakteriseret ved høj produktionsvolumen og høj produktstandardisering. Her produceres samlet i bestemte mængder eller »chargen«. Mængden er begrænset i forhold til produktionskapaciteten (closed capacity). Grundproduktet er normalt det samme med hensyn til egenskaber, men forskellige med hensyn til kvalitet og udførsel. Da maskiner etc. ofte er højspecialiseret, er der kun ringe krav til at ændre maskinindstillinger, f.eks. ved setup og forholdsvis ringe krav til medarbejdernes faglige kvalifikationer. Generelt er stykomkostningerne forholdsvis lave. Eksempler her er også bryggerier, chokoladefabrikker, papirmasseindustrien samt produkter fra den kemiske industri²⁾.

Produktionsmetoden og produktionsprogrammet er sammen med formålet for kalkylen *de vigtigste indflydelsesfaktorer* for valg af en given kalkulationsmodel, jvf. Schweitzer & Küpper (1986,p 233). Den ovenfor viste klassificering af kalkylemodeller synes dog ikke at være gældende for MPU.

F.eks. skriver Burger (1992):

»Obwohl seit geraumer Zeit eine Verbindung zwischen der Produktions- und Kostentheorie einerseits und dem Kostenrechnungsmodell anderseits verlangt wird, fehlt bei den »neuen Ansätzen zur Stückkostenkalkulation« bei modernen Fertigungstechnologien dieser Brückenschlag« (Burger 1992,p 20).

På samme måde vil dette »Brückenschlag« hos Burger være afhængig af, om man ønsker en stringent bidragskalkulation eller en full-cost model, f.eks. det tidligere ABC-princip.

2)Se f.eks. også Kilger (1986a,pp 31ff).

Med andre ord, findes der i dag ikke i teorien nogen klassificering af MPU i relation til kalkulationsprincipperne på samme måde som dette var tilfældet tidligere, jvf. også figur 2-1. At opstille en sådan klassifikation vil sandsynligvis også være vanskeligt, da der nu er langt flere faktorer som udøver indflydelse på valget af produktionsform og kalkulationsmetoden. For det andet kan det også tænkes at kalkulationsmetoderne bliver et mix af de eksisterende kalkulationsprincipper, ABC og egen udviklede principper.

Dette kapitel er opdelt efter følgende principper. I afsnit 2.1.1 og afsnit 2.1.2 gøres en klassifikation af MPU i relation til de produktionsformer som er gældende hos de to case-virksomheder. For at kunne bedømme kalkylerne er videre i afsnit 2.1.3 diskuteret hvilke beslutningssituationer der har interesse under MPU. Den eksisterende teori starter i afsnit 2.2 med en gennemgang af fem amerikanske studier omkring MPU og kalkulation. Disse undersøgelser og studier er specielt udvalgt til at dække de produktionsforudsætninger, som også er gældende hos de to case-virksomheder i denne afhandling. For at anskueliggøre forskellen mellem den amerikanske tankegang og den tyske grundighed er i afsnit 2.3 medtaget yderligere to tyske studier, et studie omkring FMS og et studie omkring FAL. Endelig gøres i afsnit 2.4. en samlet vurdering af området, med henblik på, at fremkomme med bud på hvad den fremtidig forskning på området kunne indeholde.

2.1.1 Klassifikationen af Moderne Produktionsudstyr

MPU i denne afhandling blev allerede defineret i kapitel 1. Her skal blot tillægges et par enkelte facetter til begrebet. Generelt kan siges at MPU *giver mulighed for* at producere produkter med høj viden- og teknologiindhold ofte produkter med nye egenskaber, høj kvalitet og nye funktioner. Det nye ved MPU er anvendelse af informationsteknologien eller mikrochips indenfor bearbejdning, montering og styring, og dermed muligheden for at integrere disse teknologier.

Arrangementet af værktøj, robotter og maskiner kan udtrykkes i forskellige produktionskoncepter, sammensætningsmuligheder eller filosofier, f.eks. produktionscenter, produktionsceller, produktionssystemer, produktions- og monteringsøer eller transportsystemer eller linier, ligesom begrebet »fleksible« kan stilles foran hvert af disse begreber.

Desforuden, anvendes ofte det man kalder *DFM* (Design for Manufacturability), dvs. en filosofi som skal forbedre forståelsen hos designere for deres valg og udformning af et produkt for senere at gøre dette mere produktionsvenligt samtidig med, at dette også har økonomiske konsekvenser, jvf. Cooper & Kaplan (1991b,p 397). Det er ofte svært at udskille effekten af disse begreber separat, fordi virksomhederne ofte implementerer disse filosofier samtidig, eller opererer med en del af disse på samme tid.

Den klassifikation som er gjort med hensyn til *fleksibel bearbejdning*, kan også gøres med hensyn til *fleksibel montering*. Her kan der også være tale om FAC (*Flexible Assembly Cell*), FAS (*Flexible Assembly System*) eller FAL (*Flexible Assembly Line*). Et FAS består normalt

af to eller flere FAC'er. I fremtiden når teknologien udvikles tilstrækkeligt til også at omfatte vekselvirkningen mellem bearbejdning og assemblering, vil et FAS også blive en komponent af et fleksibelt bearbejdningssystem, f.eks. FMS. Dermed synes følgende kombinationer at være tilrådelighed:

- enkeltstående faste/fleksible automatiske maskiner,
- fleksible bearbejdnings/assemblerings-celler,
- fleksible bearbejdnings/assemblerings-systemer,
- fleksible bearbejdnings/assemblerings-linier samt
- fleksible bearbejdnings/assemblerings- og multiple linier.

Tilsvarende kan en robot programmeres til flere frie bevægelsesdimensioner og er derfor relativt fleksibel til f.eks. svejsning, lakering eller montering. Indenfor hver af disse findes igen forskellige typer af svejse- og monteringsrobotter. Endvidere kan robotten håndtere mange typer af emner såvel af størrelse som af udseende.

2.1.2 FMS-Systemer, FAS-Systemer og FAL-Linier

Nedenfor beskrives kort hvad et FMS-system normalt består af. FMS kan karakteriseres dels på,

- 1) hvilke anlægsenheder der indgår,
- 2) hvad formålet er med FMS-systemet og hvordan de enkelte anlægsenheder er placeret i værkstedet samt
- 3) hvilke produkter der produceres og hvordan produktionen foregår.

Et FMS-system indeholder normalt følgende komponenter, jvf. Browne *et al* (1985):

- bearbejdningenheder,
- et materiale-håndteringssystem,
- et lagerområde for VIA samt
- en fælles information- og styringscomputer.

Formålet med et FMS-system er, jvf. Stam & Kuula (1991).

»...is to make the production process as versatile or flexible as possible in terms of, among other things, an ability to produce a variety of products of different degrees of complexity, short delivery times, easily changed production volumes and batch sizes, and flexible production scheduling« (Stam & Kuula 1991, p 803).

Foster & Horngren (1988a) påpeger mere konkrete formål med et FMS-system som også kan ses i relation til virksomhedens økonomiske styring. Her nævnes fem formål,

- omkostningsmæssige grunde, f.eks. mindre lagre, reducerede lønudgifter, reducerede arealstørrelser, reducerede informations- og registreringsomkostninger,
- tidsmæssige grunde, f.eks. fra design og produktudvikling videre til produktion og

- videre frem til kunden,
- marketingsmæssige grunde, f.eks. kortere leveringstider, evnen til at bibeholde produktionen af lav-volume produkter,
- kvalitetsmæssige grunde, f.eks. høj kvalitet første gang samt
- teknologimæssige grunde, f.eks. anvendelsen af avanceret teknologi som ofte skaber eller vedligeholder en høj konkurrencemæssig fordel samt ønsket om at kunne eksperimentere med ny teknologi.

En vigtig del af FMS er MHS (Material-Handling System). MHS-systemer består samtidig af flere enheder. Et MHS søger at sikre en effektiv transport af hvert emne eller produkt mellem de enkelte maskinenheder i systemet.

Af andre vigtige forhold for FMS eller et samlet produktionssystem er begreberne setup, kapacitet og yield. Ifølge Browne *et al* (1985), kan setuptid defineres som:

»the time required for a machine tool to switch from one part type to another includes; cutting tool preparation time; part positioning and releasing time; and NC program changeover time« (Browne et al 1985, p 112).

Kapacitetsbegrebet ved MPU er ofte et sammensat og kompliceret begreb, idet der indgår adskillige variable og parametre til bestemmelse af, f.eks. den maksimale kapacitet for et samlet produktionssystem. F.eks. nævner Horngren & Foster (1991, pp 301ff) 4 begreber (theoretical-, practical-, normal-, and Master Budget Capacity), men gør samtidig også opmærksom på, at det afgørende er at fastsætte disse under realistiske forudsætninger.

Cooper & Kaplan (1992) giver også udtryk for hvor vigtigt det er, at få udskilt den ikke-udnyttede kapacitet i forbindelse med de faste eller indirekte ressourcer, således at virksomheden har mulighed for at tilrettelægge og styre denne kapacitet. Forfatterne foreskriver, at det ikke er nok blot at vise de ikke udnyttede ressource i reale størrelse, man bør i stedet vise disse i kroner og øre.

I tysk regnskabs- og produktionslitteratur diskuteres dette ofte langt mere detaljeret end i amerikansk litteratur og ofte i relation til produktkalkyleformålet. F.eks. nævner Plaut (1986) også begrebet »flaskehalsplanlægning« (Engpassplanung) som yderligere et kapacitetsbegreb. Idag er dette bedre kendt under navnet »the theory of constraints« (TOC) hvis fortæller specielt er Goldratt (1990).

Endvidere er kapacitetsfastlæggelsen og kapacitetsomkostningerne specielt vigtige i full-cost modeller, dels p.g.a. dets relative størrelse i forhold til de totale produktomkostninger, dels af hensyn til at skabe optimal udnyttelse eller mulighed for køb og salg af kapacitet udefra. Endvidere anses også den forøgede integration til underleverandører som et yderligere incitament til, at virksomhederne har relativ stor focus på kapacitetsbegrebet.

Begreberne antal defekte, korrekte eller »yield« er normalt knyttet til virksomhedens kvalitetsområde og kvalitetsbegreber. Dermed synes interessen også at koncentrere sig om kvalitetsomkostningerne (fejlomkostninger samt kvalitetsstyringsomkostninger). Disse udgør en væsentlig andel af et produkts totale omkostninger, alt afhængig af hvordan man definerer »kvalitet«.

Et kvalitetsmål eller yield under FMS kan, jvf. Foster & Horngren (1988a) beskrives som:

- »first-time through quality percentage« samt
- genbearbejdnings- eller kassationsprocenten og omkostningerne hertil.

Som nævnt tidligere er en af grunde til at investere i MPU herunder FMS eller FAS/L netop at kvalitetskravet og dermed yelden forøges, jvf. også Morse & Poston(1987).

MPU-produktionsomgivelser kan derfor kort siges at være karakteriseret ved følgende egenskaber,

- integration,
- fleksibilitet, og
- automatisering.

Samlet for disse tre begrebet medfører dette en vis kompleksitet.

Herudover kan også siges at focus sættes på hvilke specielle beslutningssituationer eller variable der er i centrum for et FMS-system.

Cooper & Kaplan (1992) har argumenteret for, at i teorien skulle produktomkostningerne i CIM-omgivelser for at producere ét hovedprodukt i 1.000 forskellige varianter principielt være det samme som at producere 1.000 forskellige varianter af ét styk. Dette kræver så at det samlede produktionssystem er 100% automatisk, både med hensyn til omstilling og værktøjsskift. Omkostningerne til at skulle udfærdige 1.000 forskellige NC-programmer, fortæller de to forfattere dog ikke noget om.

I kalkulationslitteraturen har - i modsætning til produktionslitteraturen - begrebet »fleksibilitet« ikke være behandlet særskilt meget, trods det faktum at fleksibiliteten spiller en helt central rolle under MPU når der henses til omkostningseffekten af dette eller dets sub-begreber i en konkret kalkyle³⁾.

3) Begrebet fleksibilitet kan defineres forskelligt ligesom begrebet også kan indeholde forskellige momenter. F.eks. definerer Slack (1989) fleksibilitet både som muligheden for at tilpasse produktionsudstyret til flere varianter eller større mængder også kaldet »*range flexibility*«, men også hvor hurtigt dette kan gå også kaldet »*response flexibility*«. Herudover opdeler Slack i *systemfleksibilitet*, dvs. den fleksibilitet der er indbygget i hele system samt i *resourcefleksibilitet*, dvs. den fleksibilitet der eksisterer ved hver enkelt ressource som indsættes.

2.1.3 Beslutningssituationer ved MPU

Spørgsmålet er, her hvilke typer af beslutningssituationer er typiske under MPU og simulering, når der ses såvel på produktionen som i relation til omkostningerne? Der kan som bekendt være tale om informationer på operativ, taktisk eller strategisk niveau. Dette gælder såvel de produktionsmæssige som de omkostningsmæssige forhold. Under den operative styring henregner Cooper & Kaplan (1991b, pp 200ff) bl.a. følgende forhold:

- styring af kvalitet. Dette foregår ofte på maskinniveau,
- styring af tider, herunder procestider, leadtider, ventetider, inspektionstider, setup-tider etc,
- udnyttelse af maskiner, dvs. styring af kapaciteten,
- styring af vekselvirkningen mellem VAA og NAA samt
- styring af effektivitet eller graden af målopfyldelse.

Til den operative styring anbefaler Cooper & Kaplan (1991b) anvendelsen af såvel ikke-finansielle nøgletal, dvs. præstationsnøgletal som finansielle nøgletal, dog med vægt på de ikke-finansielle nøgletal⁴⁾.

Sellstedt (1989) nævner forhold, som er interessante specielt i relation til en given stokastik i et produktionssystem. Dette kan f.eks. være,

- problemet med at visse ordre kommer i en vis »stokastisk orden«,
- den omkostningsmæssige betydning af at komme for tæt på kapacitetsgrænsen,
- variansens betydning for en given valgt sandsynlighedsfordeling i produktionsprocessen samt
- fordelen ved at virksomheden gør en vis »overinvestering« for at mindske VIA og de stokastiske variationer.

For at opnå den nødvendige ledige kapacitet og fleksibilitet kan det - hvis man ikke har den nødvendige fleksibilitet - være nødvendigt at afvise visse kundeordre, jvf. Sellstedt (1989).

En model f.eks. et FMS-system, kan opdeles i to modelkomponenter, de stationære modelkomponenter samt de dynamiske modelkomponenter, jvf. Scheer (1989, p 16). Til de *stationære modelkomponenter* kan henregnes følgende,

- antallet af pallerter, fikstur og konfigurationen af de individuelle maskinenheder,
- antallet af opspændingsstationer,
- antallet af bufferpladser samt
- dimensionen af transportsystemet.

4) Til de strategiske opgaver nævner Cooper & Kaplan (1991b, pp 267ff), bl.a. alle forhold som har med kunder, design, produktrentabilitet og produktmix at gøre. Disse synes delvis uinteressant i denne studie. Hertil anbefales et ABC-system.

For hver enkelte post eksisterer der adskillige muligheder. F.eks. kan et system anses som *lukket* eller *åben* afhængig af om antallet af paletter betragtes som en variabel eller ikke, hvilket igen afhænger af antal produkter som produceres i systemet indenfor en given tidshorisont.

Til de *dynamiske modelkomponenter* hører følgende,

- antal og typen af ordre,
- udformningen af operationsplanlægningen,
- beslutningsstrategier samt
- færdiggørelsesregler.

Nielsen & Høg (1994) nævner, bl.a. følgende beslutninger som kan være af interesse under MPU, og som - i modsætning til de ovenstående - er relateret til omkostningsberegningen:

- hvilken udformning af værkstedslayout kan sikre den størst mulige reduktion af NAA, og minimere de totale produktomkostninger,
- »in og outsourcing« af forskellige processer,
- hvor høje forædlingsomkostninger kan man tillade sig at acceptere i forbindelsen med en given »target cost« på markedet,
- hvor høje omkostninger har man ved et givet produktmix bestående bl.a. af en given variant,
- hvor høje omkostninger kan accepteres ved forskellige batch-størrelser for en given variant, eller
- hvad koster - skønsmæssigt - en processubstitution fra, f.eks. en manuel proces til en fuldautomatisk proces.

På grund af den forøgede produktheterogenitet, anses i teorien prisfastsættelsesproblematikken med udgangspunkt i omkostningerne specielt at have en afgørende fremtidig betydning, jvf. også Jaikumar (1986,p 75). Andre går endnu videre og påpeger vigtigheden af forbindelsen mellem stykfremstillingsomkostningerne og investeringsbeslutningerne⁵.

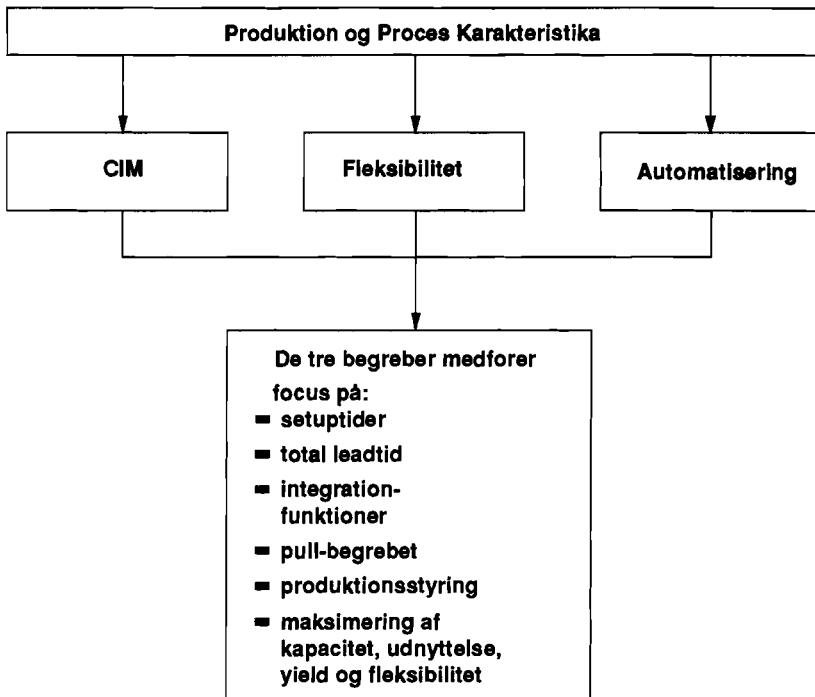
2.1.4 Konklusion og Opsummering for MPU

Resultatet af ovenstående kan sammenfattes til følgende forhold i nedenstående figur 2-2. Da det ikke er muligt specifikt at udskille effekten af hver af de tre fænomener vises effekten samlet.

CIM-konceptet medfører bl.a. en integration af data fra forskellige datasystemer, mulighed for at reducere setuptider og dermed setupomkostninger samt integrering af andre støttende funktioner, f.eks. CAD og CAM. Samtidig medfører begreberne ofte, at man søger efter en »pull-through« filosofi for produkterne, såvel i et FMS-system som ved en FAL-linie. Samtidig

⁵Eidenmüller (1986) påpeger, at MPU bør ses i sin helhed i forbindelse med produktionsplanlægning og styring af MPU.

FIGUR 2-2
AUTOMATISEREDE OG FLEKSIBLE KARAKTERISTIKA



medfører hele integration, kombineret med fleksibiliteten, at der sættes focus på den totale leadtid i produktionsprocessen. For at udnytte automatisering og fleksibilitet, må der sættes focus på styring af produktionen. Da kapacitetsomkostningerne udgør og i fremtiden vil udgøre en stadig større del af et produkts totale produktionsomkostninger, er det således vigtig, at man får defineret kapacitetsbegrebet entydigt også af hensyn til kapacitetsomkostningerne i produktkalkylen.

Hvis de ovenfor nævnte mål skal tilgodeses, forudsætter det en opdeling i relevante cost pools og cost drivers samt styring af ressourcer og omkostninger. For omkostningskalkulationen medfører dette, at man via CIM-konceptet har større mulighed for at henføre omkostningerne direkte til et omkostningsobjekt via on-line registrering. Endvidere ser det ud til, at fleksibiliteten er den mest interessante, fordi virksomheder kontinuerlig forsøger at tilpasse omkostningsskalkylerne til produktionssystemet.

2.2 Fem Amerikanske Studier Omkring FMS/CIM/JIT og Kalkulation

Nedenfor skal gøres en kort sammenfatning af den litteratur som specielt vedrører den kalkulationsproblematik som relaterer til de to case-virksomheder i dette studie. I afsnit 2.2.1.

gennemgås et stokastisk og simuleringsmæssige udgangspunkt for kalkulationen, specielt med vægten lagt på studier gjort af Son & Park. Herefter gennemgås i afsnit 2.2.2 til afsnit 2.2.5 supplerende empiriske og modelmæssige studier omkring FMS, FAL/S, JIT og deres relation til produktkalkulationen. Dette bygger på forskellige amerikanske undersøgelser og case-studier. Endelig gennemgås i afsnit 2.3 to udvalgte tyske studier. Det er Knoop's studie omkring et FMS-system og kalkulation samt Kleiner's studie af en FAL-linie og kalkulation. Disse er medtaget, bl.a. for at se forskellen mellem den angelsaksiske og den tyske opfattelse af hvad der kan eller bør indgå i specifikationen af en kalkulation.

2.2.1 Son & Park's Stokastisk Udgangspunkt for en Kalkulation

Den simuleringsorienterede kalkulationsmetode har først rigtigt været fremme i forskellige artikler indenfor de sidste seks år i forbindelse med MPU's mere *kvalitative forhold*. En forskningsvinkel som på mange måder også synes relevant for cost managers og regnskabsfolk fordi disse tanker - på samme måde som ABC-modellen - bygger på at betragte kalkulationen som en separat men dog integreret model. Problemet er nærmere at disse artikler ofte er skrevet i en svær tilgængelig stil og publiceret i produktionsorienterede tidsskrifter hvor regnskabsfolk og økonomifolk normalt ikke bevæger sig. I den simuleringsmæssige-approach udgør forskellige tidsbegrebet de vigtigste cost drivers. Her gøres kalkylen og omkostningerne ofte stokastisk, dvs. man forudsætter anvendelse af visse sandsynlighedsmodeller, dels i produktionsprocessen dels mellem processerne.

Dette er i modsætning til langt den største del af de nuværende kendte og anvendte kalkulationsmodeller i regnskabslitteraturen, som alle er deterministiske. Uden her at gå dybere ned i den bagvedliggende teori skal blot påpeges, at disse sandsynlighedsmodeller er *kontinuerlige fordelinger*, f.eks. normalfordelingen, eksponentialfordelingen eller Erlangfordelingen i modsætning til *diskrete fordelinger*, som f.eks. binomialfordelingen eller poissonfordelingen.

Det er specielt Son and Park (1987,1990) samt Son (1990,1991,1992) der har stået for anvendelse af stokastisk simulering relateret til virksomhedens produktkalkyler. Dette er gjort i simuleringssproget SIMAN. Denne forskning kan opdeles i to dele:

- i) kvantificering af forskellige egenskaber f.eks. opportunitetsomkostninger, kvalitetsomkostninger samt de omkostninger der er forbundet med at tillægge yderligere fleksibilitet til produktionen, f.eks. Son & Park (1987,1990) samt
- ii) ud fra punkt i) at udvikle en omkostningskalkulationsmodel for MPU, f.eks. Son (1990,1991a,1992).

Som det kan ses er samtlige af disse artikler skrevet indenfor de sidste ti år, hvorfor dette område kan betegnes som et forholdsvis »nyt« forskningsområde.

Indholdet i den første del af disse artikler hos Son og Park ligger i at kvantifiere forskellige egenskaber for *hypotetiske FMS-anlæg* med forskellig fleksibilitets-, kvalitets- og produktivi-

tetsforhold for derefter at vurdere dette i omkostningstermer, som igen inddrages i virksomhedens produktionskalkyle. En stor del af disse omkostninger kalder forfatterne »intangible costs« eller på dansk »immaterielle eller hypotetiske omkostninger«.

En vigtig pointe hos Son & Park er anvendelse af begrebet »opportunity cost« i selve kalkyleberegningen. Herom skriver Son & Park (1990):

»If there is enough demand they may be considered as lost profits, because opportunity of making and selling more products are foregone. If there is not enough demand, they may be considered as tied-up capital in equipment and WIP inventory, respectively. ...Because these opportunity costs are non-conventional costs, no one can claim the complete method for estimating them«. (Son & Park 1990,p 1185).

Andre artikler behandler blot simulering i hypotetiske FMS-systemer, og har ikke beregning af omkostninger som det primære, men derimod selve produktionens- og programmets udformning. Dette gælder f.eks. hos Schriber (1985) samt Stam and Kuula (1991).

Indholdet i den anden del af artiklerne af Son (1990,1991a,1992) er som sagt koncentreret omkring kalkulationen og det er disse som er hovedkilderne her.

I Son (1992) kaldes produktivitetso mkostningerne for »relatively well-structured costs (RWSC)« og fleksibilitets- og kvalitetso mkostningerne kaldes for »relatively ill-structured costs (RISC)«, en betegnelse som stammer fra Simon (1960), hvor Simon blot brugte betegnelsen »programmet og non-programmed costs«

I Son & Park (1987) samt Son (1990a,b) er det pointeret, at det er nødvendigt at opdele i disse tre grupper af omkostninger. Dette for at løse det såkaldte *produktivitetsparadoks* og dermed være i stand til at kunne måle forhold som, fleksibilitet, kvalitet og produktivitet entydigt i reale størrelser. Produktivitetsparadokset siger at produktivitet og lønsomhed ikke altid går i samme retning, jvf. også Skinner (1986). Dette skyldes ifølge Son (1990) at produktions- og regnskabsområdet ikke er tilstrækkeligt integreret og ikke har focus på de samme begreber og definitioner.

Dette er sket hævder Son & Park (1987), fordi omkostningsfordelingen i regnskabsvæsen har været for simpel og fordi virksomhederne har anvendt direkte løn som eneste cost driver. En anden faktor er at IR ikke har indeholdt poster eller beregninger for produktionens præstationer så som, f.eks. gennemløbstid, kvalitetso mkostninger eller venteomkostninger etc. Man har heller ikke, jvf. Skinner (1986) i IR diskuteret omkostningseffekten af substitution mellem de forskellige inputfaktorer.

I Son (1992) gåes et skridt videre, idet der her er anvendt en simuleringsmodel (SIMAN og FORTRAN) på et hypotetisk FMS-system. Endvidere påpeges der i samme artikel, såvel ulemper som svagheder i de amerikanske omkostningsmodeller inklusiv ABC. Son (1992) pointerer også hvorfor det er vigtigt med en simuleringsmodel for kalkulationsformålet som et supplement til, f.eks. ABC. De vigtigste grunde til dette er bl.a.,

- at en simuleringsmodel er en fremtidsorienteret teknik som kan startes på et meget tidligt trin i planlægningen eller produktionen og kan dermed tage hensyn til alle detaljer i det faktisk flow. Dette betyder at de fleste cost drivers er baseret på real-tid,
- at i en simuleringsmodel kan der skelnes mellem aktiviteter som tillægger værdi til produktet (VAA) og de aktiviteter som ikke tillægger værdi til produktet (NAA),
- at en simuleringsmodel også kan indeholde forskellige kvalitative egenskaber så som omkostninger for setup, speciel teknologi, defekte emner, vente- og spildtid samt
- at en simuleringsmodel også tager udgangspunkt i et tidsbegreb efter devisen »time is money«.

FMS-systemet hos Son (1992) producerer tre typer af emner hver med en forskellig processekvens. Efterspørgslen *genereres af en Poissonfordeling* med forskellige parametriske værdier. Simuleringstiden er her 19.200 minutter svarende til 20 dage med to skift af 8 timer hver. Som et eksempel på en beregning af maskinomkostninger (C_M) ses at disse er additive og proportionale, og defineret som:

$$C_M = \text{drift} + \text{vedligeholdelse} + \text{reparation} + \text{forsikring} + \text{skat}$$

Output i form af en konkret kalkulationsopbygning fra ovenstående eksempel hos Son (1992) er gengivet nedenfor i tabel 2-1.

Endvidere argumenterer Son (1992) for, at anvende de renteomkostninger der er forbundet med den/de investerede ressourcer som substitut for de »rigtige« opportunitetsomkostninger, altså for mistet indtjening.

Sammenfattende for Sons studier kan siges, at det er et af de første konkrete eksempler på anvendelsen af stokastiske simulering til kalkulationsformål i relation til MPU. De principelle forudsætninger hos Son og Park er,

- artiklerne bygger hovedsaglig på hypotetiske FMS-systemer, hvilket også afspejles ved valg af sandsynlighedsmodeller for produktionen,
- udelukkende Poissonfordelingen anvendes til generering af efterspørgslen af emner⁶⁾,
- kalkylemodellen er relativ enkel. Modellen testes kun under de givne produktionsmæssige forudsætninger. Ingen variable eller parametre ændres fra simulering til simulering, ligesom den omkostningsmæssige effekt heller ikke beregnes,
- der sammenlignes ikke mellem et deterministisk og stokastisk tilfælde, hverken for produktionen eller i forbindelse med kalkulationen.

Son kritiserer også ABC-modellen for ikke at være fremtidsorienteret. Dette er dog næppe korrekt, idet ABC netop bygger på budgetterede størrelser både når det gælder omkostninger, men også når det gælder størrelsen af aktiviteter og cost drivers. En mere virkelighedsnær model

6) Anvendelse af Poissonfordelingen til aktiviteter i et system og anvendelsen af eksponential- eller Erlangfordelingen (eller Gamma-fordelingen) til tilstande i et system, kaldes også »Poissonprocessen«.

TABEL 2-1
OMKOSTNINGSSPECIFIKATION FOR ET FMS-SYSTEM
HOS SON (1992)

Cost Pool	FMS
Løn	\$3.556
Materialer	\$12.700
Maskiner	\$18.618
Værktøj	\$2.200
Afskrivninger	\$1.769
Areal	\$1.750
Software	\$0
PRODUKTIVITETSOMKOSTNINGER	\$38.843
Forebyggelse	\$6.989
Fejl	\$2.100
KVALITETSOMKOSTNINGER	\$9.089
Setup	\$1.138
Vente	\$11.601
Spild	\$3.651
Lager	\$30.840
FLEKSIBILITETSOMKOSTNINGER	\$47.230
TOTALE PRODUKTOMKOSTNINGER	\$95.162

kunne være, at kombinere den stokastiske simulering med ABC-modellen. F.eks., kunne alle omkostninger i produktionsområdet påføres produkterne via en stokastisk simulering, medens omkostninger fra salgs- og de administrative områder, kunne påføres produkterne via ABC-princippet. Der kunne også tænkes mange andre kombinationer.

2.2.2 Foster & Horngren's Undersøgelse Omkring FMS, FAS/L og Kalkulation

En af de første undersøgelse omkring FMS og internt regnskabsvæsen, blev foretaget af Foster & Horngren (1988a). Denne undersøgelse er et resultat af 25 FMS-anlæg og relationen til virksomhedens interne regnskabsvæsen, dels i USA dels i UK. Foster & Horngren's (1988a) undersøgelse viste bl.a., at simulering ofte blev anvendt for at få viden om mulige flaskehalse i produktionen men at simulering ikke blev anvendt i forbindelse med selve kalkulationen. Kun tre steder i denne undersøgelse skelner de to forfattere mellem virksomheder med FAL/S (Flexible Assemble Lines/Systems) og virksomheder med FMS-systemer. Dette gælder,

- på området for hvilke produkter der skal produceres,
- på området hvorfor stykomkostningerne ikke anvendes for de mere operative beslutninger

samt

-på området for fordeling af indirekte omkostninger, hvor virksomheder med FAL anvendte langt flere cost pools og cost drivers end FMS-virksomheder.

Principielt er FMS og FAS/L to forskellige produktionsformer. Ved FAS/L monteres løbende forskellige halvfabrikata og komponenter, hvorimod der ved FMS hovedsagelig sker ændringer af et givet emne, f.eks. ved at fræse, bore etc. Derfor vil der ved FAS/L være lagre af forskellige halvfabrikata og komponenter som monteres løbende fra hvert omkostningssted eller maskine.

En vigtig beslutning når virksomheder anskaffede et FMS-system var hvilke produkter der skulle produceres på systemet. Foster & Horngren giver to eksempler på hvilke problemer dette kan medføre når også omkostningssatser indgår .

Det første eksempel drejer sig om et FMS-system. Her fortæller Foster & Horngren om en virksomhed som havde »almindelig værkstedsproduktion«, dvs. uafhængige maskiner samt en FMS-produktion. Såvel omkostninger for setup- som for opskæringsaktiviteter i den almindelige produktion var indeholdt i maskintimesatsen. I FMS-systemet derimod, blev setup fortaget indirekte (off-line) og dermed holdt uden for maskintimesatsen samtidig med, at FMS-systemet havde langt hurtigere opskæring. Disse to forhold betød, at det blev billigere at producere i FMS-systemet, hvorfor mange ordre gik til FMS-systemet istedet. Dette selvom det i realiteten ikke var billigere at producere på FMS-systemet⁷⁾.

Det andet eksempel fortæller om problemet med at implementere en FAL-linie til montering af kredskort, når man i starten har en lav kapacitetsudnyttelse. Den eksisterende monteringslinie blev udnyttet helt op til 90%, hvorimod den nye teknologi blot havde en udnyttelse på 20%. Den lavere udnyttelse på den nye FAL-linie betød derfor en langt højere maskinsats per tidsenhed, hvorfor man ikke valgte at anvende denne teknologi, men istedet valgte at anvende den eksisterende teknologi⁸⁾. For at få udnyttet den nye teknologi, valgte virksomheden derfor, at ekskludere alle indirekte produktionsomkostninger fra maskintimesatsen hvilket betød, at denne blev langt lavere end hidtil. Resultatet blev en eksplosiv anvendelse af den nye FAL-linien.

Begge eksempler fra Foster & Horngren viser, hvor stor en betydning omkostningsberegninger har for de beslutninger som træffes vedrørende anvendelsen og udnyttelsen af FMS og FAL. Foster & Horngren undersøgte også anvendelsen af omkostningerne for såvel de operative som de mere strategiske beslutninger.

7) Som det senere kan ses i kapitel 4 minder dette for en stor dels vedkommende om problemstillingen hos IBMJ.

8) Dette problem med, at satserne reguleres i takt med lavere udnyttelse, kaldes af Cooper & Kaplan (1991b, p 166) også for »dødsspiralen«.

Det viste sig også at omkostningerne ikke spillede nogen eksplicit rolle i de mere operative beslutninger, som f.eks. i forbindelse med de algoritmer der blev anvendt til bestemmelse af routing af de forskellige produkter, dvs. hvilke maskiner skal produkterne gennemløbe samt i hvilken batchstørrelse der skulle produceres. Det betød dog ikke at man så helt bort fra omkostninger og kalkyler, blot at kalkylerne ikke indgik alene. De kriterier som indgik til bestemmelsen af disse algoritmer var,

- forskellige tider, f.eks. minimering af gennemløbstid,
- forskellige maskintider, f.eks. maksimering af maskinudnyttelse samt
- forskellige omkostninger, f.eks. minimering af driftomkostninger.

Simulering indgik ikke i kalkulationsmæssige sammenhæng, men blev i stedet anvendt i produktionen for at forhindre flaskehalse. Derimod anvendte virksomhederne forskellige præstationsmål som de vigtigste operative beslutningsvariable. Virksomhederne - såvel FMS som FAS/L - angav også visse grunde til ikke at anvende omkostninger i den operative styring.

Derimod blev omkostninger og kalkyler anvendt i forbindelse med de mere strategiske forhold. F.eks. når produktionen var færdig, udførte man bl.a. afvigelsesanalyser for direkte materialer. Væsentlig focus blev sat på afvigelsesanalyse for direkte løn. Derimod var andre præstationsmål så som, f.eks. leadtid, kvalitetsnøgletal, f.eks. yield, genbearbejdnings- og kassationsprocenter, downtime, udnyttelsesgraden vigtige for hele FMS-systemet samt visse fleksibilitetsnøgletal, f.eks. hvor hurtigt kan man skifte mellem de forskellige varianter eller volumen for forskellige varianter som kunne produceres i FMS-systemet.

Samtidig pointerede flere virksomheder i undersøgelsen, at et tidsbegreb var den afgørende cost driver i FMS omgivelser. Herom skriver Foster & Horngren (1988a):

»Several manufacturing managers reported that maximizing machine utilization and minimizing tool changeovers were operational ways to minimize operating cost. They were, to use the current jargon, the operating cost drivers at an FMS« (Foster & Horngren 1988b,p 12).

Med hensyn til kalkylerne kan følgende opsummering gøres af undersøgelsen, jvf. nedenfor i tabel 2-2.

Det afgørende for komponenten i de direkte omkostninger er, om der er fornøden integration til at man kan henføre ressourcer og omkostninger direkte, f.eks. til en bestemt proces eller maskine. Hele den in/direkte lønkategori blev også ændret og simplificeret ved en implementering af FMS. F.eks. blev antallet af lønkategorier reduceret væsentligt, ligesom lønnen blev af mere overvågende karakter. Ofte betragtedes operatørene ved FMS-systemet mere som én samlet gruppe af operatører. Endvidere blev lønnen også slået sammen med andre produktionsomkostninger, f.eks. ved at disse indgik i kapacitetsomkostningerne. I visse tilfælde blev samtlige kapacitetsomkostninger betragtet som en periodeomkostninger.

TABEL 2-2
SAMMENFATNING AF UNDERSØGELSE FOR KALKULATIONSMODELLER
I FMS/FAS/L-OMGIVELSER HOS FOSTER & HORNGREN (1988a)

ÆNDRING I KOMPONENTEN AF DIREKTE OMKOSTNINGER
Ændring fra direkte til indirekte
Ændring fra indirekte til direkte
ÆNDRING I COST DRIVERS FOR INDIREKTE OMKOSTNINGER
Fra direkte løn til maskintid
Fra direkte løn til »aktiviteter«
Kun ét eller få cost pools under FMS
Fra få cost pools til flere cost pools under FAS/FAL
ÆNDRING I BEHANDLINGEN AF OMKOSTNINGERNE
Fra fordelte omkostninger til periodeomkostninger, bl.a. fordi,
-omkostningerne spillede ingen rolle for prisfastsættelsen samt
-at der var ledig kapacitet til rådighed

Med hensyn til cost driveren til fordeling af de indirekte omkostninger til produkterne, viste undersøgelsen stor diversifikation mellem de forskellige virksomheder med FMS og FAS/L-produktion. Det mest hyppige ændring i cost driveren var fra direkte løn til en maskinbaseret tidsstørrelse. Det gjaldt for såvel FMS som FAS. Problemet hos virksomhederne var, at cost driveren »maskintid« var svær at operationalisere sådan, at denne kunne anvendes som cost driver. Problemet var, at de enkelte maskiners hastighed eller intensitet kunne ændres samtidig med, at maskinerne havde forskellig omkostningsforløb eller omkostningsfunktioner ved disse forskellige intensitetsmæssige tilpasninger. Derfor blev »maskintid« ikke nogen entydig størrelse⁹⁾.

Selvom ingen af FMS-virksomhederne på daværende tidspunkt havde udformet nye cost pools for forskellige typer af maskiner, var mange af virksomhederne i færd med at udføre forskellige studier for at afklare disse forhold, ligesom også virksomhederne selv havde et ønske om flere cost pools.

Virksomheder som havde et FAS- eller et FAL-system anvendte i stor udstrækning stadigvæk direkte løn som cost driver, dog var der en tendens til at gå væk fra denne og i stedet anvende »aktiviteter« som cost driver som det kendes fra ABC-modellen. Dette skyldes sandsynligvis, at man i disse omgivelser blot monterer og samler forskellige halvfabrikata og at man i tidligere traditionelle monteringer var forholdsvis lønintensiv. Et eksempel på en

9) I *tyisk litteratur* har dette mere eller mindre implicit altid været forudsat, jvf. f.eks. Gutenberg (1983, kryds-reference til 1951), Kilger (1958), og Riebel (1985, kryds-reference til 1959). I *dansk litteratur* hævder visse teoretikere, at det udelukkende er disponeringen, dvs. en mere registrerings- og bogholderimæssig tanke, som er afgørende for om og hvordan en omkostning i givet fald skal behandles. Se f.eks. Hansen (1976), Worre (1991, 1992) og Rørsted (1990, 91). Andre teoretikere har dog et mere nyanceret syn på dette. Se, f.eks. Israelsen & Sørensen (1991) samt Israelsen (1993).

FAL-virksomhed viste, at man havde opdelt i 11 forskellige cost pools og cost drivers, f.eks. et »cost pool for automatisk montering« af integrerede kredskort og hvor cost driveren var »antallet af indsatte kredsløb per kredskort«, eller et »cost pool for lodning« hvor cost driveren blot var »antal af kredskort«.

I samme eksempel blev der givet to motiver eller eksempler for anvendelse af aktiviteter i overensstemmelse med ABC-princippet,

- et signal til produktdesignerne om de relative omkostningers størrelse ved forskellige valg af montering samt
- et ønske om bedre at lade virksomhedens produktpriser afspejle det reelle og forskelligartede ressourceforbrug der var ved de forskellige monteringsmuligheder.

For to virksomheder som havde implementeret FAS/FAL blev kun direkte løn og direkte materialer henført til produkterne. Grunden til, at lade samtlige andre omkostninger være en periodeomkostninger var bl.a.,

- omkostningerne spillede ingen rolle for prisfastsættelsen, idet prisen var »fastsat af markedet« som man sagde,
- kun mindre variation mellem de varianter som blev produceret på FAS/FAL, hvorved det ikke blev anset økonomisk forsvarligt, at henvise de indirekte omkostninger til produkterne samt
- virksomhederne anvendte også JIT, hvorved materialer blev leveret direkte til virksomheden eller JIT-området hver dag - dvs. ingen varelagre - samtidig med, at man kun producerede til ordre.

Samtidig havde virksomheder med FMS og FAS/L også ledig kapacitet hvilket gjorde, at man ikke anså det nødvendigt at tage hensyn til fordelingen af knappe ressourcer til produkterne. Her blev givet tre andre grunde til ikke at ændre virksomhedernes nuværende kalkulationsprincipper bl.a. fordi,

- FMS-systemet var relativt lille set i forhold til virksomhedens øvrige produktionsformer,
- kalkylerne blev ikke betragtet som et område med særlig høj prioritet samt
- de nuværende kalkulationsprincipper blev anset som tilfredsstillende, dvs. uden direkte misvisende signaler.

Sidstnævnte tilfælde kan også skyldes, at virksomhederne endnu ikke har undersøgt om der reelt er misforhold i kalkylerne, evt. på grund af manglende feedback.

Sammenfattende for Foster & Horngren's undersøgelse omkring FMS og FAS/L kan siges, at denne stort set ikke inddrager virksomheder som har nogen indflydelse på prisfastsættelsen, og derfor et ønske om at anvende omkostninger i relation til pristfastsættelse. Der er dog klar forskel mellem FMS-virksomheder og FAS/L-virksomheder. Hvor FMS-virksomheder på daværende tidspunkt anvendte en forholdvis simpel kalkylemodel, kun indeholdende de direkte omkostninger, anvendte FAS/L-virksomheder en langt mere differentieret kalkylemodel. Dette gjaldt såvel for antallet af cost pools som for antallet af cost drivers.

Det kan konkluderes - som forfatterne også peger på i deres afsluttende kommentarer - at man ikke i tilstrækkelig grad har klassificeret og specificeret de enkelte virksomheders produktionsforhold, herunder en klar opdeling i virksomheder med FAS/FAL og virksomheder med FMS-systemer. Havde forfatterne mere endydigt opdelt blot i disse to produktionstypologier i relation til virksomhedernes specifikke kalkyleformål samt konkret havde undersøgt hvilke ønsker man fremover havde til kalkylen, ville resultatet af undersøgelsen også have været langt bedre og mere præcis.

2.2.3 Gosse's Undersøgelse Omkring CIM og Kalkulation

Et andet empirisk studie er en interviewundersøgelse gjort af Gosse (1993) mellem 4 CIM-virksomheder og 4 virksomheder med traditionel serieproduktion. Artiklen af Gosse bygger på en Ph.D.-afhandling. Disse 8 virksomheder sammenlignes på visse områder, bl.a. på kalkulationsområdet. Hovedkonklusionen er at CIM-konceptet vil bevæge det IR ind på nye områder og nye teknikker, men at dette vil ske gradvist og med et væsentligt »timelag«. Gosse definerer også CIM som en kombination af MPU, CAD/CAM, anvendelsen af fleksibelt automatisk produktionsudstyr, anvendelsen af CNC-styrede maskiner, robotter og FMS samt anvendelsen af »pull-through« altså JIT-konceptet.

Gosse opdeler sin undersøgelse efter de fire klassiske områder,

- omkostningsidentifikation (cost identification), dvs. beskrivelsen af omkostningstyper, omkostningsnavne, gruppering af omkostninger i cost pools,
- omkostningsregistreringen (cost entry), dvs. hvornår og med hvilket beløb skal registreres,
- omkostningsfordeling (cost assignment), dvs. forbindelsen mellem omkostningsidentifikationen og et givet omkostningsobjekt f.eks. en aktivitet, et omkostningssted eller en kalkyle for et produkt samt
- afrapporteringen (cost reporting), dvs. afrapporteringen til den beslutningsrelevante manager som har ansvaret.

Gosse påpeger, at grunden til at vælge disse fire områder er, at det er disse fire områder forskellige forfattere ofte hævder skulle blive ineffektive eller få nyt indhold under anvendelse af MPU.

For at teste om der er forskel mellem traditionel og CIM-produktion opstiller Gosse fire deduktive hypoteser, en for hvert af de 4 områder gående på om der sker ændringer som følge af implementering af CIM eller ej. Alle 4 hypoteser - med undtagelse af omkostningsregistreringshypotesen - bekræftes delvist; altså der sker ændringer som følge af implementering af MPU.

For at forstå resultaterne opstiller Gosse forskellen mellem traditionel- og CIM-produktion. Det er også disse forhold som påvirker omkostninger og kalkulation. Det er derfor valgt, at gengive de tre vigtigste af disse områder nedenfor i tabel 2-3, jvf. Gosse (1993,p 162).

TABEL 2-3
SAMMENLIGNING MELLEM TRADITIONEL- OG MPU/CIM/JIT-PRODUKTION
HOS GOSSE (1993)

TRADITIONEL PRODUKTION	CIM-PRODUKTION
Sammensat, usikkerhed, upålidelig	Forenkling, sikker
Lav fleksibilitet-	Høj fleksibilitet-
Statisk fleksibilitet er dyr	Statisk fleksibilitet er mulig
Dynamisk fleksibilitet er forøgende	Dynamisk fleksibilitet sker løbende
Lav pålidelighed for processer	Høj pålidelighed, præcision
Problemer med arbejdsstyrken	Motiveret arbejdsstyrke
PRODUKTIONS-STRATEGIER	PRODUKTIONS-STRATEGIER
Produktions rolle er operationel	Produktions rolle er strategisk
Søger »economies of scale«	Søger »economies of scope«
Standardprodukter, sjældne skift	Produkt-familier, hyppige skift
Lang produkt-life-cycles	Kort produkt-life-cycles
Kvalitetskontrol	Kvalitetssikring/styring
Balanceret flow i produktionen	Sammensat produktionsflow
OMKOSTNINGSINFORMATION	OMKOSTNINGSINFORMATION
Periodevis information	Kontinuerlig og konstant
Vægt på arbejds effektivitet	Vægt på den totale anlægsproduktivitet
Vægt på absorbering af kapaciteten	Vægt på kapacitetens udnyttelsen
Afvigelsesanalyser fra standarder	Aktuelle (henførbare) omkostninger

Sammenfattende kan det siges, at under CIM-konceptet anvendes et bredere felt af ressourcer for at producere mere sikkert pålideligt og med større kvalitetsindhold. For omkostninger og kalkulation betyder CIM, at under dette sættes focus på større muligheder for at henføre omkostninger direkte til anlægget eller produkterne.

Som påpeget af Gosse, befinder en virksomheds kalkulationsfilosofi sig ofte i en »transitorisk rolle«, dvs. i en overgangsfase fra traditionel produktion til f.eks. FMS/CIM/JIT-produktion. Det er derfor svært præcist at vide hvordan slutresultatet af MPU vil påvirke den endelige kalkyle.

En opsummering af de fire delproblemer omkring kalkulation som Gosse (1993,p 162-166) har deduceret fra teorien, er gengivet nedenfor og svarer til de fire hypoteser som Gosse tester. Iflg. Gosse (1993,pp 162-166) forholder det sig på følgende måder,

- 1) i modsætning til ordinær produktion, vil man under CIM klassificere og gruppere omkostninger efter en udvidelse af de eksisterende ressource typer og med nye grupper af ressourcer hvorved man også vil få flere og mindre omkostningscentre,

- 2) i modsætning til ordinær produktion, vil man under CIM have flere omkostningstransaktioner med flere registreringspunkter samtidig med at disse vil være mere forskellige,
- 3) i modsætning til ordinær produktion, vil man under CIM eksplicit relatere supportomkostninger med ressourceomkostninger og tilregne begge typer til objektet via forskellige klasser af ressourcer ved hjælp af relevante cost drivers. I traditionelle produktionsforhold relateres disse blot via direkte løn eller en andet simpel faktor samt
- 4) i modsætning til ordinær produktion, vil man under CIM opdatere omkostningsinformation hyppigere og i realtid.

Som nævnt blev alle hypoteser delvist bekræftet med undtagelse af nummer 2.

Med hensyn til *hypotese 1*, skyldes dette iflg. Gosse, at i CIM-omgivelser bliver størrelsen og kompleksiteten af de indirekte omkostninger forøget. I stedet for som under traditionelle produktionsomgivelser hvor de fleste IPO er lønrelateret, maskinrelateret eller kapacitetsrelateret, er typen af IPO under CIM derimod af mere teknisk karakter samtidig med, at der bliver flere ressourcer af supportmæssig karakter som ikke har nogen relation til direkte løn eller maskintimer i produktionen. Der vil derfor under CIM blive skabt flere og nye ressourcer pools ud af de eksisterende cost pools.

Med hensyn til *hypotese 2*, opdeles i to typer af omkostninger, udgifter (expendable) f.eks. køb af en maskine, reparation & vedligeholdelse, værktøj etc. der opstår som diskrete størrelser samt forbruget heraf (usage), f.eks. afskrivningsomkostninger på maskiner som opstår som gradvist eller kontinuerligt¹⁰⁾. Siden CIM anvender et mere differentieret ressourceforbrug end i traditionel produktion jvf. Gosse, bliver det også vigtigere, at gøre en mere differentieret forbrugsopgørelse for de faste produktionsfaktorer. Dette kan f.eks. gøres efter et stregkode-system idet maskiner etc. ofte anvendes til mange typer af produktvarianter. På grund af større krav for mere præcis måling af ressourceforbrug i CIM samt muligheden for at registrere dette, kan det iflg. Gosse forventes, i) at der anvendes flere registreringspunkter samt ii) at disse registreringspunkter bliver mere differentieret.

Med hensyn til *hypotese 3*, opstår behovet for omkostningshenføringen eller »assignment« på grund af, at man ønsker at få afrapporteret omkostninger for et givet objekt. Denne »cost assignment« forudsætter i) valg af objekt, dvs. produkt, aktivitet eller omkostningscenter til hvilken omkostningerne skal henføres, ii) henførngsnøglen også kaldet cost driver i ABC-terminologi iii) samt hvor hyppigt denne omkostningshenføring skal ske dvs. frekvensen. På grund af at CIM har mere strategisk karakter, f.eks. bedre kvalitet, pålidelighed etc., bør man iflg. Gosse henføre omkostningerne i bedre overensstemmelse med ressourceforbruget. Derfor har supportafdelinger og supportomkostninger speciel betydning under CIM.

10) Dette svarer helt til Cooper & Kaplans (1992) begreber spending og usage.

Med hensyn til *hypotese 4*, er det det valgte omkostningsobjekt som bestemmer hvordan og hvornår der skal afrapporteres. Under CIM-konceptet vil man afrapportere hyppigere end under traditionel produktion. I CIM bliver det iflg. Gosse vigtigere at afrapportere på anlægsniveau og på et integreret niveau, dvs. på tværs af funktioner. Her bliver det iflg. Gosse vigtigt at afrapportere omkostninger for forhold som kvalitetsfejl, produktionsforstyrrelser og andre former for spild, kassation og genbebejdning.

Kun tre ud af de fire hypoteser blev svagt bekræftet, dvs. at hypotesen blev bekræftet ved to af de fire CIM-virkomheder. De fire hypotesetest viste at,

- Hypotese 1: Hos de fire CIM-virkomheder i undersøgelsen blev der reelt skabt nye cost centre og nye konti i forbindelse med nye produktionsceller, for at kunne reflektere de teknologiske ressourcer, men der blev ikke grupperet efter homogeniteten i det enkelte cost center,
- Hypotese 2: Alle in- og output registreringstidspunkter (cost entry) samt lønbetalinger blev foretaget på samme facon som ved den traditionel produktion. Der blev ikke i CIM-virkomhederne fundet andre registreringstidspunkter (triggers),
- Hypotese 3: I CIM-omgivelser blev flere overhead faktisk henført direkte til et cost center (direct charging) baseret på efterspørgslen af det konkrete resourceforbrug, men ingen af de fire CIM-virkomheder havde omgrupperet deres overhead pools efter typen af resource samt
- Hypotese 4: Der blev i stor udstrækning anvendt informelle »off-systemer« procedure udenom det formelle interne regnskab baseret på spreadsheets, f.eks. for at kunne afrapportere omkring direkte materialer, værktøjsomkostninger, lønninger og kassation. CIM-virkomhederne anvendte heller ikke i væsentlig grad en »on-line« tilgang til virksomhedens omkostningsdata.

At hypotese 2 ikke kunne bekræftes kunne hænge sammen med, at man *ikke* havde fået den fulde on-line integration. Nedenfor skal kort beskrives de forhold som har relation til kalkulationen.

Der blev betonet hos CIM-virkomhederne, at man ønskede bedre omkostningsopgørelser. Eller som Gosse skriver:

*»Production managers, engineers, and accountants all indicated a desire for better cost identification, especially to confirm that waste has been avoided«
(Gosse 1993, p 174).*

Dette falder også sammen med Foster & Horngren's (1988a) undersøgelse.

Et vigtigt område i CIM-produktion var, at man kunne se hvor stort et spild eller kassation man havde i produktionen. Derfor ønskede virksomhederne, at kunne beregne størrelsen af dette spild samt hvad det kostede virksomheden per dag. Et andet vigtigt område som ofte blev nævnt

af CIM-virksomhederne var, at man ønskede at kunne identificere omkostninger i relation til investeringen i MPU. Her observerede Gosse et skift fra blot, at fokusere på den direkte løn til at fokusere på den ønskede proces.

Selvom CIM-virksomhederne havde stor interesse i at få så mange indirekte omkostninger gjort direkte, var det alligevel kun ressourcer for direkte materiale og løn som blev henført direkte. Resten blev betragtet som en stor blok af omkostninger.

Vedrørende *hypotese 2*, ytrede produktionsfolk og regnskabsfolk dog et ønske om at forbedre integrationen mellem omkostninger og produktionsstyringssystemets ressourceforbrug. CIM-virksomhederne skelnede ikke mellem udgiftsregistrering og omkostningsberegning. Dertil giver Gosse to forklaringer. Den første forklaring var at de pågældende økonomi- og regnskabsfolk ikke var klar over at dette kunne lade sig gøre i CIM. Den anden forklaring var, at økonomifolkene var modstander af at skulle indsamle informationer omkring omkostninger i forbindelse med det tekniske og produktionsmæssige.

Vedrørende *hypotese 3*, viste det sig at flere omkostninger blev henført direkte til et omkostningscenter og videre til produkterne i stedet for at fordeles via supportafdelingerne. Eksempler på omkostninger som blev henført direkte var bl.a. løn, materialer til setups, vedligeholdelse og reparation, software programmer for de numerisk styrede maskiner samt værktøjsomkostninger. Valget af cost driver blev også anset for at være vigtigere i CIM-virksomheder end hos traditionelle produktionsvirksomheder.

Vedrørende *hypotese 4*, viste det sig at omkostningerne i CIM-produktionen blev opdateret hyppigere end ved traditionel produktion. Til gengæld fandt Gosse ikke den store udbredelse af styring i realtid eller »on-line« omkostningsovervågning, som kunne forventes i CIM-virksomheder når der henses til det interne regnskab. Derimod anvendte virksomheder med CIM ofte såkaldte »off-systemer« eller informelle spreadsheets omkring omkostningsstyringen. Disse spreadsheets blev, bl.a. brugt til specielle rapporter omkring overvågning af direkte materialer, løn, værktøj, vedligeholdelse, kassation og produktionsspild. Ingeniører, produktionsfolk og økonomifolk fra tre af de fire CIM-virksomheder påpegede samtidig, at de ikke troede på at det formelle interne regnskab kunne forsyne dem med informationer i forbindelse med produktkalkulationen. I stedet fik disse persongrupper data fra bl.a. diverse telefoninterviews og manuelle kalkulationer.

Sammenfattende for Gosses undersøgelse kan siges, at CIM-virksomhederne faktisk ønskede bedre og mere præcise kalkyler for de forskellige ressourcer. Samtidig ønskede man at dette skulle kunne ske hyppigere f.eks. dagligt. Man havde med andre ord et behov for mere præcise kalkulationer under CIM end under traditionel produktion. Et vigtigt kritik punkt i Gosses undersøgelse er, at heller ikke her er undersøgt formålet med de fire CIM-virksomheders kalkulationer, ligesom der heller ikke er givet eksempler på hvad kalkulationen skal bruges til.

Det kan også konkluderes, at de registreringmæssige forudsætninger for en bedre og mere præcis kalkulation de facto er tilstede under CIM, men at virksomhederne ikke anvender denne mulighed. For CIM-virksomhederne går det også i retning af, at henhøre så mange support-omkostninger som mulig til CIM-området når de opstår, altså anvendelse af direct charging. Dermed motiveres til flere cost pools på supportsiden.

2.2.4 Foster & Horngren's Undersøgelse af JIT og Kalkulation

Et tredje studie som også er interessant her blev også foretaget af Foster & Horngren (1988b). Dette studie omhandler internt regnskab i JIT-omgivelser. Da JIT ofte integreres sammen med FMS/CIM eller sammen med andre produktionsformer, f.eks. FAS og FAL er her valgt også at medtage konklusionerne fra denne undersøgelse. Også dette studie er baseret på empiriske studier og diskussioner med virksomheder og forskellige konsulentfirmaer. Der er i dette studie ikke angivet hvormange personer undersøgelsen omfatter.

For det interne regnskabssystem og produktkalkylens vedkommende medfører implementering af en JIT-filosofi, jvf. Foster & Horngrens (1988b) undersøgelse, bl.a. at en virksomhed vil få følgende fordele,

- mere præcis produktomkostningsinformation i forbindelse med prisfastsættelse, fastlæggelse af produktmix samt i de tilfælde hvor omkostningerne skal godtgøres iflg. fastlagte kontrakter,
- bedre styring og tilregning af omkostningerne, hvor focus i JIT-omgivelser lægges på, at reducere de totale omkostninger for organisationen som helhed og ikke så meget på de enkelte typer af omkostninger, processer eller funktioner samt
- reducerede systemomkostninger, dvs. reduktion i de omkostninger der er forbundet med at udforme og vedligeholde selve det interne regnskabssystem. Dette kan gøres fordi JIT også medfører simplificering af aktiviteter og reduktion i antallet af registrerings-tidspunkter (trigger points). Eftersom målet for JIT er reduktion af varelagre forsvinder behovet også for f.eks. at registrere VIA.

I modsætning til Gosse (1993) påpeges her konkret til hvilke typer af beslutninger omkostningerne skal anvendes, jvf. ovenfor.

Dvs. JIT giver mulighed for mere præcis produktomkostningsinformation, fordi JIT i sig selv er med til at forenkle hele produktionsprocessen. Foster & Horngren beskriver både de omkostningsmæssige og de kalkulationsmæssige konsekvenser for såvel indkøbsområdet som produktionsområdet. Her skal kun behandles konsekvenserne for produktionsområdet, selvom konsekvenserne for begge områder dog i stor udstrækning er sammenfaldende.

I følge Foster & Horngrens undersøgelse, består forenklingen i forbindelse med JIT bl.a. i følgende forhold,

- produktionsflowet foregår efter et »demand-pull-princip«, hvorved VIA reduceres til et

minimum,

- focus sættes på at reducere den totale leadtid, hvorved virksomheden bliver mere fleksibel i forhold til efterspørgslen samtidig med, at den reducerer leadtid også er med til at reducere antallet af underleverandører,
- produktions-flowet stoppes totalt hvis der opstår fejl i modsætning til traditionel produktion hvor produktionen blot stopper ved den enkelte maskine. Grunden til at hele båndet stopper er, at der ikke er nogen buffer i JIT - eller at disse i så stor udstrækning som mulig søges minimeret - mellem de enkelte processer.
- focus sættes på at simplificere aktiviteterne i hele produktionsprocessen, således, at NAA kan udskilles og elimineres. Derfor omorganiserer JIT-virksomheder også maskiner, transportbånd etc.

Disse forhold har også medført ændringer for det interne regnskab og virksomhedens kalkulationsmetodik. Nedenfor i tabel 2-4 er de konkrete resultater af undersøgelsen gengivet summarisk.

TABEL 2-4
KONSEKVENSER FOR KALKULATIONEN UNDER JIT
HOS FOSTER & HORNGREN (1988b)

FORØGELSEN I HENFØRBARHEDEN AF VISSE OMKOSTNINGER
Ændringer i de underliggende produktionsaktiviteter Ændringer i muligheden for at henhøre omkostninger direkte
ELIMINERING ELLER REDUKTION I ANTALLET AF COST POOLS FOR HJÆLPE- OG SUPPORTAKTIVITETER
På grund af produktionsforholdene På grund af udskillelse af NAA, f.eks. -mindre lagerplads til VIA, -mindre plads til spild, kassation og genbearbejdningsprodukter samt -transport mellem maskinerne er tilpasset.
MINDRE VÆGT PÅ INDIVIDUEL LØN OG IPO-AFVIGELSER
-Virksomheder med JIT lægger mindre vægt på dette fordi disse afvigelser ikke bør gøres på cellebasis, men totalt for hele JIT-området
REDUKTION I NIVEAUET AF DETALJERET INFORMATION PÅ LØNSEDLER
-Produktionsprocessen er ændret så der er færre komponenttyper per færdigproduceret enhed -En del virksomheder har kun focus på direkte materiale, andre omkostninger herunder direkte løn tages som en periodeomkostning -Ændring fra et job-order-regnskab til et procesregnskab eller en ændring fra et job-order-regnskab til backflush-regnskab samt -Niveauet for detaljeret information omkring løn er reduceret

Forøgelsen i henførbareheden af visse omkostninger skyldes, bl.a. ændringer i de underlæggende produktionsaktiviteter, dvs. at omkostninger som tidligere blev klassificeret som indirekte nu kan og bliver transfereret eller henført direkte til JIT-området eller JIT-cellen. F.eks. udfører operatører i JIT-cellen ofte også reparation og vedligeholdelse samt setup-aktiviteter, noget som tidligere blev udført af en supportafdeling.

Henførbareheden og registreringen af omkostninger direkte til JIT-cellen og dermed også direkte til produkterne forøges via minicomputere og steg-koder. Selvom begrebet direct charging er ikke nævnt ved navn i denne undersøgelse, er det i realiteten det virksomheder med JIT stræber imod vedrørende omkostningerne fra supportafdelingerne.

Eliminering eller reduktion i antallet af cost pools for hjælpe- og supportaktiviteter skyldes bl.a., at man nu kan henføre omkostninger direkte, at visse NAA falder bort samt at der under JIT er mindre behov for registrering af VIA, spild, kassation etc. Også behovet for separate cost pools for pakning og designing blev reduceret iflg. undersøgelsen, idet man nu forsøger at simplificere dette så meget som muligt.

Virksomheder med JIT lagde også mindre vægt på afregning af individuel løn og IPO-afvigelser set i forhold til traditionelle produktionsomgivelser, som ofte anvendte et standardregnskab. Dette skete fordi disse afvigelser ikke bør gøres på cellebasis men totalt for hele JIT-området.

Behovet i niveauet af detaljeret information på lønsedler er reduceret i JIT-omgivelser. Dette skyldes igen den simplificering der implicit sker med implementering af JIT, herunder at selve produktionsprocessen er forenklet hvorved der er behov for færre komponenttyper. Endvidere registrerede flere virksomheder blot direkte materiale til den enkelte ordre og lod resten af omkostningerne være en periodeomkostning, herunder også den direkte løn.

Endvidere skyldes det også at virksomheder med JIT helt ændrede regnskabssystem og registreringsprocedure. F.eks. viste det sig at der skete en ændring fra et job-order-system til et proceslignede omkostningssystem. Dette skyldes at produktionslinien producerer på et konstant flow-basis og har dermed stor lighed med en proces-orienteret produktionsform. Dette skyldes også, jvf. Foster & Horngren, at med den forøgede interesse for kvalitet, er der mere homogenitet i de enkelte processer. Derfor ændrede virksomhederne også fra relativt mange omkostningscenter til et færre antal omkostningscentre eller omkostningssteder, hvorved også omkostningssystemet blev gjort mindre detaljeret.

Der skete også en ændring fra et job- eller procesbaseret omkostningssystem til et såkaldt »backflush omkostningssystem«. Et backflush omkostningssystem er et registreringsystem hvor man kun registrerer omkostninger ganske få gange og på bestemte tidspunkter. Ved et backflush-system registreres det totale omkostningsforbrug, f.eks. kun på indkøbstidspunktet

og på salgstidspunktet. Dette skyldes netop, at man ved JIT ikke forventer VIA eller lange produktionstider, hvorfor det ikke er nødvendigt at registrere værdien af halvfabrikata på forskellige produktionsstrin.

Undersøgelsen viste også, at de mange lønkategorier blev reduceret under JIT. Dette skyldes dels, at lønandelen generelt var faldende samt at mindre vægt blev lagt på lønnen som en separat omkostningsgruppe. Dette skyldes også, at operatørene fik karakter af overvågningspersonale af flere maskiner. Endvidere påpeges også, at virksomheder med JIT ofte lader lønnen indgå sammen med andre indirekte produktionsomkostninger i ét samlet cost pool, eller lader lønnen gå ud som en periodeomkostning¹¹⁾. Når direkte løn således elimineres eller slås sammen med andre omkostninger, er muligheden for at anvende disse som cost driver også begrænset.

På samme måde som Foster & Horngren's undersøgelser omkring FMS, går også konklusionen her omkring kalkulationen for JIT i begge retninger, dvs. både via anvendelsen af partielle modeller, dvs. visse henførbare omkostninger - ofte blot særomkostningerne - henregnes til kalkulationen samt anvendelse af en full-cost model. Dette kan, bl.a. konkluderes ud fra, at visse virksomheder anvender en procesflow-tankegang eller en backflush-tankegang, hvor det normale indhold i begge typer af kalkulationer, er at samtlige omkostninger indgår såvel direkte løn, direkte materiale samt andre indirekte produktionsomkostninger. Sidstnævnte er ofte blot samlet i én standardssats eller en forædlingsomkostningssats.

Opsummeret betyder de ovennævnte forhold bl.a.,

- at omkostningsplanlægningen ikke påbegyndes førend produktion er sat igang, og at der lægges vægt på forhold som DFM, lave omkostninger, kvalitet, hurtig levering, fleksibilitet og reduktion af NAA,
- focus på omkostningsreduktion via reduktion af den samlede leadtid eller via »cost reduction cycles« som anvendes i den japanske »target costing« teori samt
- focus på omkostningsstyringen når produktionen er startet. Dette kan gøres, f.eks. via bedre observation af operatører, standardafvigelsesanalyser eller præstationsnøgletal, f.eks. setup-tid, leadtid, antal defekte etc. Også anvendelse af target costing kan anvendes.

Sammenfattende for Foster & Horngrens undersøgelse omkring JIT kan siges, at der en forholdvis stor variation i undersøgelsen både med hensyn til krav til udformingen af IR, herunder antallet af cost pool, typen af cost driver og hvor detaljeret omkostningsinformation man ønsker. Dog synes der en tendens til et mere simpelt internt regnskab og simple kalkulationer, når der *alene ses på JIT*. Men når kalkylerne bliver mere simple i JIT-omgivelser, skyldes dette dog næppe i sig selv JIT-princippet, nærmere at virksomhederne er *nød til* at ændre deres produktionsstrategi for i tilstrækkelig grad, at kunne *opfylde filosofien* i JIT-konceptet. JIT i sig selv behøver dog ikke at medføre nogen kalkulationsændringer. Selvom kalkylen - som ovenfor

11) Dette harmonerer også med Cooper & Kaplan (1991b, p. 165) som foreskriver at lade et vist minimum af operatører indgå i kapacitetsomkostningerne.

nævnt - generelt forenkles under visse former af JIT, betyder dette dog ikke i sig selv, at også omkostningerne i kalkylen skulle blive upræcise selvom der dog er vis risiko herfor, alt andet lige.

Et spørgsmål som kunne stilles er dog, om denne simple tankegang som det udtrykkes i undersøgelsen her også er holdbar, hvis JIT kombineres med andre produktionsmetoder, f.eks. FMS eller FAS/L eller under markedsmæssige betingelser hvor prisen f.eks. spiller en vis rolle. Dette spørgsmål kan ikke umiddelbart besvares ud fra Foster & Horngrens undersøgelse alene, men kræver mere forskning omkring specifikke produktionsforudsætninger, markedsforhold og kalkulation. Men det kan konkluderes, at hvis man betragter hele JIT-området som ét cost pool, bliver der f.eks. ikke mulighed for at vurdere de enkelte processer eller visse dele af en produktionsproces omkostningsmæssigt.

Tilsvarende bliver det heller ikke muligt, f.eks. at vurdere in- og outsourcing problematikken til en underleverandør i omkostninger, noget som stadig får forøget interesse i praksis. Principelt er der ikke noget nyt i at henhøre så mange omkostninger som mulig til et omkostningscenter eller et produkt. Det har stort set altid være en målsætning. Det nye ligger nærmere i, at på grund af den forøgede fleksibilitet og den kortere leadtid, er det nu lettere at afgrænse de tidligere indirekte omkostninger mod tiden via input og output og de dermed tilhørende produktvarianter.

2.2.5 Holbrook's Casebeskrivelse Omkring JIT og Kalkulation

Yderligere skal omtales en casebeskrivelse af Holbrook (1988) på virksomheden »Stanadyne Automotive Products Group« som også omhandler en virksomhed som implementerer et JIT-system. Grunden til at medtage dette studie er, at dette angiver specifikt hvad der skete med den pågældende virksomheds kalkulation, da man gik fra ordinær job-shop-produktion til job-shop-produktion med tilhørende JIT-filosofi. Produktionen her kan karakteriseres som af job-shop karakter, dvs. ordreproduktion til kunder af specifikke produkter, nærmere betegnet nogle dieseltilføringssystemer til biler. Prisen er hovedsaglig fastsat af markedet.

Problemet opstod i slutningen af 70'erne hvor virksomheden var underleverandør for General Motors af disse dieseltilføringssystemer og hvor efterspørgslen havde været stærkt stigende. Efter at benzinprisen igen var begyndt at falde i starten af 80'erne faldt også efterspørgslen efter dieselmotorer og de dertilhørende tilføringssystemer. Dette efterlod Stanadyne med en overskudskapacitet, hvorfor man begyndte at lede efter nye markeder for dieselmotorer. Dette fandt man så i Europa. Problemet med de europæiske kunder var blot, at disse ikke ville betale mere for produkterne end hvad der svarede til de dengang variable omkostninger. Dette betød, at man måtte gøre noget for at reducere omkostningerne og skabe en profit, hvorfor man valgte at omlægge produktionen af dieseltilføringssystemer til JIT-produktion.

Dette medførte bl.a., at man begyndte at sætte focus på processer og DFM, dvs., man reorganiserede maskinerne blot ved at flytte disse, man søgte at eliminere variationen i produktionen og man involvede medarbejderne langt mere end hidtil. Man udformede derefter forskellige produktionsceller til de enkelte komponentfamilier for produkterne, og fik dermed et mere synkront produktionsforløb forstået på den måde, at hvis 1.000 enheder skulle igennem første proces, skulle der også 1.000 enheder igennem sidste proces indenfor den planlagte tid. Dette medførte væsentlig reduktion i leadtiderne. Alle disse nye tiltag medførte herefter de klassiske effekter, som reduktion i lagrene, reduktion i antallet af produktionstyringsfolk etc.

Man havde tidligere under mere traditionel produktion - dvs. uden JIT-filosofien - anvendt et standardregnskab som skulle håndtere 3.000 forskellige komponent- og halvfabrikatatyper på 13 forskellige niveauer i styklisten. Man kunne hertil beregne standardomkostninger for en komponent eller et halvfabrikat på hvert af disse 13 niveauer. Problemet var, at medens systemet var forholdsvis kompliceret men dog præcist, kunne man ikke få oplysninger om de faktiske stykomkostninger. Systemet kunne heller ikke informere om det virksomheden kaldte de »kritiske faktorer« f.eks. leadtid, kvalitetsmål og serviceniveau, hvilket man havde et stort behov for. Systemet var som det udtrykkes »maskinorienteret« hvor det i realiteten skulle være »produktororienteret«.

Med implementering af JIT blev vægten istedet lagt på de produktionsmæssige og aktuelle stykomkostninger istedet for nogle komplicerede standardomkostningsberegninger. Dette blev gjort ved, at få så mange omkostninger som muligt - som tidligere blev betragtet som indirekte omkostninger i relation til produkterne og henført via diverse cost drivers - blev gjort henførbare direkte til JIT-cellen. Dette gjaldt, f.eks. vedligeholdelsesomkostninger, værktøjsomkostninger, lønomkostninger, materialeomkostninger samt diverse hjælpe- og supportomkostninger.

Under JIT kunne disse omkostninger nu henføres og registreres direkte i relation til JIT-cellen, hvorfor disse også kunne registreres direkte til det enkelte produkt som løb igennem JIT-cellen. Dermed blev hele cellen i princippet betragtet som ét samlet cost pool. Man havde, jvf. Holbrook *ikke* brug for at kende procesomkostningerne for opskæring, bearbejdning, svejsning etc. Man ønskede blot et estimat for de aktuelle gennemsnitlige stykomkostninger fra cellen fra tidspunkt for input til tidspunkt for output.

Stykomkostningerne under JIT blev beregnet ved, at dividere alle de de henførte omkostninger som den ansvarlige for JIT-cellen kunne kontrollere, med størrelsen af det pågældende produktionsparti eller output fra JIT-cellen. Altså på samme måde som hos Foster & Horngren (1988b) en form for »direct average costing«. Holbrook kalder systemet for »*direct variable costing*«. Man lagde stor vægt på enheds- eller stykomkostningsbegrebet, idet dette virkede simpelt og fleksibelt i den bemærkelse, at man blot kunne tillægge omkostninger for nye processer, man kunne forøge volumen uden at tænke på fordeling af IPO, man kunne ændre setup-proceduren eller man kunne ændre processerne og straks havde man de nye gennemsnitlige og aktuelle stykomkostninger.

Virksomheden lagde vægt på en simpel kalkulationsmodel eller som Holbrook siger, »*it's not perfect but it is simple*«. Samtidig afspejler stykomkostningen også de faktiske omkostninger. Denne kalkulationsberegning, som blev anvendt under JIT, blev betragtet som simpel, bl.a. fordi der ikke indgik noget tillæg eller beregning af IPO. Alle omkostninger som den pågældende produkt- og omkostningsansvarlige kan kontrollere blev henregnet til cellen.

Samtidig kunne dette begreb hjælpe til i den løbende forbedring af produktionsprocessen. I virksomhedens tidligere standardregnskabet var der ingen reaktion, blot man opfyldte samtlige standarder. Det betød dog ikke, at det var en »god og effektiv standard«. Man koncentrerde sig blot om at opfylde standarden, hvilket betød, at man aldrig forbedrede sig.

Man havde tidligere et full-cost system. Men da markedsprisen var givet udefra, havde man ingenting at anvende en full-cost kalkyle til. Derfor var denne værdiløs. Man gik derfor over til en resultatopstilling ud fra en form for bidragsprincip. Ud fra denne kunne virksomheden nu se »det faktiske direkte dækningsbidrag« for hver produkttype. Samtidig kunne man se de indirekte omkostninger på hvert hovedområde og man kunne derfor planlægge efter hvor meget de enkelte områder skulle koste eller afkaste.

Nedenfor i tabel 2-5 er vist opstillingen af virksomhedens nuværende kalkulationsmodel efter det »nye JIT-princip«.

Vægten blev nu lagt på begrebet »direct profit contribution«, altså hvad er der tilbage til dækning af ikke-henførbare omkostninger samt en profit. Derfor blev der med ovenstående model lagt vægt på, at man kan styre residuelt på de indirekte omkostninger, dvs. omkostninger som tidligere blev betragtet som »faste« eller som Holbrook siger »*our overhead is not fixed, our overhead is a managed cost*«. F.eks., kunne spørgsmålet være, »hvor store overheads har vi råd til indenfor den enkelte produkttype, f.eks. omkring salgs- og administrationsomkostninger? Det »direct profit contribution« blev i realiteten en konstant og de »ikke-henførbare omkostninger« en variabel.

Sammenfattende for Holbrooks case kan siges, at det her i høj grad er formålet med kalkylen som bestemmer den konkrete udformning af kalkulationen og således om de indirekte omkostninger skal fordeles eller ikke. Selvom Holbrook siger, at man ikke har noget ønske om en traditionel full-cost model, tyder meget dog på, at det man søger - så langt det nu går - ved at henføre så mange omkostninger som mulig til JIT-cellen, i realiteten er en full-cost model indeholdende de kontrollerbare omkostninger. Hvis man var i stand til at henføre f.eks. salgs- og administrationsomkostningerne ville man være »meget tæt« på en traditionel full-cost model. Casen viser måske tydeligere end Foster & Horngrens undersøgelser omkring JIT, hvordan en kalkyle konkret kan udformes under JIT. En væsentlig forskel mellem Foster & Horngren (1988b) og Holbrook er, at hos sidstnævnte havde man et stort ønske om, at kunne se de totale henførte gennemsnitlige stykomkostninger, altså langt hen ad vejen tæt på en full-cost model, hvorimod dette ikke kom frem hos Foster & Horngren.

TABEL 2-5
KALKYLEMODEL EFTER DE DIREKTE HENFØRBARE OMKOSTNINGER
NÅR JIT-OMGIVELSERNE BETRAGTES SOM ÉN CELLE HOS HOLBROOK (1988)

Produkttype
Netto Omsætning:
-Service
Netto Salg
Direkte Omkostninger:
Materialer
-OEM
-Service
-Afvigelser
Total Materialer
Andre Henførbare Omkostninger:
-OEM
-Service
-Afvigelser
Total Henførbare Omkostninger
Direct Profit Contribution
Direct Profit Percentage
FOR ALLE PRODUKTER:
-Ikke Henførbare Omkostninger
-Salgs & Adm. Omkostninger
-Andre Support Omkostninger
Indtægt før Skat

Spørgsmålet er derfor også her, hvordan ville en kalkulemodel under JIT se ud såfremt man havde indflydelse på prisen eller såfremt man på samme tid producerede flere forskellige varianter i sammen produktionssystem, eller ønskede omkostningsoplysninger i forbindelse med in- og outsourcing?

2.2.6 Konklusion på de Amerikanske Studier

Konklusionen for samtlige ovenfor nævnte amerikanske undersøgelser og modeller kan betegnes som gående i forskellige retninger omkring kalkulationsforhold og MPU. Det er svært ud fra disse forholdvise generelle undersøgelser, at sige noget mere konkret om selve de specifikke produktionsforudsætninger og de dertil hørende kalkulationsmetoder og kalkulationsprincipper. Samtidig kan også påpeges flere svagheder i de ovennævnte amerikanske synspunkter f.eks.,

- man undersøger ikke virksomhedens konkrete formål med kalkulationen, hvilket er alt afgørende for virksomhedens kalkulationsfilosofi,
- man differentierer ikke tilstrækkeligt på selve produktet eller produktvarianter, for at afgøre om der kræves forskellige processer samt
- man differentierer ikke på hvilke beslutninger der skal træffes ud fra kalkylen.

For undersøgelserne foretaget specielt af Foster & Horngren (1988a,1988b) samt af Holbrook kan det konstateres, at der er forholdsvis lille variation mellem de enkelte virksomheder på området omkring henføringen af omkostningstyper, antallet af cost pools, typen af cost drivers samt af regnskabssystem generelt. Der ser ud til, at være en tendens til at gøre hele det interne regnskab og dermed kalkylerne mere simple. Implementeres også en JIT-filosofi synes det som om, at regnskabssystem og kalkulation kan forenkles endnu mere. Der er dog en vis variation mellem Foster & Horngren og Gosse (1993). I sidstnævnte tilfælde er tendensen til mere detaljeret omkostningsinformation.

Problemet med Foster & Horngren er, at deres undersøgelser omfatter flere forskellige typer af produktionsforudsætninger hvilket gør, at det ikke bliver entydige resultater omkring kalkulationen. Derfor er det heller ikke lykkedes, at komme med mere konkrete bud på hvordan omkostninger og kalkyle kan tilpasses FMS/CIM-produktion. Dog viser Holbrooks studie, at hvis man indfører JIT, og prisen er fastsat, så kan virksomheden anvende forholdvis simple kalkyler. Dette er i modstrid med den seneste tyske indstilling nedenfor.

I Tyskland har man derimod gjort langt mere eksakte studier og udformet modeller omkring såvel IR som udformningen af virksomhedernes kalkulationsforhold, kombineret med en klassifikation af de konkrete produktionsforudsætninger.

2.3 To Tyske Studier Omkring FMS, FAL og Kalkulation

Af forfattere i den tyske litteratur som specielt har behandlet IR og kalkulationsproblemer under FMS, kan nævnes en Ph.D-afhandling af Knoop (1986). Knoop var en af de første der udførte et konkret empirisk studie omkring simulering, kalkulation og MPU. Et andet interessant studie er Kleiner's (1991) Ph.D-afhandling, specielt med udgangspunkt i Riebels tanker omkring registrering af omkostninger. Herudover findes litteratur omkring specielle kalkulationsforhold og problemer under MPU, som har været fremme siden midten af 80'erne. Her kan nævnes kalkyleproblemer ved fleksible bearbejdningscentre, jvf. f.eks. Schlingensiepen (1987).

Nedenfor er gengivet Knoops og Kleiners tanker og modeller. Dette dels på grund af at disse anvender simulering, dels fordi disse er centreret omkring omkostninger og kalkulation. Det interessante her er modellernes opbygning og forudsætninger, ikke de konkrete simulationsresultater i kroner og øre. Der sker hos de to forfattere heller ingen sammenligning mellem

simuleringsresultater fra deres egen model og over til de konkrete virksomheders kalkulationsresultater eller andre resultater. Derfor er vægten her også lagt på en beskrivelse og analyse af de to forfatters forudsætninger til en kalkulationsmodel.

2.3.1 Knoop's Studie Omkring FMS og Kalkulation

Knoop (1986) tema er »Online-Kostenrechnung für die CIM-Planung - Prozeßorientierte Kostenrechnung zur Ablaufplanung flexibler Fertigungssysteme«. Heri undersøger Knoop hvilken nytte eller rolle en on-line datafangst har, dels for omkostningsdata, dels for loadingfilosofien og rækkefølgen af forskellige produkter i et fleksibelt færdiggørelsessystem. Dette gøres via simulering hvor Knoop, ud over at se på tids- og mængdestørrelser, også anvender en kalkyleomkostningsmodel som er sammenkoblet sammen med en virksomheds FMS-system via et CIM-koncept. Planlægningen af rækkefølgen af forskellige produkter anses som et *kortfristet problem* og det er dette problem Knoop primært behandler.

Denne omkostningsmodel anvendes i idefasen eller designfasen for at få et omkostningsestimat for en given produktvariant. For at nå dette integrationsniveau af tekniske og omkostningsmæssige data, gør Knoop forskellige antagelser omkring IR, herunder bl.a. opdelingen i cost pools, omkostningsbegreb, cost drivers etc. Forudsætningen er at FMS-systemet anvendes til serieproduktion. Knoop's studie bygger på en tysk bilproducents FMS/CIM-system som anvendes til produktion af forskellige typer af bilmotorer. Virksomheden er serieproducerende med ca. 6.000 forskellige komponenter hvoraf ca. 2.000 anvendes regelmæssigt.

Simulering giver, jvf. Knoop mulighed for at gøre eksakte økonomiske omkostningsberegninger og at anvende en dynamisk model til sammenligning af produktionsfilosofier eller alternativer i et FMS/CIM-system (dynamisierten Kostenvergleichsrechnung), eller som Knoop udtrykker det.

»Ein Hiltsmittel zur Darstellung der Auswirkungen unternehmerischer Entscheidungen ist die Simulation. Mit ihr können reale Vorgänge an einem Abbild der Wirklichkeit (dem Modell) durchgespielt und durch metodisches Probieren an diesem Modell die Beantwortung der Frage ermöglicht werden: Was ist, wenn...«?
Als Hiltsmittel zur Wirtschaftlichkeitsanalyse flexibler Fertigungssystem ermöglicht die Simulation die Entwicklung eines Modells zur Dynamisierten Kostenvergleichsrechnung» (Knoop 1986,p 1f).

Knoop mener dermed at kunne besvare følgende spørgsmål:

- kan man indenfor en given planlægningsperiode nå den planlagte udnyttelse af FMS-systemet,
- med hvilke organisatoriske forholdsregler kan færdiggørelsesomkostningerne reduceres,
- hvordan virker en reduktion af den samlede leadtid på de samlede serieomkostninger,

- hvilken kapacitetsudnyttelse giver de laveste færdiggørelsesomkostninger samt
- hvilken maskinkonfiguration med et givet produktionsprogram, giver de laveste serieomkostninger.

Knoop udfører 2.300 simuleringer under forskellige prioritetsregler og færdiggørelsesstrategier, for at se den omkostningsmæssige virkning af disse spørgsmål.

For at kunne afprøve disse forhold, ændres forskellige variable og modelparametre som f.eks. antal palletter, størrelsen af stødpuddelager, seriestørrelsen, produktionsprogrammets sammensætning, transportveje, loadingfilosofi etc. Specielt loadingfilosofien (Einschleungsstrategien) spiller her en vigtig rolle for de samlede serieomkostninger hævder Knoop. Knoop ser således mere på den *operative omkostningsstyring*. Ved at kombinere forskellige regler, f.eks. maksimale- eller minimale færdiggørelsesomkostninger med forskellige strategier, f.eks. minimal eller maksimal gennemløbstid fåes i alt 130 forskellige kombinationer, hvoraf kun de 91 er relevante og testes hos Knoop.

Knoop anvender også ideen om »den medløbende kalkulation« (mitlaufende, schritthal tenden bzw. Produktionskalkulation) i simuleringen, hvorved denne er tilkoblet on-line de forskellige variable og parametre i produktionsområdet. Hovedvægten i Knoops arbejde er således, at skabe de instrumentale forudsætninger for det - som han kalder - »et procesnært internt omkostningsregnskab med tilhørende kalkulation« for dermed, at kunne afprøve forskellige påvirkningsfaktors omkostningsmæssige betydning samtidig med at man kan søge at minimere omkostningerne i produktionen.

Simuleringsmodellens forudsætninger bygger på Heinens (1985) produktions- og omkostningsteori samt visse indflydelsesfaktorer i produktionen - i ABC-terminologi også kaldet cost drivers - jvf. Knoop (1986,p 52ff). Som internt regnskabssystem foretrækker Knoop Kilgers (1985) grænseomkostningssystem baseret på standarder (Flexible Plankostenrechnung und Deckungsbeitragsrechnung) som er udviklet igennem årene af bl.a. Plaut og Kilger fremfor Riebels mere stringente registreringssystem¹²⁾.

Grunden til at Knoop (1986,p 76f) vælger Kilger & Plauts system skal bl.a. findes i begrundelsen omkring den væsentlige betydning begrebet »omkostningssted« har i dette system og omkostningsstedernes stærke aktivitetsorienterede præg til styring og kontrol og systemets indbyggede fleksibilitet.

Dette betyder bl.a., at stykomkostninger i Knoops simuleringsmodel bygger på følgende forudsætninger:

- der opdeles i omkostningspladser,

12)Kilger og Plauts system minder på mange måder om den oprindelige tanke i ABC-regnskabssystemet fra USA fra slutningen af 80'erne, hvorimod den nyere udvikling via Activity-Based Profitability Analysis, jvf. Cooper & Kaplan (1991a) på mange måder minder om Agtes (1959) tanker fra 50'erne om en trinvis opdeling af et »bidragshieraki« jvf. også tidligere. Også Staubus (1971,1990) har været inde på ABC-tankens tidligere.

- der skal findes homogene cost drivers, som kan udtrykkes via den faktisk anvendte tid ved det enkelte omkostningssted eller maskine,
- de proportionale stykomkostninger inklusiv variable indirekte omkostninger, henregnes direkte til produktet samt
- de resterende andre indirekte produktionsomkostninger fordeles først ud på omkostningsstedet og derefter ud på objekterne eller produkterne via valget af en cost driver på omkostningsstedet.

Sidste punkt ovenfor er en udvidelse i forhold til Kilger & Plauts oprindelige model, idet omkostningsstedets faste omkostninger normalt skal forblive på omkostningsstedet og ikke deles ud på produkterne. Men som Knoop påpeger, ville man *ikke få nogen belastning på produkterne* af det faste anlæg, hvis man undlod at inddrage de faste omkostninger eller mere præcist:

»Die Fixen Kosten müssen als Bestandteil des Auswahlkriteriums hinzugezogen werden, weil sich in ihnen primär die Ausstattungsparemeter und insbesondere der prozessabhängige Bedarf an Betriebsmitteln niederschlägt« (Knoop 1986,p 126).

Knoop (1986,p 89) inddrager kun omkostninger som er relateret til produktionsprocessen, dvs. de omkostninger som er knyttet til en allerede truffen beslutning omkring et produktionsprogram (Vorgabekosten). De direkte materialeomkostninger indgår ikke. I modsætning til Foster & Horngren (1988a) udtrykker Knoop klart, at det *ikke* er hensigtsmæssigt at betragte hele FMS/CIM-cellen som ét enkelt omkostningssted ved at sige:

»Flexible Fertigungssysteme können in ihrer Gesamtheit als kostenrechnerischen Verantwortungsbereich gegenüber anderen Fertigungsbereichen, wie z.B. einer Wertstatt- oder Linienfertigung festgelegt werden. Dieses Gliederungsmerkmal ist jedoch für ein prozessnahes Controlling der Kosten innerhalb des Fertigungssystems zu grob, da die Arbeitsstationen unterschiedlich hohe Kosten verursachen« (Knoop 1986,p 91).

Derefter anbefaler Knoop en opdeling af omkostninger efter typen af systemkomponenterne i FMS-systemet, dvs. de enkelte typer af maskiner som indgår i et FMS-system, f.eks. målestationer, vaskestationer, arbejdsstationer, transportsystemer etc. Dette gøres for at stykkalkulationen kan afspejle de konkrete ressourcer og omkostninger som det enkelte produkt kræver og forårsager, eller som Knoop udtrykker det:

»Mit der sehr differenzierten Aufteilung des flexiblen Fertigungssystems in einzelne Kostenplätze wird vermieden, dass Systemkomponenten unterschiedlicher Kostenstruktur zusammengefasst werden und damit einerseits die Kostenkontrolle unmöglich und andererseits die Kalkulation aufgrund der gemittelten Kostensätze ungenau wird« (Knoop 1986,p 91f).

Nedenfor i tabel 2-6 er kort skitseret hvilke omkostningstyper der indgår samt hvordan disse fordeles.

TABEL 2-6
OMKOSTNINGSTYPER OG DERES FORDELING UNDER EN CIM-ON-LINE KALKYLE
HOS KNOOP (1986,1987)

OMKOSTNINGSBESTEMMELSE I KALKYLEN
Direkte materialer indgår ikke i simuleringen men i kalkylen
Direkte løn betragtes som en stor blok, der henregnes til FMS/CIM-cellen dels fordi en stor del er overvågning, dels fordi operatørene veksler mellem maskinerne
Periferi-omkostninger - som Knoop kalder disse - er omkostninger i f.m. EDB, værktøjsforberedelse etc., og skal behandles på samme måde som direkte løn
De resterende omkostninger fra FMS/CIM-cellen - også benævnt som »fælles færdiggørelsesomkostninger« afregnes via en maskintimesats. Dette er bl.a., -afskrivninger, -arealomkostninger, -energiomkostninger, -vedligeholdelsesomkostninger, -hjælpe og driftomkostninger, og -værktøjsomkostninger. I kalkylemodellen for FMS-systemet differentieres denne maskintimesats på <i>hver omkostningsplads</i> (f.eks. en bestemt proces) og henregnes via denne til det enkelte produkt.

Knoop anbefaler at differentiere alle omkostninger efter et funktionelt eller et forløbsmæssigt udgangspunkt som også stemmer overens med de enkelte systemkomponenter i FMS-systemet, dvs. den enkelte proces. Knoop vurderer på to afgørende output,

- leadtiden samt
- færdiggørelsesomkostningerne.

Sammenfattende for Knoops kalkulationsmodel kan siges, at denne er en videre udvikling af Kilger & Plaunts stykkalkulation fra en statisk til en dynamisk kalkyle og hvor »produktets grænseomkostning« opbygges successivt over procestiden. Det er dette som Knoop betegner som en medløbende eller »mitlaufende« horisontal kalkulationsmetode. Denne medløbende kalkulation har også den fordel, at den letter omkostningskontrollen. Afvigelser opstår derfor ikke efterfølgende som ved traditionelle kalkyler, men direkte per objekt ved den enkelte omkostningsplads. Samtidig bliver kalkylen langt mere eksakt ligesom omkostningerne indirekte også afspejler produktionsprogrammets sammensætning, eller en evt. manglende synkronisering af de enkelte processer.

Knoops model er dermed langt mere detaljeret og differentieret end hans amerikanske kollegaer. Knoop påpeger konkret, at ressourcer og omkostninger bør henføres til de enkelte proceskomponenter, dvs. maskineenheder eller processer som indgår i FMS-systemet. Samtidig

sætter Knoop focus på CIM-konceptet ved at sige, at det skal være en procesnært omkostningsstyret on-line kalkyle, hvor man hele tiden, via den medløbende kalkulation har styr på omkostningerne. Også her er leadtid og de samlede serieomkostninger i centrum sammen med værkstedslayoutet, som nogle af de afgørende faktorer for omkostningerne. Tiden anses som den vigtigste cost driver, ligesom den enkelte omkostningsplads, f.eks. maskine anses for at udgøre ét cost pool.

Modsat den amerikanske tankegang, mener Knoop ikke at det er tilstrækkeligt blot, at betragte hele FMS-cellen som ét samlet cost pool trods det forhold, at Knoop mener at hans model er forholdsvis kortfristet. Så selv i en kortfristet model mener Knoop, at alle produktionsomkostningerne bør inddrages. I USA lægges derimod ikke så stor vægt på stykomkostninger under operative beslutninger, idet disse i højere grad foreskriver præstationsnøgletal istedet, jvf. f.eks. Foster & Horngren (1988a,b) samt Cooper & Kaplan (1991b). Tilsvarende skelner Knoop *ikke mellem operative og strategiske situationer*, hvor amerikanerne foreskriver, at man bør anvende præstationsmål for mere operative beslutninger og omkostninger, f.eks. ABC ved mere strategiske beslutninger. Knoop derimod, foreskriver at omkostningerne, enten stykomkostninger eller en series omkostninger, også bør indgå som styringsinstrument på det operative niveau.

2.3.2 Kleiner's Studie Omkring FAL og Kalkulation

Da Kleiners (1991) tanker og model behandler hele det interne regnskabsvæsen, og hvordan dette bør udformes under fleksible produktionsforudsætninger, skal her kun behandles de tanker Kleiner har gjort sig omkring kalkulationsmodellen og dens forudsætninger.

Kleiners (1991) tema er »Kostenrechnung bei Flexibler Automatisierung« og bygger på en udvikling af Riebels tanker omkring registrering af omkostninger i virksomhedens interne regnskab således, at dette også bliver anvendeligt til fleksible produktionsomgivelser. Kleiner behandler i modsætning til Knoop dermed et mere langsigtet problem. Kleiner ser således både på omkostninger og indtægter (Kosten und Leistungsrechnung) under MPU og under to variable, -produktionsprogrammets sammensætning samt -kapaciten.

Begge steder med vægten lagt på kalkulation.

Kleiners model er foreløbig en teoretisk udviklet model, som han senere vil afprøve i virkeligheden. Udgangspunktet for beregningerne er dog et mere eller mindre hypotetisk eksempel omkring en industriel seriemontage byggende på et FAL-linie (Flexible Assembly Line). Målet er, at gøre en nyudvikling af »dækningsbidragsprincippet« i relation til et totalt produktionsprogram og i relation til kapacitetsplanlægningen eller som Kleiner beskriver det:

»Ziel dieser Arbeit ist die Neukonzeption von Deckungsbeitragsrechnungen mit deren Hilfe die Entscheidungsträger im Rahmen ihrer Aufgaben bei der Programm- und Kapazitätsplanung wirkungsvoll unterstützt werden können. Hierfür muß ein Instrumentarium geschaffen werden, das es ermöglicht, die relevanten Kosten und Leistungen der unterschiedlichsten Alternativen im Rahmen der Programm- und Kapazitätsplanung zu ermitteln und in der Deckungsbeitragsrechnung gegenüberzustellen«. (Kleiner 1991,p 3).

Nogle af de problemstillinger som Kleiner prøver at besvare er bl.a.,
-svare typen og den mængdemæssige sammensætning af produktionsprogrammet til kravstrukturen på markedet, eller skal virksomheden
-eliminere eller udvikle nye produkter eller varianter eller
-gøre en forandring i produktionsprogrammets mængdestruktur?,
-lønner det sig at gøre forandringer omkring forholdet »egen fremstilling eller produktion ude i byen«?

Kleiner har ikke den enkelte stykkalkulation i centrum som sådan, men derimod om det lønner sig via forandring i hele produktionsprogrammets sammensætning at forøge det samlede dækningsbidrag for virksomheden (Differenzdeckungsbeiträge). Til dette anvendes simulering tilkoblet en integreret databank. Da udgangspunktet her er Riebels stringente registreringsmodel, er »simuleringen« her deterministisk.

Det skal dog påpeges, at Kleiner ikke blot ser dækningsbidragsmodellen som den endelige løsning eller som han siger:

»Die Arbeit soll nicht mit der theoretischen Beschreibung des Aufbaus der Deckungsbeitragsrechnungen enden« (Kleiner 1991,p 5).

De vigtige områder i Kleiners studie set i relation til dette afhandlingsarbejde, er tanker omkring tilregningen af omkostningerne og kravsspecifikationen omkring kalkulationen og den fleksible produktionsform.

Efter at have gennemgået hvad fleksibel produktion er og hvad der kendetegner denne, opstiller Kleiner (1991,p 14) nogle krav til IR, både med hensyn til opgaver samt hvilken metodik der bør anvendes.

Et krav er bl.a. at,

-det interne regnskab bør kunne informere om de relevante omkostninger og indtægter ved forskellige handlingsalternativer set i rammen af en given produktionsplan.

Krav til metodikken omfatter, bl.a. hensyntagen til ændringer i struktur og afhængigheden i ressourcer og omkostninger, bl.a. på grund af følgende forhold.

*På grund af de stadigt stigende faste omkostningers andel af de totale omkostninger, bliver der til stadighed sat spørgsmålstegn ved kun at se på de variable omkostninger.

Der bør derfor udfindes »nye« metoder til at kunne inddrage de faste omkostninger i beslutningssituationen.

*Omkostninger i produktionen er for en stor dels vedkommende allerede bestemt af de teknologiske processer og af produktionsprogrammets sammensætning. Samtidig vil den forøgede strukturelle fleksibilitet (hvilken maskine og hvilken transport) betyde, at der eksisterer flere *forskellige muligheder* for at fremstille et givet produkt. Dette er ofte også forbundet med forskellige omkostninger. Den endelig fastlæggelse af et produktionsprogram kan først udføres når kapaciteten er fastlagt, på samme måde som omkostningsbestemmelsen også først kan ske når kapaciteten er fastlagt.

*På grund af at de indirekte afdelinger og hjælpeafdelingers stadig stigende betydning, såvel ressourcemæssige som omkostningsmæssigt ved stigende automatisering, forøges også behovet for at inddrage de forandringer der sker i disse afdelinger og dermed behovet for at lade disse forhold indgå i de forskellige beslutningssituationer.

Det er disse generelle strukturforandringer som udspringer af anvendelsen af moderne produktionsforhold som Kleiner i langt højere grad mener bør inddrages i en given model og dermed i virksomhedens beslutninger.

Tendensen af de stigende faste omkostninger ved fleksibel produktion samt den tiltagende tidsuafhængighed mellem de såkaldte ydelsesbetingede omkostninger (Leistungskosten) og de beredskabsmæssige omkostninger (Bereitschaftskosten) gør det relevant, ikke alene at se på de ydelsesmæssige omkostninger, men også at inddrage de beredskabsmæssige omkostninger med tilhørende tidsbindinger eller tidsudstrækninger når et samlet dækningsbidrag skal beregnes, jvf. Kleiner (1991, p 5). Dermed opereres i et system med multiple dækningsbidrag, beregnet efter tidsmæssige differencer og bindinger.

Ved at udforme forskellige algoritmer tilkoblet en fælles database, bliver Kleiner i stand til, at opstille og udforme specielle regnskabs- og dækningsbidragsopgørelser (Auswertungsrechnungen). Det hele skal kunne gøres på en lokal PC'er.

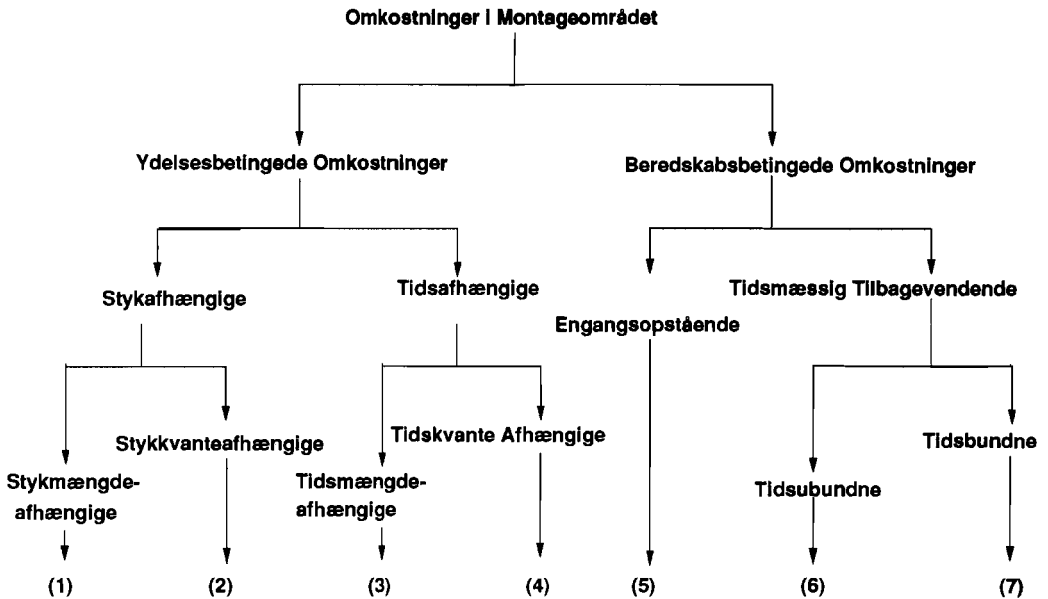
Den konkrete kalkyle hos Kleiner indeholder derimod ingen omkostningsfordelinger overhovedet. Modellen er helt og holden bygget op efter Riebels principper, hvor man kun ser på de konkrete udbetalte udgifter og indbetalinger for en given beslutning, det Riebel kaldet »identitetsprincippet«.

Det nye i Kleiners kalkylemodel er:

- at alle omkostninger opdeles i ydelsesmæssige og beredskabsmæssige omkostninger,
- at disse indregnes fra såvel de direkte afdelinger som fra de indirekte hjælpe- og supportafdelinger samt
- at alle de beredskabsmæssige omkostninger opdeles i grupper efter et dækningsbidragsprincip og efter tidsmæssige bindinge.

Dette er illustreret nedenfor i figur 2-3 fra Kleiner (1991, p 56).

FIGUR 2-3
OMKOSTNINGSSTRUKTUR EFTER TIDSBINDINGER UNDER FAL HOS KLEINER (1991)



De ydelsesbetingelse omkostrninger er alle de omkostrninger som varierer i forhold til produktionsprogrammet og kapacitetens tilpasning eller størrelse. Som eksempel på mængdemæssige og proportionale omkostrninger kan nævnes indkøbte dele, komponenter og halvfabrikata i montagen, som eksempel på omkostrninger som varierer med en bestemt montagemængde (stykkvanteafhængige) kan nævnes værktøjsskabeloner, forme etc. til processen som bliver slidt efter et vist antal styk, som eksempel på omkostrninger som er tidsmængdeproportional kan nævnes energi til produktionen, som eksempel på omkostrninger som er proportional med visse tidsintervaller (tidskvanter) kan nævnes værktøj med en bestemt holdbarhedstid.

De beredskabsmæssige omkostrninger er her alle de omkostrninger som opstår gennem dispositioner af, f.eks. en maskine eller andre langvarige produktionsfaktorer. Også beredskabsmæssige omkostrninger er imidlertid relevante omkostrninger og kan, f.eks. afhænge af volumen eller af den tidsmæssige udstrækning i form af kvantespring over tiden. Som eksempel på omkostrninger som opstår én gang kan nævnes, indkøb af maskiner, som eksempel på omkostrninger som er tidsmæssig ubunden, men dog tilbagevendende efter et vist tidsinterval, kan nævnes værkstedbelysning og opvarmning, og som eksempel på omkostrninger som er tidsbundne og som er tilbagevendende tidsmæssigt, kan nævnes leasingudgifter.

Årsagen til at det kan lade sig gøre at opdele i så forholdsvis mange forskellige typer af omkostninger skyldes dels, at modellen skal kunne anvendes indenfor industrielmontage, hvor et produkt består af forholdsvis mange enheder, halvfabrikata og komponenter, og hvor der er væsentlig forskel i produktionsfaktorenes ressourceforbrug dels, at der er tale om serieproduktion med hver sin karakteristik. For at kunne håndtere de forskellige typer af omkostninger udformes et cost driver hieraki (Bezugsobjekthierarchien) som kobler alle enkeltdele, produkter, produktergrupper, arbejds gange etc. sammen med omkostningsstrukturen og dets tidsmæssige bindinger af omkostningerne.

Dermed undgår Kleiner anvendelsen af den traditionelle fordeling mellem hoved- og hjælpeafdelinger - også kaldet vandfaldsprincippet - idet alle omkostninger henregnes direkte i relation til den enkelte *beslutning eller disposition*. Dertil anvendes en relationsdatabase som datamodel. Hvordan dette gøres, skal ikke beskrives nærmere her, men målet er at ved at træffe en beslutning, skal modellen kunne oplyse præcist hvilke udgifter der opstår sammen denne specifikke beslutning hvorefter indtægten skal kunne matches mod dette¹³⁾.

Som tidligere nævnt indgår også de beredskabmæssige omkostninger, eller rettede udgifter efter deres tidsmæssige- og forpligtende udstrækning. Disse omkostninger styres via et betalingsmodul.

Formålet for Kleiner er at kunne besvare følgende tre delspørgsmål, jvf. Kleiner (1991, pp 91ff):

- hvordan påvirkes et dækningsbidrag for de eksisterende produkter af de gennemløbmuligheder der er i produktionen,
- hvordan påvirker valget af forskellige cost drivers et dækningsbidrag, og
- hvordan påvirker de forskellige tidsmæssige udstrækninger af udgifter et dækningsbidrag?

Disse spørgsmål analyseres i relation til tre kalkylemodeller hvor dækningsbidraget er i centrum,

- en kalkulation per styk af et givet produkt,
- en kalkulation for et samlet produktionsprogram samt
- en kalkulation for ændringer i et givet produktionsprogram

Nedenfor i figur 2-4 er vist det principelle kalkylelayout for et givet produkt, jvf. Kleiner (1991, p 156), hvor der til venstre vises det principielle indhold, og til højre vises indholdet i relationsdatabasemodellen.

Modellen hænger sammen med den ovenstående viste figur 2-3 omkring opsplitning af omkostninger såvel fra de direkte som de indirekte områder. Dækningsbidrag III viser dermed hvad der er tilbage til dækning af supportafdelingernes omkostninger samt en fortjeneste.

13) Paul Riebels model minder for en del om Vagn Madsens variabilitetsprincip, udviklet i 60'erne.

FIGUR 2-4
DEN PRINCIPIELLE KALKYLEMODEL FOR EN FAL-LINIE HOS KLEINER (1991)

Opbygning af en Produktorienteret-dækningsbidragkalkyle		Realisering i Relationsdatabasen
Indtægt		Pris - Materialeomkostninger - Værktøjsomkostninger - Energiomkostninger
-Ydelsesorienterede Omkostninger		
- Afregnede beredskabsmæssige omkostninger fra de direkte afdelinger	Kortfristende omsættelige produktionsfaktorer	Dækningsbidrag I - Lønomsotninger
	Pladsbundne produktionsfaktorer	Dækningsbidrag II - Pladsomkostninger
Dækningsbidrag		Dækningsbidrag III DB/Beredskabsomkostning
	Omsætning	
	Beredskabsomkostninger	

Tilsvarende udtrykker »DB/beredskabsomkostning« hvor højt et dækningsbidrag der er sammenlignet med den til dette produkt vurderede kapacitetsforbrug. Dette udtrykker tanken om, at et produkt som kræver mere kapacitet end andre produkter, også skal frembringe et højere dækningsbidrag per kapacitetskrone.

Kleiner betragter »DB/beredskabsomkostning« som et omformet dækningsbidrag på flaskehalsen. Da man i modellen her går ud fra, at der kan ske en kapacitetstilpasning er det ikke hensigtsmæssigt at operere med et traditionel dækningsbidrag på knap kapacitet, f.eks. på en maskintime. Det gælder derimod om at frembringe det højeste dækningsbidrag per beredskabskrone for den anvendte kapacitet.

Kleiners kalkylemodel udtrykker principelt en retrograd kalkulationsmodel, hvor det resterende dækningsbidrag hele tiden skal dække de resterende omkostninger, for det andet kan der vælges forskellige undersøgelsesobjekter eller cost drivers i dette bidragshieraki, afhængig af den enkelte beslutningssituation. Dækningsbidragene er således kun gyldig ved præcis det valgte beslutningsområde. Ændres beslutningsområdet ændres også dækningsbidraget.

Kleiner (1991,p 92) påpeger bl.a. - ud over den traditionelle undersøgelse af faste og variable omkostninger - at tilregningen kan ske til produkter og produktgrupper, omkostningssteder eller efter kort- mellem- og lang sigt. Den måde som Kleiner anvender dette på, er at se dette i relation til et bestemt produktionsprogram indenfor en given tidsperiode, således at

der differentieres horisontalt, dvs. efter tidshorizonten af udgifterne. Ændres, f.eks. planlægningshorizonten for produktionsprogrammet uden at andet ændres, ændres - sandsynligvis - også dækningsbidragenes størrelse.

Kleiner (1991,p 94) undersøger også visse tilregningsproblemer og dermed dækningbidragene ved bl.a. at undersøge,

- om det frie valg ved hvilken maskine og ved hvilken transport et produkt skal gennemløbe - også kaldet den strukturelle fleksibilitet - har nogen effekt på tilregningen af omkostningerne for omkostningsobjektet,
- om teorien vedrørende fordelingsnøgler - cost drivers - for tilregningen af omkostninger til omkostningsobjektet er nødvendige og acceptable samt
- om de kvalitative forskelligartede tilregningsmetoder kan indgå i dækningsbidragene, dvs. udgifter med forskellige tidsmæssig binding, og hvordan dækningsbidragene i givet fald fortolkes.

Konklusionen på det *første punkt* er, at det ikke er muligt at få entydige dækningbidrag frem uden at se på det samlede produktionsprogram over en given planperiode. Det samlede produktionsprogram påvirker såvel de ydelsesmæssige som de beredskabsmæssige omkostninger. Med hensyn til *punkt to* konkluderer Kleiner (1991,p 112), at det bør være formålet som styrer hvilke omkostninger der skal indgå i en given kalkyle. Med hensyn til *punkt 3* konkluderes blot, at det ikke er muligt at beskrive afhængigheden for samtlige omkostningstyper i et kompleks produktionsprogram efter samme kvalitative målestok. Det bliver istedet foreslået, at de resulterende omkostningsforandringer fra en given beslutning differentieres efter forpligtighedsgrad. Dette kunne, f.eks. være tilfældet for ansat personale, hvor et overenskomstmæssigt opsigelsesvarsel afgør den tidsmæssige udstrækning af det nævnte personale.

Sammenfattende for Kleiners tanker kan siges, at ved at inddrage den tidsmæssige udstrækning af udgifter fåes en anden klassifikation og dermed et andet tilregningsprincip for de forskellige typer af omkostninger eller rettere udgifter i en bestemt kalkyle, end det tidligere er set i litteraturen omkring MPU og kalkulation. Den stringente klassificering gør, at der ikke foretages omkostningsestimater eller indregning af mere hypotetiske og kvalitative forhold som, f.eks. ventetid, sådan som dette, f.eks. var tilfældet hos Son & Park.

Samtidig adskiller Kleiner sig ved, at focus sættes på et dækningsbidrag under indflydelse af forskellige påvirkningsmuligheder i produktionen, f.eks. leadtiden. Det skal fastslås - som Kleiner også selv nævner - at der ikke er tale om det *traditionelle dækningsbidragsprincip*, hvor det udelukkende er volumen som bestemmer tilregningen af de variable og reversible omkostninger. Da det udelukkende er disponeringen af udgifterne for den konkrete beslutning der bestemmer de relative omkostningers størrelse, skelnes heller ikke mellem kort- mellem- eller lang sigt.

Problemet ved denne stringente disponeringstankegang hos Kleiner bliver på mange måder, at sammenligne med fordelingsproblematikken, blot med modsat fortegn, forstået på den måde, at hvis en ressource og dermed en udgift er disponeret en gang for alle, og tilregnet det produkt hvis disponering forårsagede denne udgift, opstår problemet, hvad nu hvis man efterfølgende beslutter at producere flere varianter i sammen anlæg - som ofte er tilfældet under MPU - eller man indstiller produktionen af det givne produkt og beslutter at producere noget andet? Hvilke omkostninger eller udgifter afledes så af denne beslutning? Et andet problem er som bekendt også at omkostningsprofilen for stort set alle typer af ressourcer er forskellig. Hvordan skal dette kunne behandles i produktkalkylesammenhænge? I en mere traditionel kalkylemodel vil disse omkostninger blot falde væk hvis produktet ikke længere anvender den pågældende maskine.

2.3.3 Konklusion på de Tyske Studier

Den generelle konklusionen på Knoop og Kleiners modeller og tanker er, at disse går langt videre end deres tilsvarende amerikanske landsmænd. En stor del af Knoop og Kleiners detaljer i simuleringsmodellen, er dog ikke beskrevet i deres respektive afhandlinger. Kun modellernes forudsætninger og resultat er gengivet. Sammenlignes til Foster & Horngren (1988a,b) samt Holbrook (1988) fokuseres dog i den tyske teori langt mere på opgørelse af præcise omkostninger, såvel i kalkulationen som ved omkostningskontrollen, via en langt større detaljeringsgrad. Derimod er der en vis lighed mellem ønskerne hos respondenterne i Gosses (1993) undersøgelse, og det som er udviklet hos Knoop og Kleiner.

For samtlige nævnte forfattere kan siges, at kalkulationen hele tiden bør udvikles og tilpasses de konkrete omstændigheder hvorunder skal anvendes. De forskellige undersøgelser, betragtninger og modeller - såvel amerikanske som tyske - viser også, at der fremover vil være et behov for at tilpasse og udvikle virksomhedens kalkulationsfilosofi i takt med udviklingen og implementeringen af den produktionsteknologi som virksomheden ønsker at anvende, herunder ikke mindst forhold og tilpasning til markedsbetingelserne for det enkelte produkt.

Det er derfor *ikke* alene et spørgsmål om hvordan en kalkyle bør se ud under FMS-produktion kontra ordinær værkstedsproduktion uden taktmæssige binding mellem transport og proces, men langt mere et spørgsmål om,

»hvordan en kalkulation under FMS-produktion eller FAL-produktion i CIM-omgivelser og med en tilhørende JIT-filosofi bør se ud, hvis kalkylens formål er at informere om de totale produktionsomkostninger på f.eks. design-tidspunktet«.

Ud fra disse betragtninger kan virksomheden så opbygge virksomhedens kalkulationsfilosofi.

Derfor er, f.eks. diskussionen alene om der skal anvendes bidragskalkyle eller full-cost kalkyle, principiel værdiløs som separat diskussion. Dette igen kombineret med en virksomheds konkrete afsætningsmæssige forudsætninger og virksomhedens kritiske succesfaktorer, vil sandsynligvis være helt afgørende for udformingen af den konkrete kalkulationsmodel.

Nogle vigtige pointer i forhold til de forudsætninger som senere inddrages under den kalkylemodel som udvikles og anvendes i kapitel fem, og som ingen af de ovenfor nævnte forfattere har beskrevet er,

- ingen af de gennemgåede forfattere gør nogen sammenligning til resultater af en virksomheds konkrete kalkyler. Altså hvilket konkret resultat fåes i modellen og hvilket resultat får virksomheden, og hvordan kan en evt. difference forklares og hvordan kan den konkrete virksomheds kalkulationsmodel forbedres,
- ingen af de gennemgåede forfattere analyserer forskellen mellem deterministiske kontra stokastiske stykomkostninger,
- ingen af de gennemgåede forfattere analyserer effekten af den simultane produktions-effekt over på stykomkostninger under stokastiske produktionsforudsætninger, og
- ingen af de nævnte forfattere analyserer, eller viser omkostningerne for ikke-udnyttet kapacitet og den dertil hørende trade-off eller substitutionseffekt mellem de anvendte og ikke anvendte produktionsomkostninger.

2.4 En Videre Udvikling på Kalkulationsområdet

I dette kapitel har det teoretiske udgangspunkt været diskuteret. Dette er sket med udgangspunkt i amerikansk og tysk teori på udvalgte områder. Såvel under det amerikanske som under det tyske udgangspunkt er udvalgt et antal forfattere hvis tanker, modeller og undersøgelser også ligger tæt på to case-virksomheders forudsætninger.

Problemet er at definitioner omkring MPU, kalkylens anvendelse og omkostningsstrukturen for virksomheder med MPU ofte er forskellig. Samtidig viser undersøgelserne også, at også forfatterne til de forskellige typer af undersøgelser blander flere forskellige produktionsforudsætninger sammen, hvilket er medvirkende til at forringe mulighederne for mere specifikke konklusioner. En forbedring omkring klassifikationen ville også være, at inddrage forhold omkring virksomhedernes underleverandør og kunderelationer, for at få et endnu mere præcist billede af hvilket formål kalkulationen skal opfylde.

Som det er fremgået ovenfor, er langt de fleste artikler som har været publiceret omkring MPU, kalkulation og simulering skrevet indenfor de sidste ti år, og specielt af Son & Park¹⁴⁾. Kun få har haft udgangspunkt i konkrete virksomheder. Dette gælder f.eks. hos Stam & Kuula (1991).

¹⁴⁾Se f.eks. også Schweitzer & Seidmann (1991), Taymaz (1989), Tempelmeier (1988) samt Suri & Hildebrandt (1984) som er mere teoretiske studier uden relation til empiriske data.

At inddrage mere kvalitative aspekter omkring omkostningsberegning, har dog tidligere været fremført hos tyske forfattere, f.eks. hos Weber (1994), selvom dette nok må betegnes som et brud med den tyske klassiske kalkulationsteori.

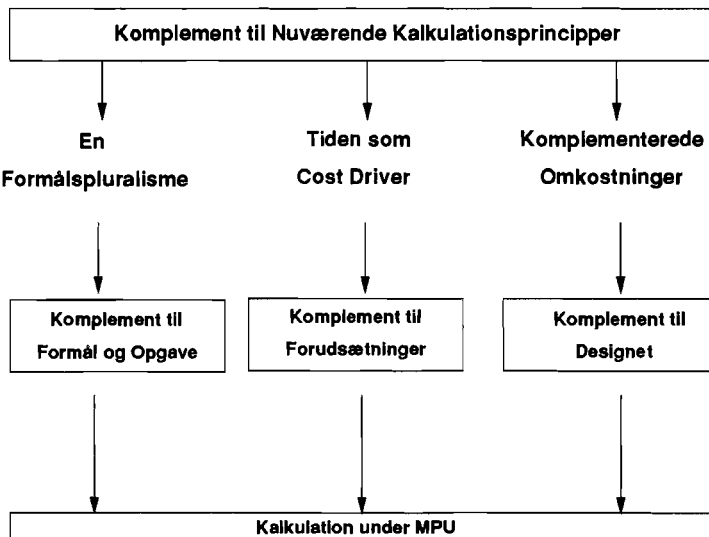
Et væsentligt forhold, som er påpeget hos flere kalkulationsforfattere er, at kalkylen for det meste har været anset som en deterministisk og statisk model, uden hensyn til stokastik og uden hensyn til det dynamiske aspekt som er kendetegnet for FMS/CIM. For at kunne tilgodesé et ønske om mere præcise og tilpassede kalkyler under FMS/CIM/JIT-omgivelser, anses det derfor også nødvendigt at man fremover må arbejde med en total simuleringsmodel, som viser omkostningerne for flere produktvarianter på samme tid, evt. for samme produktionsprogram. Dette for at kunne studere omkostningsforløb og produktionsprocessens indflydelse på det enkelte produkt eller på et samlet produktionsprogram.

Sammenholdes og analyseres den hidtil gennemgåede kalkulationsteori, giver dette derfor anledning til en videre udvikling på tre specifikke områder under MPU:

- afdækning og klargøring af formålene med en produktkalkyle,
- præcisering af selve kalkulationsberegningen samt
- hvordan udformingen af produktkalkyle-designet kan ske.

Hvordan dette komplementerer den eksisterende teori er vist i nedenstående figur 2-5 og diskuteret videre nedenfor.

FIGUR 2-5
ØNSKET OM ET KOMPLEMENT TIL KALKULATION I FMS/CIM/JIT-OMGIVELSER



Kravet til en Formålspluralisme for Kalkulationen under MPU:

Som påpeget flere gange synes en formålspluralisme at være en nødvendig forudsætning for at få mere præcise kalkulationer. »Different Costs for Different Purposes« burde derfor revideres til at hedde »Different Costs and Different Models for Different Purposes«. Dette fremgår både af gennemgåede teori men også hos de to case-virksomheders som gennemgås senere.

I samme situation bør her skelnes mellem FAS/L og FMS. Ved FAS/L anvendes såvel komponenter og halvfabrikata, hvorfor disse vil optræde som særomkostninger ved de enkelte omkostningssteder eller maskiner hvor de skal monteres, hvorimod der ved FMS kun optræder en direkte forarbejdning af et emne. I sidstnævnte tilfælde optræder ingen traditionelle særomkostninger da ingen komponenter eller halvfabrikata normalt indgår her.

Det ovenstående kan siges at have følgende konsekvenser for kalkylefilosofien:

- det bliver det progressive element der bør lægges vægt på dvs. hvordan bygger man kalkylen op fra bunden fra ressourceforbrug og videre frem til de totale produktionssomkostninger samt
- den traditionelle stringente sær- eller marginalbetragtning er ikke tilstrækkelig som beslutningsgrundlag hvis man ønsker at vurdere hvad de forskellige ressourcer koster virksomheden.

Ofte indgår et produkt i planlægningen for et *samlet produktionsprogram*, hvorfor det også bliver vigtigt at vurdere den omkostningsmæssige effekt, f.eks. stykomkostningerne samlet for hele produktionsprogrammet. Samtidig er den første økonomiske beslutningsproces omkring kalkylen ofte er rykket helt frem til design-tidspunktet for et produkt. Det traditionelle synspunkt er, at det lange sigt nærmere er undtagelsen. Allerede på design-tidspunkt bør man kunne træffe væsentlige og skønsmæssige beslutninger omkring omkostninger for et produkt. Dette gælder både i en tilbudssituation, men også i relation til en evt. underleverandør. Virksomheder styrer i høj grad udviklingen af produktet via disse skønsmæssige omkostninger. Ved en sådan fremgangsmåde bør man været bevidst om tre forhold:

- at udgifterne eller betalingerne ikke automatisk følger de pågældende omkostningsforløb,
- at den pågældende cost driver ikke informerer om den enkelte resources kvantespring i udgiften samt
- at der til en ressource ofte er knyttet visse tidsmæssige restriktioner, f.eks. for opsigelsesvarsel eller leasingforhold.

Tiden som Cost Driver i Omkostningskalkulationen under MPU:

Hvis en virksomhed med MPU ønsker at operere med et full-cost princip, bliver virksomheden *nød til* at foretage fordeling af visse omkostninger efter et eller andet valgt fordelingsprincip. Vigtige forhold i forbindelse med omkostningsfordeling er, at en stor del af et produkts omkostninger under MPU ofte opstår i andre dele end i selve produktionen, f.eks. i de indirekte hjælpe- og supportafdelinger eller i salgs- og administrationsafdelingerne. Et andet

vigtig punkt er at de fleksible maskiner ofte giver flere alternativer for produktionen af samme produkt. En ensidig anvendelse af den traditionelle kausalbetragtning under MPU, betyder at ressourceomkostningerne i en marginalsituation nærmer sig nul.

Dette betyder igen, at de traditionelle og disponeringsmæssige omkostningsmodeller ikke - qua disse modellens forudsætninger - kan tage højde for et dynamisk forløb af omkostninger. Jo flere produktionsmuligheder, desdo færre omkostninger kan henføres til produktet ved brugen af de traditionelle kalkylemodeller og desdo flere omkostninger bliver afregnet en bloc ved et stadig større dækningsbidrag.

For en stor del af de opgaver som bl.a. kalkylen skal være med til at løse under MPU, medfører dette at ingen marginal- eller særomkostninger i traditionel betydning kan årsagsforklares af produktvarianterne.

Ofte anses »den totale leadtid«, »setup-tider« eller den enkelte maskines »procestid« som de afgørende cost drivers i produktionsprocessen og i virksomhedernes kalkylemodeller. Dermed kommer også omkostningssatsen for den pågældende tidsfaktor til at afspejle omkostningerne for en bestemt teknologi. Da mange virksomheder som nævnt ønsker at tilgodese et JIT princip, medfører dette igen, at der sættes focus på tiden eller en tidsstørrelse som den vigtigste cost driver. Dette betyder også at ABC som produktionskalkylemodel ikke er særlig velegnet, idet man ved ABC som bekendt forudsætter at aktivitet er konstant.

Et andet synspunkt er at inddrage et *mere kvalitativt aspekt* i kalkulationen under MPU. Et af disse kvalitative forhold er begrebet fleksibilitet. Fleksibiliteten er ikke et mål i sig selv men en reaktion på at virksomheden befinder sig i en turbulent og dynamisk omverden. Som det er fremgået af ovennævnte teorigennemgang, har fleksibiliteten kun været behandlet af ganske få forfattere. For at få taget højde for denne egenskab behøver man at definere de dertil hørende omkostninger operationelt.

Også leadtiden kan anses som en kvalitativ egenskab. Dette har til en vis grad være gjort specielt i den japanske kalkulationsteori men også i ABC modellen. I den japanske kalkulationsteori via udformningen af såkaldte omkostningstabeller for produktets karakteristika og i ABC modellen via oprettelsen af aktivitetscentre. En videreudvikling kan være at gøre dette i produktionsprocessen f.eks. i forbindelse med en bestemt teknologi.

Visualisering af de Komplementerende Omkostninger under MPU:

Med dette menes, hvordan og hvilke oplysninger, der kommer frem på skærmen når man udfører en konkret omkostningskalkulation for et produkt. Dvs. hvordan ser selve kalkylemodellen ud f.eks. vedrørende detaljeringsgraden, hvilke informationer skal fremkomme hver gang man får kalkylemodellen frem på skærmen. Der kan f.eks. være tale om oplysninger omkring

omkostninger for ikke-udnyttet kapacitet, transportomkostninger og venteomkostninger, leadtidens omkostningsmæssige effekt. Disse komplementerende produktomkostninger vil i mange tilfælde kunne reduceres, hvis f.eks. man producerer et produkt som kan absorbere eller komplementere den ledige kapacitet som er knyttet sammen med det egentlig hovedprodukt.

Disse omkostninger kommer implicit til at fremgå via afskrivningernes størrelse, og påvirker dermed også den langsigtede produktkalkyle. Både i teorien som hos de to case-virksomheder i dette studie ønskede man, f.eks. at kunne se omkostninger for den ikke-udnyttede kapacitet på hver vigtig proces, maskine eller transport mellem hver proces etc.

For at kunne estimere begge disse typer af komplementerende omkostninger er det nødvendigt, at anvende en eller anden form for »alternativomkostning« som tilfældet allerede var hos f.eks. Cooper & Kaplan (1992) ved den ikke-udnyttede kapacitet eller hos Son (1992) vedrørende vurdering af forskellige forhold i produktionen. I forhold til de to ovennævnte forfattere, gås her et skridt videre, idet der nu er andre immaterielle og kvalitative forhold som også vurderes i kalkulationssammenhænge samt anvendelse af andre stokastiske sandsynlighedsfordelinger end tilfældet er hos Son & Park. Dette kan gøres ved at anvende de faste eller indirekte omkostninger som surrogat for virksomhedens langsigtede alternativomkostninger. Dermed bliver man i stand til at synkronisere procestid og leadtid.

3 VIDENSKAB, FORSKNING OG METODOLOGI

3.1 Introduktion

Formålet med dette kapitel er, at give et kort og koncentreret syn på, hvad der konstituerer min forskningsproces, min forskningsmetode, mit videnskabssyn samt hvordan disse begreber anvendes i dette studie. Jeg vil også relatere egne forhold og problemer til disse begreber undervejs i dette kapitel. Jeg vil samtidig, hvor det er muligt, anvende eksempler fra kalkulationsområdet eller skitsere de alternativer der måtte være forskningsmæssigt for min problemstilling.

Dermed får gennemgangen mere »praktisk relevans«. Det er derfor ikke min hensigt her i detaljer at beskrive og analysere alle mulige forskellige forskningsmetoder deres forudsætninger og fordele. Dette kan findes i enhver god bog om forskning, metode og metodologi. Blot anvendelsen af begreberne induktiv kontra deduktiv, kvantitativ kontra kvalitativ, system metode kontra analytisk metode, eller evolutionær kontra revolutionær giver ialt 2^4 eller 16 forskellige kombinationer af forskningsstrategier.

I afsnit 3.2. beskrives forskningsprocessen ud fra Brinberg & McGrath's tre-delning af hele forskningsprocessen. I afsnit 3.3 beskrives kort det videnskabelig perspektiv ud fra en mere klassisk forestillingsramme. I afsnit 3.4 fremsættes bud på hvorfor det er problematisk udelukkende at anvende en mikroøkonomisk tankegang på området for internt regnskabsvæsen og kalkulation. Endelig gøres i afsnit 3.5. en vurdering af metode og metodologi. Herunder gives i afsnit 3.5.1. en kort fremstilling af de tre paradigmeforestillinger, aktørmetode, analytisk metode og den systemorienterede metode. I afsnit 3.5.2. beskrives indsamlingen af data, i afsnit 3.5.3 validiteten, i afsnit 3.5.4 konstruktionsvaliditet, i afsnit 3.5.5 den eksterne validitet, i afsnit 3.5.6 reliabilitet og endelig i afsnit 3.5.7, gives en vurdering af simulering som forskningsmetode.

3.2 Forskningsprocessen

Ifølge Brinberg & McGrath (1988) involverer forskningsprocessen,

- i) et område som har interesse også kaldet det substantive domæne, dvs. den virkelige verdens systemer og fænomener (f.eks. en virksomheds produktions- og kalkulationsområde),
- ii) nogle ideer som giver mening til dette område også kaldet det konceptuelle domæne, dvs. ideer som er en abstrakt repræsentation af aspekter fra de substantive fænomener

(f.eks. forklaringer for anvendelsen af forskellige kalkulationsteorier) samt
iii) nogle teknikker eller procedurer ud fra hvilke disse ideers indhold kan studeres, også kaldet det metodologiske domæne, dvs. de teknikker som er midlet til at kunne indsamle og forklare informationer om de substantive fænomener (f.eks. interview, matematisk deduktion, statistisk tests, simulation etc.).

Ifølge Brinberg & McGrath (1988) defineres forskningsprocessen som identifikation, selektion, kombination og anvendelse af elementer og relationer fra disse tre domæner. Indenfor disse domæner kan forskeren igen vælge forskellige niveauer og stier, dvs. hvor stærk er relationen mellem disse domæner eller hvilket teoretisk niveau er anvendt. Set ud fra mit synspunkt, har Brinberg & McGraths konceptuelle syn en høj grad af relevans på området her, og er et konceptuelt veldefineret aspekt af, både hvad der skaber forskningsprocessen samt hvordan dette de facto skal gøres.

Brinberg & McGrath (1988) pointerer, at validitetskonceptet, dvs. spørgsmålet om integritet, egenskab og kvalitet og hvordan dette skal vurderes til formålet og de nærmere omstændigheder hvorunder hvordan det anvendes, ikke kun er et begreb som skal anvendes ved dataindsamlingen, som det ofte er blevet pointeret f.eks. hos Yin (1989), men et begreb som bør anvendes *igennem hele forskningsprocessen*. Dette begreb konstruerer et »skema« som fremlægger forskningprocessen i detaljer med operationelle begreber og som præsenterer den logiske relation af forskellige aspekter af validitet til forskellige trin i forskningsprocessen. Hele dette koncept, kaldes også »Validity Network Schema (VNS)«. En total klassifikation af domæner, antal trin, stier og forskellige niveauer kan herefter forklares ud fra dette. Via en kombination af disse fire koncepter kan forskningsprocessen nås.

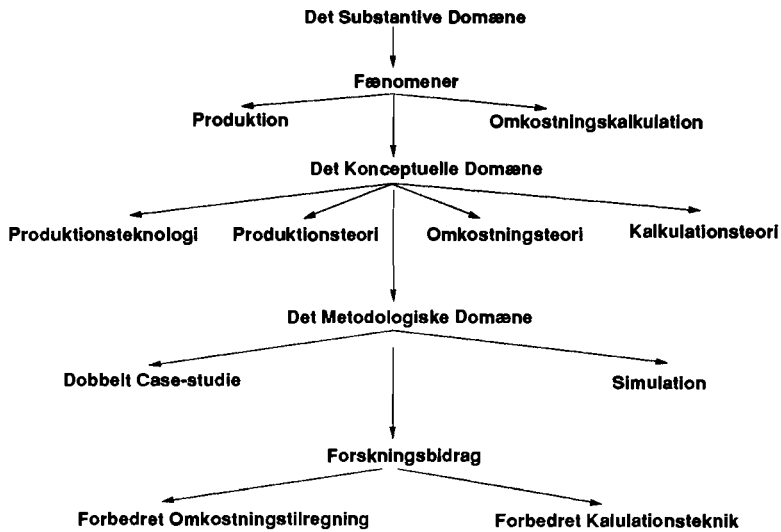
Disse området er vist nedenstående figur 3-1, hvor de forskellige områder for denne afhandling er indsat.

Videre kan »practical research process« opdeles i tre trin.

1. *trin* er det indledende trin i hvilken udvikling, afklaring og evaluering af elementer og relationer indenfor hvert af de tre domæner finder sted. Dette er det nødvendige grundarbejde som skal udføres førend det næste trin kan udføres. På grund af at forskere ofte kun er »ekspert« indenfor sit eget domæne, lægges vægten normalt i dette domæne. Derfor er det nødvendigt for forskeren at tale med andre forskere indenfor hvert af de to andre domæner.

2. *trin* er det centrale trin i forskningsprocessen og betragtes normalt som den »egenlige forskning«. I dette trin er formålet at kombinere indhold, nogle ideer og nogle teknikker for at komme frem til et »forskningsresultat«. Det er også her forskeren må vælge imellem de to ekstreme startpunkter; det induktive empiriske paradigme (theory generation) eller det deduktive hypotetiske paradigme (theory verifying). Der hersker ingen konsensus for hvor man skal starte.

FIGUR 3-1
RELATION MELLEM FORSKELLIGE FORSKNINGSELEMENTER



3. *trin* er det følgende following-up af resultatet af trin 2 ved en replikation og ved en systematisk søgning efter grænsen for resultaterne. Søgningen skal gøres i alle tre domæner. Også her er formålet at verificere, udvide og afgrænse resultaterne fra trin to.

Med disse tre domæner bliver der også *tre steder at starte* på forskningsprocessen. Derfor vil disse startsteder også konstituere tre forskellige *stier* som forskeren kan betræde. Dette er den eksperimentale stig, den teoretiske stig og den empiriske stig.

I følge Brinberg & McGrath (1988,p 60f), kan der anvendes forskellige forskningsstrategier som vist nedenfor i tabel 3-1.

Alle tre strategier resulterer i et set af empiriske resultater. Resultaterne vil dog være forskellig art.

Mit Focus og Konklusion:

Forskningsmetodologien i denne afhandling er hovedsalig dirigeret af den empiriske stig i relation til MPU og omkostningskalkulation i de to case-virksomheder samt den eksperimentale stig vedrørende formålet omkring simuleringstest af forskellig produktionsforudsætninger i relation til kalkulationen. Ingen hypoteser testes her, hvorfor det teoretiske domæne ikke

TABEL 3-1
FORSKELLIGE VEJE I FORSKNINGSPROCESSEN

<i>The Experimental Path:</i>	<i>The starting point here, is to build a design from the conceptual and methodological domain, and then implementing that design by applying it to some elements and relations from the substantive domain.</i>
<i>The Theoretical Path:</i>	<i>The starting point here, is to build a set of hypotheses from the conceptual and substantive domain to form a set of hypotheses, and testing that set of hypotheses by application of some elements and relations from the methodological domain.</i>
<i>The Empirical Path:</i>	<i>The starting point here, is combining elements and relations from the substantive domain and the methodology domain to form a set of observations, and then interpreting that set of observations by application of some elements and relations from the conceptual domain.</i>

anvendes. Dette er på grund af, at problemet for omkostningskalkulation, omkostningsmetoder og kalkulationsfilosofien i »high tech« virksomheder *ikke* er tilstrækkeligt veldefineret, når både produktionen og de specifikke formål indgår, som det også er fremgået af kapitel 2¹⁾.

I dette studie spiller den mere eksperimentale fremstilling - via en stokastisk simulering - derimod en væsentlig rolle for testningen af en konkret udformning af en given kalkylemodel. Dette er valgt fordi kalkulen som objekt er en konkret regneoperation og fordi det ofte er den kvalitative fortolkning af forskellige omkostningsbegreber og ressourcer der i sidste ende afgør hvordan og hvor store omkostninger man de facto tilregner et produkt.

Mangler synes at være i det metodologiske domæne vedrørende spørgsmålet omkring »hvordan bør man udføre omkostningskalkulationen« i stedet af typen »hvorfor man skal udføre omkostningskalkulationer«. Specielt er det svagheden i de konkrete definitioner og omkostningsprincipper under MPU, integrering og automatisering i produktionsområdet, som synes at være hovedproblemet mellem produktion og omkostningskalkulation.

Såvel PC'er som software har nu gjort det muligt, at udføre adskillige simuleringer under forskellige forudsætninger, førend den endelige beslutning omkring produkterne gøres i produktionsområdet. Det afgørende punkter, hvordan den konkrete kalkulationsmodel kan gøres

1) Specielt Gosse's (1993) studie viser, at det er aldeles vanskeligt blot at finde fire virksomheder med helt ensartede og homogene produktionsforudsætninger.

beslutningsorienteret under MPU. Den eksperimentale stig har heller ikke været anvendt i speciel høj grad i relation til kalkulationsproblemerne. Et eksempel herpå er som tidligere nævnt studierne af Son og Park.

For den empiriske stig anvendes et dobbelt case-studie til sammenligning og for at få en holistisk indsigt i produktionsprocessen ved MPU under forskellige antagelser.

Nedenfor gøres en kort diskussion omkring det videnskabelige perspektiv, forskningsmetodologien indenfor internt regnskabsvæsen samt den videnskabelige proces og metodologi.

3.3 Det Videnskabelig Perspektiv

Med videnskabssyn skal her forstås, de mere overliggende synsæt man som forsker bør gøre sig klart inden man starter processen. Det kan f.eks. være hvordan kundskabsdannelse skal gøres samt hvad man indenfor et givet felt kalder videnskab og ikke videnskab. Som bekendt er der god og dårlig videnskab. Resultatet afhænger bl.a. af hvilket teorikendskab man har samt på hvilken måde man har anvendt forskningsmetoden. To af de mest kendte videnskabsteoretikere er som bekendt Popper og Kuhn, der kort skal beskrives nedenfor.

Normalt ansues to forskellige retninger af tanker, den logiske positivisme eller den logiske empirisme samt anti-positivismen, jvf. Lindholm (1985) og Wärneryd (1985). Anti-positivismen består i, at der lægges mere vægt på at bestemme *videnskaben som en proces* end på at karakterisere de formelle træk ved teorierne. Man interesserer sig mere for *opdagelsesprocessen* end den rationelle rekonstruktion af hvorledes teorierne kan begrundes. Den logiske positivisme lægger derimod hovedvægten på *selve resultatet* og relationen til teorien, og beskæftiger sig ikke så meget med den individuelle forskningsproces. Her er spørgsmålet mere af karakteren, hvordan man er kommet frem til de resultater man er, og hvilket nyt givet dette i relation til den eksisterende teori. Grundtanken i den logiske positivisme er,

- i) enhedsmetoden,
- ii) idealbilledet fra fysik og matematik, samt
- iii) søgningen efter kausale sammenhænge, jvf. også Lindholm (1985).

Anti-positivismen kaldes også ofte for hermeneutik, men indeholder også en mængde forskellige skoler som ikke skal gennemgås her.

Såvel Popper's (1959) som Kuhn's (1970) kritik udsprang i oppositionen til den klassiske logiske positivisme som denne blev praktiseret op til 1950'erne²⁾.

2) For en mere teoretisk diskussion omkring dette, kan henvises til Miller (1983), Kuhn (1970), Törnebohm (1981), Lindholm (1985) samt Arbnor & Bjerke (1986).

Selve paradigmebegrebet synes dog svært at anvende indenfor internt regnskabsvæsen og kalkulation eller som Mattessich (1984) pointere:

«...the difficulty of applying Kuhn's thesis to accounting lies in the fact that...a paradigm shift requires a new scientific core in the form of a new fundamental law. Obviously, accounting lacks such a fundamental law, and the question arises whether, in this situation, the distinction between ordinary and revolutionary science is still meaningful. Yet our discipline is dominated by methodology, and we seem to be dealing with the shift of a methodological rather than a scientific accounting paradigm» (Mattessich 1984, pp 22-23).

Dette er på mange måder korrekt, hvis man f.eks. ser på udviklingen indenfor ABC-princippet. ABC-princippet, kan f.eks. anses som et skift i terminologien (eller måske en tilbagevenden til et »gammelt paradigme, nemlig fuldkostfordeling vil nogen hævde!) end et skift i selve grundparadigmet. Dette er sket i den amerikanske og til dels også i den tyske teori (adskillige forskere har ændret forskningsstrategi til ABC og den »nye skole«). Dette svarer helt til hvad Brinberg & McGrath ville kalde et skift i paradigmet indenfor det metodologiske domæne. Derimod synes Poppers begreber herunder, bl.a. det *akkumulerende synspunkt omkring kundskabsmassen* at passe bedre med den tradition der findes indenfor internt regnskabsvæsen, ihvertfald når det gælder europæiske lande som Sverige og Tyskland. Her akkumuleres og bygges kundskaben op fra empirien kombineret med et relevant litteraturmæssigt kendskab³⁾.

I stedet for at se på to forskellige tankesæt som ekstremer af den videnskabelig filosofi, er det også muligt at se dem som komplementære, jvf. Wærneryd (1985).

Selvom Popper og Kuhn har forskellige syn vedrørende såvel processen, som den måde den »nye normalvidenskab« udvikles på, er de to forfattere også på visse fundamentale områder enige, jvf. Musgrave (1970) f.eks.,

- at ny kundskab kommer fra anomalier mellem observation og teori,
- at vægten skal lægges på den intime og indbyrdes sammenfiltrering af videnskabelig observation med videnskabelig teori, samt
- at videnskabsmænd bør sigte mod at udfinde teorier som kan forklare de observerede fænomener i termer af reelle formål.

3)Også en dansk forsker støtter dette synspunkt, nemlig Arne Rasmussen som siger, »Jeg er af den opfattelse, at den ene forsker bør stå på skuldrene af den forrige. Men ved man ikke, hvad de beskæftiger sig med, kan man vanskeligt finde fodfæste« (Arne Rasmussen 1980, p 62 i bogen Føjetagsekonomin Røtter, Lars Engwall (red)).

Mit Focus og Konklusion:

Kuhn's videnskabssyn, begrebsapparat og paradigmekoncept er svært at anvende indenfor samfundsvidenskaberne og dermed også indenfor et afgrænset område som internt regnskabsvæsen og kalkulationsteori. De kan dog tillægges på et mere eller mindre detaljeret plan⁴⁾. Dels fordi at det man studere her, er mere eller mindre samfundsskabt, hvorved man indenfor økonomi eller IR næppe kan tale om et tilsvarende videnskabelig gennembrud eller revolutionær effekt som tilfældet f.eks. er indenfor fysikker eller medicinen.

For den enkelte forsker, som en gang har valgt område indenfor et givet felt, spiller disse perspektiver selvsagt ingen større rolle i det daglige. I relation til driftøkonomi herunder internt regnskabsvæsen og kalkulation, er det svært umiddelbart at anvende Kuhn's og Popper's tanker. Dette hænger sammen med, at en stor del af internt regnskabsvæsen og specielt kalkulation, i langt højere grad må betragtes som *et konkret håndværk*, hvormed man skal kunne løse et konkret problem. Dette har langt større lighed med de tekniske områder som ingeniørvidenskaberne eller den medicinske verden, hvor man også skal kunne løse et konkret problem her og nu.

3.3.1 Den Videnskabelige Metodologi i Relation til Kalkulation

I nedenstående afsnit skal kort analyseres de forskellige aspekter vedrørende begrebet *metodologi* som dette anvendes i internt regnskabsvæsen.

Afhængig af valget af paradigme har også metodologien i internt regnskabsvæsen skiftet indhold og karakter over årene i forskellige lande. F.eks. er der i det amerikanske syn de sidste ti år sket relativt store ændringer indenfor forskningsmetoden omkring kalkulationsforhold. Hvor den dominerede forskningsmetode i den amerikanske litteratur i internt regnskabsvæsen op til midten af 80'erne generelt kan karakteriseres som »an apriori reasoning deductive method« fra veldefinerede modeller, jvf. også Kaplan (1986b) synes det idag at være sådan, at en stor del af de fleste artikler der fremkommer i diverse tidsskrifter og Working Papers som præsenteres, i høj grad er baseret på et empirisk og observationsmæssigt udgangspunkt⁵⁾.

4) Det kan diskuteres i hvilken grad IR eller omkostningsanalyser er en *ren social videnskab* på samme måde som makroøkonomi. F.eks. vil dette at kunne observere et produktionssystem eller en maskine og se hvordan man de facto producerer et givet produkt kunne siges at ligge tæt på en mere objektiv konstaterbar videnskabsmodel som f.eks. fysikken, hvorimod f.eks. den sociale og adfærdsmæssige regnskabsteori kan siges at ligge tættere på den rene socialvidenskab.

5) Tidsskriftet »*Journal of Cost Management*« blev startet i 1986 med dette specifikke formål for øje. Den empiriske forskning er f.eks., også blevet opmuntret af redaktøren for *The Accounting Review*.

At der er sket dette skift i USA, skyldes som bekendt ikke mindst forskere som Robert S. Kaplan, Robin Cooper og Thomas Johnson. Også her kan det iagttages at utilfredsheden dog startede langt tidligere, måske allerede i begyndelsen af 1970'erne. Utilfredsheden kunne bl.a. læses i Kaplan (1984) via følgende forhold,

- nødvendigheden af at studere hvad managers faktisk gør, istedet for at studere hvad de burde gøre, som er udgangspunktet i den mikroøkonomiske teori,
- hastig opmærksomhed på nye produktionsprocesser, f.eks. FMS-systemer,
- fokus på mulige adfærdsmæssige forhold på lang sigt hos lederne samt
- nødvendigheden af at integrere IR med produktionsteorien eller andre teorier.

Denne bølge fra USA har også påvirket en del forskere i andre lande. Man kan også opleve det modsatte, at man ikke ser dette skift i forskningsmetode i lande som Sverige og Tyskland som nogen væsentlig ændring af tidligere tradition. Her har hovedmetodologien altid været - og er stadig - baseret på et empirisk grundlag. Selvom en stor del af forskningen omkring kalkulationer i Sverige i 1950'erne også var baseret på dette analytiske udgangspunkt, var udgangspunktet her dog baseret på observationer ligesom tilfældet også er idag. Dette medførte også at forskningsrapporterne blev af analytisk karakter, jvf. Frenckner (1986,p 235).

Alt mer bliver valget af forskningsmetode, videnskabssyn etc., udslagsgivende for de resultater man kan forvente, jvf. også Brinberg & McGrath (1988) ovenfor. Det samme gælder også for hvilket forskningsniveau den enkelte forsker ønsker at befinde sig på. Derfor er det også helt afgørende at læseren kender til disse forhold når et resultat skal bedømmes, jvf. også Frenckner (1986).

Såvel Scapens (1985,1990), Kaplan (1986b) og Mattessich (1984) har pointeret adskillige relevante aspekter omkring intern regnskabsmæssig metodologi. Regnskabsvæsen er - ifølge disse - en *anvendelsesorienteret videnskab* i modsætning til de rene videnskaber som fysik og matematik. På grund af at IR er en anvendelsesorienteret videnskab, kan man ikke udtrække premisser fra »experimentum crucis« eller fra observationer fra »fundamental empirical regularities«. Derfor diskuterer Mattessich (1984,p 21) også tre andre alternativer hvor de to første er,

- at man kan låne nogle mere eller mindre anvendelsesorienterede basisudsagn fra andre sociale dicipliner og acceptere disse som et absolut-normativ fundament, eller
- man kan acceptere empiriske regulativer af en lav og ofte sammenfaldende rækkefølge som forudsætning for en partiel regnskabsmæssig teori i en positivistisk regnskabsmodel.

Men der kan også være et tredje alternativ ifølge Mattessich,

- nemlig at *vende spørgsmålet rundt og spørge*, hvilke basis-metodologiske forudsætninger

ligger til grund for nutiden regnskabspraksis, og i hvilken udstrækning kan disse forudsætninger underkastes forskellige forklaringer, f.eks. at specifikke modeller skal matche forskellige informationsformål.

Dette tredje alternativ anerkender en vigtig informationsfunktion som traditionel regnskabsvæsen opfylder. Dette er dog også normativ men »betinget normativ« og ikke dogmatisk, som Mattessich pointerer. Hovedpointen for Mattessich er, at en teori bør være baseret på en eller anden normativ grundopfattelse ellers kan resultaterne ikke forklares hvorfor resultatet kun vil have ringe anvendelse og anerkendelse.

Også Kaplan ser *case-metoden* som en del af en proces for at kunne udvikle »positive teorier« indenfor IR. Imidlertid giver også Kaplan udtryk for, at case-studier *alene ikke* giver en akademisk godskrivning men på den anden side skaber dette en befæstet basis for modeludvikling, teori- og hypoteseformulering, jvf. Kaplan (1986b,p 445)⁶. Samme postulat findes også hos Frenckner (1986,p 233).

Og endelig lad os slutte af med et citat fra Shank (Robinson,1990) som på mange måder stemmer overens med synspunktet fremsat af Frenckner vedrørende udviklingen af forskningen i 1990'erne⁷.

»Business research in the 1950s has been descriptive, lacking in analysis and prescription. Research in the 1960s and early 1970s has been analytic but without much descriptive power. What we need is a new area in which our researchers describe analytically« (Robinson 1990,p 30).

Mit Focus og Konklusion:

Set fra mit udgangspunkt er Mattessichs synspunkt en interessant måde at udvikle »normative« (develop a normative theory) modeller på indenfor kalkulationsområdet og i relation til MPU. I denne afhandling kan dette formuleres som:

»hvilke specifikke kalkulationsmodeller eller definitioner af omkostninger bør en virksomhed med MPU anvende (normativ), HVIS (betinget) virksomheden ønsker at tage hensyn til de forskellige ressourcers forbrug og omkostninger der medgår til produktionen af et givet produkt under MPU?

6)Bogen »Accounting & Management: Field Study Perspective« redigeret af Burns & Kaplan (1987), indeholder 13 separate artikler baseret på case-metoden. I hvert kapitel gøres en specifik diskussion omkring »field-study« metoden.

7)I et uformelt interview med Frenckner den 25.5. 1992, diskuterede vi bl.a. ABC-princippet, hvorfor virksomheder bliver ved med at fordele omkostninger og hvad der kan forventes indenfor IR i den nærmeste fremtid.

Det er denne måde det anvendes her vedrørende MPU og dets ressourceforbrug og påvirkningen over på omkostningerne i en simuleringsmodel. Denne procedure er valgt, fordi virksomheder med MPU *ikke kan siges at være »innovative«* på kalkulationsområdet. Bl.a. Gosse's (1993) undersøgelse viste klart, at ændringen på virksomhedens kalkulationsprincipper først kommer flere år efter at MPU er implementeret. På den måde er min konklusion i linie med Kaplan's påstande fra midten af 80'erne og i begyndelse af 90'erne, om at det er særdeles vanskeligt at finde innovative og forskningsrelevante virksomheder alene på kalkulationsområdet. Derimod synes det langt mere frugtbart, at *få empiriske impulser og ideer* til skabelse af en given model, hvorefter denne igen kan testes under forskellige forudsætninger.

Inden dette afsnit afsluttes, kan der være grund til kort, at se på om mikroøkonomien's teori, forudsætninger og rationaler kan anvendes i en konkret kalkulationssituation for en konkret virksomhed.

3.4 Begrænset Anvendelse af den Mikroøkonomiske Tankegang

Et andet specifikt problem i IR og omkostningskalkulation er, i hvor høj grad den klassiske mikroøkonomi og tankegang kan anvendes som begrebsapparat. Specielt Scapens og Kaplan har pointeret problemet med blot at anvende et traditionel mikroøkonomisk paradigmet eller de rationaler som ligger til grund for den mikroøkonomiske tankegang. Et sådant rationale kan f.eks. være, om det i praksis er muligt blot at »sætte grænseindtægten ligmed grænseomkostningen i en given beslutningssituation«. Scapens (1985,1990), har specielt diskuteret begrænsningen i anvendelsen af den neoklassiske teori og dens paradigme, herunder f.eks. profitmaksimeringsantagelsen i forbindelse med IR⁸⁾. Adskillige forskere har i mange år pointeret problemet med den neoklassiske økonomiske teori, f.eks. også Cyert & March (1963).

Også Weber (1994) har påpeget problemet med grænsebidragstankegangen, idet Weber både påpeger problemet med præcist at kende de sande særømkostninger i en given beslutning, problemet med fuld viden samt hvornår man egentlig står over for kortsigtede, mellemlange eller langsigtede problemer. Hvordan ved man om den beslutning man træffer er langsigtet eller kortsigtet, og kan en kortsigtet beslutning gå fra at være kortsigtet til at være langsigtet? Dette kan reelt først afgøres efter at beslutningen er ophørt.

Samtidig nævner Weber to forudsætninger for at kunne anvende det *beslutningsorienterede omkostningsbegreb*, sådan som dette er defineret i den klassiske mikroøkonomiske bidragsmodel. Disse er,

8)For en stringent matematisk lærebog i mikroøkonomisk analyse, kan henvises til Henderson & Quandt (1971) eller Varian (1991).

- forudsætningen om at man kan træffe beslutninger under fuld sikkerhed samt
- forudsætningen om at enkelte handlinger eller viljemæssige relationer som Weber kalder dem, f.eks. et budget, er summeret for de enkelte dele til en helhed.

Begge dele passer dårligt for dagens virksomheder. De fleste virksomheder har fået mere turbulente omgivelserforhold, hvilket betyder beslutningsusikkerhed. På den anden siden betyder denne turbulens, en stadig stærkere decentralisering af beslutningskompetencen for at kunne følge med i forøgelsen af et stadigt stigende antal kortfristede beslutninger, hvilket igen kan medvirke til en opportunistisk adfærd med forfølgelse af egne mål. Disse forhold, hævder Weber, er medvirkende årsager til at praksis fastholder brugen af full-cost, f.eks. via gennemsnitligsbetragtninger eller efter et bæreevneprincip, trods det modsatte foreskrives i teorien.

Som Scapens (1990) har pointeret, forudsætter den neoklassiske teori at markedsmekanismen automatisk finder ligevægten mellem pris og marginalnyttens, hvorved der opnås en efficient allokering af de økonomiske ressourcer. Imidlertid, har en stor del af forskningen vist - som det også allerede blev påpeget af Ronald Coase i 1937 - at dette sjældent er tilfældet. Det relevante ved den neoklassiske teori, er dens evne til at *forudsige og gøre prediktioner* som påpeget af Friedman (1953). Den neoklassiske teori kan derfor besvare et spørgsmål som lyder, »hvordan vil prisen for printere generelt udvikle sig, hvis efterspørgslen og folks indkomst forøges«?

Men teorien kan *ikke besvare spørgsmålet* »hvorfor er prisen for printere for virksomhed X som den er« eller »hvilken pris skal virksomhed X sætte for printere« eller »hvorfor er omkostningen for en printer hos IBM højere end hos HP eller »hvordan skal omkostningen for en printer hos IBM kalkuleres«, jvf. også Scapens (1990).

Den neoklassiske teori *forklarer ikke processen* for hvordan individuelle virksomheder fastsætter deres priser eller beregner deres omkostninger hvilket denne teori heller *ikke er beregnet* til at gøre. Den neoklassiske økonomi anvendes til prediktion på et aggregeret niveau for den økonomiske adfærd. Som Scapens ser det, kan en abstrakt model som den neoklassiske teori anvendes til at generere hypotese eller prediktioner med, men kan aldrig anvendes til empirisk forklaring af processen som leder frem til adfærden for den individuelle virksomhed. Den positive regnskabsforskning er en videreudvikling af den klassiske teori. Men som Scapens pointerer, er de positive teorier også baseret på forudsætninger omkring stikprøveteknikker. For at udvikle de positive teorier kan man derimod anvende case-metoden som instrument.

Klassifikationen i faste og variable omkostninger eller i »sunk eller ikke sunk costs« er normalt anvendte begreber i den mikroøkonomiske litteratur. Disse definitioner synes at være relevant ud fra et normativt og aggregeret niveau. Termen »variable omkostninger« ses også i regnskabsvæsen normalt kun i relation til produktionsvolumen som cost driver. Som set fra -

f.eks. udviklingen af ABC-princippet - kan der være andre og mere relevante »cost drivers«. Disse faste og variable begreber i den mikroøkonomiske teori synes på mange måder at være alt for simple for en given kalkulationsmodel for en konkret virksomhed. Dette skyldes at en bestemt omkostningskategori her kun ses i relation til om den er fast eller variabel i relationen til volumen og uafhængig af hvordan den pågældende udgift faktisk forløber under forskellige forudsætninger. Af samme grund kan tidshorisonten ændre sig igennem beslutningshorisonten selvom et år normalt anses for at være det almindelige. .

Den mikroøkonomiske teori er alene baseret på ideen omkring markedsf forholdene som en form for struktureret sted hvor transaktioner foregår, jvf. også Coase (1992). Også Frenckner (1986,p 242) pointerer, at dette er alt for forenklede forudsætninger at operere med indenfor virksomhedsøkonomi. Istedet foreslår Frenckner at se adfærden i relation til finale grunde, hvilket - når der henses til kalkyler og omkostningsfordelinger - synes at være en langt bedre og mere acceptabel forklaringsmodel.

Kaplan (1986c,1988a,1988b,1990) har også henvist til problem ved anvendelsen af bidragsmodellen i IR, specifikt i relation til produktkalkulation og omkostningsberegning⁹⁾.

Mit Focus og Konklusion:

Problemet med en marginalkalkyle som beslutningsmodel er, bl.a. fuldt ud at kende til de forskellige beslutninger som tages på forskellige niveauer i organisationen og af forskellige beslutningstagere. Dette mix af blot tre variable vil også påvirke indeholdet i en kalkulationsmodel. En organisation kan indeholde mange beslutningstagere som kan træffe beslutninger omkring det samme beslutningsobjekt. I den situation bliver det uklart - eller vanskeligt at vide - hvem som tager den endelige beslutning som reelt kommer til at påvirke en given omkostning. Et produkts omkostninger kan også indeholde flere omkostningstyper eller andre typer af omkostninger på lavere niveauer. Fordi virksomhederne ofte foretager f.eks. mange beslutninger på en enkelt dag evt. for samme produkt, bliver det også uklart hvornår omkostningerne eller udgifter faktisk udløses eller hvornår en ressource forårsager en omkostning.

Vedrørende anvendelsen af den mikroøkonomiske analyse, synes det som om at megen af den uenighed der hersker omkring bidrag kontra full-cost går reelt tilbage til et spørgsmål omkring, hvorfor den enkelte forsker præcist fastholder et full-cost princip eller et bidragsprincip. Full-cost modeller som de anvendes hos individuelle virksomheder, indbefatter ikke den grad af rationalitet som det kræves i den klassiske marginalanalyse som igen er

⁹⁾En diskussion af dette problem kan ses i artiklen »*Contribution Margin Analysis: No Longer Relevant/Strategic Cost Management: The New Paradigm*« (Fall 1990) redigeret af Robinson. Forskere som Robert S. Kaplan, Germain Boer og John Shank er alle enige om at den klassiske bidragsmodel ikke er tilstrækkelig.

forudsætningen for maksimering af nytteværdien, som der argumenteres for i mikroøkonomisk teori. Faktisk er denne rationalitet langt vanskeligere at opnå på grund af turbulensen på de efterspørgselsforhold som virksomhederne i dag står overfor.

3.5 Metode og Metodologi

Som pointeret af bl.a. Christenson (1983), bør ordet *metodologi* ikke forveksles med metode. Ifølge Christenson (1983) er en metode, f.eks. regression eller matematisk analyse, en form for teknik hvorimod metodologi består af hvorfor man vælger regression som en passende model i første omgang, og siden hvordan man ønsker at anvende denne. Derfor anses metodologi for at være et overordnet begreb, hvor såvel metode, teknik og opfattelse af realitet indgår.

Ifølge Brinberg & McGrath (1988,p 38f), kan otte strategier lokaliseres i samfundsvidenskaberne. Disse er, felt-studier, felt-eksperimenter, eksperimental simulering, laboratorie-eksperimenter, vurderingsstudier (judgment studies), stikprøveundersøgelser, formelle teorier samt computer simulering. Case-metode tilhører området af felt-studier. Betydningen af den videnskabelige proces og metodologi her, er ikke blot relateret til nogle specifikke metoder men også til hvilke forudsætninger og teknikker, der er blevet anvendt, for at nå det videnskabelige bidrag. Før man når simuleringsniveauet, bør man bestemme de afhængige og uafhængige variable og hvordan disse skal relateres til hinanden.

Ifølge Yin's definition (1989) kan et case-studie defineres på følgende vis:

*»A case study is an empirical inquiry that:
-investigates a contemporary phenomenon within its real-life context; when
-the boundaries between phenomenon and context are not clearly evident; and
in which
-multiple sources of evidence are used« (Yin 1989,p 23).*

Ifølge Gosse (1993) kan et case-studie defineres som:

»The field study design reflects a research issue in transition, for which grounded theory or experience with relationships among well-defined variables have not yet emerged« (Gosse 1993,p 166).

Case-studier kan have mange forskellige strategier, f.eks. deskriptiv, eksplorativ eller forklarende, afhængig af hvilke spørgsmål forskeren ønsker at få besvaret, dvs. hvad/hvornår/hvilken, hvordan eller hvorfor. Ofte er hovedspørgsmålet kun relateret til én af disse tre strategier.

Det vigtigste ved det forklarende case-studie er, at være i stand til at forklare nogle årsagssammenhænge i en virkelige kontekst som er for kompleks til en spørgeskemaundersøgelse eller en eksperimental strategi. Analytikerens formål i en forklarende case-studie er også at være i stand til at opstille konkurrerende forklaringer for samme sæt af hændelser og at indikere hvordan sådanne forklaringer kan anvendes til andre situationer, jvf. også Yin (1989,p 16).

Yin (1989,p 52) ser ingen forskelle i metodologien mellem multiple og enkeltstående case-studier. Vægten er lagt på den samme metodologiske ramme, selvom der kan være visse ulemper og fordele ved at anvende flere case-studier. En ulempe som også er konstateret i denne afhandling er det tidsmæssige forbrug ved at skulle koncentrere sig om to case-virksomheder istedet for en. Tidsforbruget er ikke proportional med antallet af virksomheder men måske i realiteten tre gange så stor. Dette bl.a. fordi man i dette tilfælde skal sammenligne casene mellem hinanden samt holde hver case op mod teorien.

Samtidig er det også tidskrævende at skulle grave sig dybt i detaljeringsniveauet i hver enkelt case. Ofte vil diskussionen vise sig at medføre at informationsniveauet langt overstiger det egentlig problemområde, som kunne anses som nødvendigt for den enkelte afhandling. Dette medførte i afhandlingen her også til afsløring af at man ofte anvendte samme betegnelse for flere forskellige forhold¹⁰.

Mit Focus og Konklusion:

Igen er det ofte vanskeligt blot at anvende én strategi - deskriptiv, eksplorativ eller forklarende - fordi forskeren først skal vide hvordan et givet fænomen er sammensat. Det afhænger også af, *hvilket startpunkt* man anvender; et induktivt dvs., generering af hypoteser eller et deduktivt dvs., testning af hypoteser. I dette studie er hovedvægten lagt på, dels det mere eksplorative samt på en deskriptiv strategi, idet der her er tale om at finde grundlaget for en kalkylemodel under MPU. Det eksplorative for at udfinde »på hvilken måde« MPU faktisk virker samt »hvordan det virker«. På samme måde er anvendt såvel en kvalitativ som en kvantitativ indgangsvinkel.

Mit problem er af typen, »hvordan« MPU fungerer, hvordan anvendes det og hvordan er omkostningerne relateret hertil. Hvis kun »what or how« spørgsmål blev anvendt, skulle det ikke være muligt at udforme forskellige kalkulationsmodeller på et mere detaljeret plan. »Hvorfor« spørgsmålet er ikke det mest vigtige her, fordi problemet ikke drejer sig at afdække hvorfor de case-virksomheder anvender specielle kalkulationsmodeller. Samtidig kan siges, at

¹⁰Sandsynligvis ville et enkelte case-studie være tilstrækkelig, hvis denne case er hvad Yin (1989,p 47) kalder en »critical case«. Men som nævnt tidligere, er det svært at finde en sådan type omkring MPU og kalkulation.

hvis det kun var et spørgsmål om at belyse antallet af maskiner, operatører, forbruget af maskintimer etc., kunne en tilsvarende survey være tilstrækkeligt. Men her er spørgsmålet også at få belyst og analyseret moderne maskiners produktions- og procesattributter for igen at få defineret og belyst effekterne i kalkulationsmæssig henseende. De centrale spørgsmål er derfor, hvordan fungerer de forskellige maskiner, og hvordan kan en kalkylemodel opstilles for en virksomhed, når den ønsker at visse omkostninger skal fremgå specifikt.

Dermed kan resultaterne i denne afhandling sandsynligvis også anvendes af andre virksomheder som har samme type produktionsforhold og måske opererer via samme markedsform. F.eks. er mange af processerne de samme, f.eks. loading og unloading, ligesom der også ofte eksisterer transport mellem maskinenhederne. De to case-virksomheder er dog ikke replikative i undersøgelsesmæssig forstand. Det er mere et spørgsmål om, hvilke egenskaber og hvilke kalkulationsproblemer der eksisterer i begge virksomheder set i forhold til disse virksomheders specifikke produktionsforudsætninger.

Analyseenheden her er produktionsforudsætningerne med forskellig niveau af automatisering og integration. Ved at vælge to principelt forskellige produktionsformer, FMS og FAL bliver det muligt at gøre visse sammenligninger indbyrdes mellem de to og derefter mellem hver af dem og den dertil tilhørende teori. Fra dette punkt bliver det også muligt, at sammenligne med tidligere forskning på området, således at nøgledefinitioner ikke bliver idiosynkratiske, dvs. blandet eller forvekslet.

I dette studie anvendes computer simulering til test af en given omkostningsmodel og udgør dermed en væsentlig del af afhandlingen. For at kunne analysere forskellige produktionsegenskaber i relation til produktkalkulationen, må der gøres visse forudsætninger vedrørende årsagssammenhænge. Dette kunne også udtrykkes i »hypoteser«. I modellen gøres dette dog via matematiske relationer. Derfor anvendes den eksperimentale opfattelse her, dvs. for at kunne gøre bedre omkostningsprediktioner for et anlæg og for at se, hvordan dette påvirker omkostningerne.

3.5.1 Realitetserkendelse

Som påpeget tidligere er en vigtig forudsætning for et videnskabelig bidrag forskerens mening og opfattelse af den verden han studerer. Forskeren kan bl.a. vælge mellem tre hovedopfattelser; et aktørorienteret-, et systemorienteret- samt et analytisk perspektiv, jvf. Abnor & Bjerke (1977). Disse tre paradigmer eller forskningsopfattelser bygger hver især på forskellige antagelser omkring induktion, deduktion, normativitet, deskriptivitet etc. Anvendelse af hver af disse forskningsopfattelser vil således også kunne resultere i forskellige resultater af samme forskningsmæssige problem.

Aktørperspektivet forudsætter, at det faktiske forhold er en social konstruktion. Her er det aktørernes tolkninger og motivationer og dermed overbevisning der afgør valget af handling. Her gøres forklaringer via dialektiske relationer (mennesket påvirker virkeligheden og virkeligheden påvirker mennesket). Forholdet er ofte, at mennesker i en organisation forfølger personlige mål, og kun ved at kende disse mål kan man afdække de evt. handlinger som IR medvirker til.

Anvendt *analogt på en virksomheds kalkulationsproblemer* under MPU, kunne dette paradigme være baseret på fortolkninger om, f.eks. den enkelte aktørs fortolkning af et givet omkostningsforløb. Det er f.eks. ikke en forklaring at sige, at virksomhedens kalkyler bruges meget, fordi man anvender meget tid på kalkylerne. Selvom man rent faktisk kunne observere stor tidsanvendelse på virksomhedens kalkyler, ved man principelt ikke, om det er fordi vedkommende ikke kan forstå kalkylerne eller vedkommende ønsker at udfærdige bedre kalkyler. Man må derfor gå dybere ned for at se på, hvilken måde dette giver sig tilkende på, f.eks. hvilke intentioner den pågældende har med hensyn til kalkylen. Aktørsynspunktet er typisk baseret på induktivisme, deskriptive viden og kontekstuel viden.

Såvel *system-* som *det analytiske perspektiv* forudsætter, at der eksisterer en objektiv opfattelse af virkeligheden. Det analytiske perspektiv prøver at forklare dette ved kausale relationer og deduktioner, f.eks. via deterministiske eller stokastiske relationer. Dette gøres ved at indsamle et antal faktorer som er nødvendige og tilstrækkelige for de pågældende kausale forhold. På samme tid giver dette også mulighed for at anvende samme modelstruktur på lignende fænomener i andre kontekstuelle forhold. Den totale opfattelse af virkeligheden, opnås ved at akkumulere sub-elementerne. Det som kendetegner dette synspunkt er en deduktionsbaseret teorikonstruktion, formel logik samt at en teori eksisterer uden for tid og sted.

Anvendt *analogt på en virksomheds kalkylelogik*, skulle denne været bygget op som grundlag for beslutninger. Her vil kalkylefilosofien være optimal, hvorfor man altid skulle følge den formelle logik. Som eksempler herpå kan nævnes en stor del af de tyske kalkulationsteoretikere som f.eks. Böhm & Wille (1974) samt Riebel (1991).

Systemopfattelsen arbejder med såkaldte finalitets-relationer også kaldet »indicator-effect-relationship« og søger ikke efter kausale relationer. Her er hovedspørgsmålet, at forstå de separate dele i forening med andre elementer eller systemer af virksomheden. Her eksisterer der en synergieffekt mellem hvert element, f.eks. mellem kalkulationssystemet og budgetsystemet for virksomheden hvilket betyder, at kalkulationssystemet kun kan vurderes i forhold til og i forening med budgetsystemet.

Her søger man efter et vist mål. Det systemorienterede perspektiv indebærer også, at der kan være flere alternative indikatorer for samme virkning også kaldet »equi-finality« eller der kan være flere alternative virkninger fra samme indikator også kaldet »multi-finality«. Man kan i dette perspektiv ikke uden videre fjerne nogle faktorer fra »systemet« uden, at man mister relationen og helhedsbilledet af det man studerer. Nøgleordene i dette perspektiv er, bl.a. induktion, normativ viden og systemfornuft samt kontekstuel viden.

Anvendt analogt på en virksomheds kalkylesystem kunne dette bl.a. give sig udslag i forskellig anvendelse af kalkylesystemet, f.eks. stor separat anvendelse af cost engineering, anvendelse af kalkylesystemet sammen med en markedsundersøgelse i markedsafdeling eller f.eks. anvendelse af kalkylesystemet sammen med regnskabssystemet for regnskabsafdelingen.

Mit Focus og Konklusion:

I dette studie, er vægten lagt på den systemorienterede og den analytiske perception. Systemtanken, fordi der er tale om at kombinere informationer fra flere mere eller mindre uafhængige »systemer« her produktionssystemet, det interne regnskabssystem samt virksomhedernes kalkulationssystem. Den analytiske tanke fordi begrebet »kalkulation« mere eller mindre er en analytisk operation, hvis forudsætninger og beregningsprincipper indgår med en væsentlig vægt. Endvidere kan også siges, at målet her netop er - så objektivt som muligt - at iagttage produktionssystemet og dets virkemåde, hvorefter der opstilles visse relationer for det konkrete produktionssystem via visse beregningsmæssige formler, for senere igen at kunne relatere dette til en virksomheds kalkulationer.

Denne omkostningsmodel, skulle i princippet kunne anvendes på samme produktionsstruktur og med lignende omkostningsstruktur for andre virksomheder. Dermed kan siges, at den »totale opfattelse af virkeligheden« opnås ved, at akkumulere disse forskellige systemer.

3.5.2 Indsamling og Udvalg af Fakta

I de tidligere afsnit har jeg specificeret mit videnskabelig perspektiv og min opfattelse af virkeligheden. Begge dele er vigtige, men ikke entydigt bestemmende for valget af metode. Nedenfor går jeg kort igennem de traditionelle begreber som specielt er relateret til felt-studier. Som påpeget i f.eks. Arbnor & Bjerke (1977), Brinberg & McGrath (1988) samt hos Yin (1989), bør en undersøger i et case-studie søge at maksimere fire aspekter af egenskaber:

- 1)konstruktions-validitet, dvs korrekt måling og korrekte begreber,
- 2)intern validitet, specielt for forklarende eller kausaleorienterede case-studier,
- 3)ekstern validitet, dvs. generalisering, samt
- 4)reliabilitet, dvs samme resultat ved gentagelse af studierne.

Hvert af disse området gennemgås kort nedenfor med relation til dette studie.

3.5.3 Validitet

Ifølge Yin (1989,p 40) skelnes mellem konstruktionsvaliditet, internt validitet og ekstern validitet.

3.5.4 Konstruktionsvaliditet

Formålet med konstruktionsvaliditet er at etablere en korrekt operationel måling for det fænomen som skal studeres, jvf. Yin (1989,p 40). Ifølge Yin kan dette f.eks. gøres ved at anvende et multipelt antal af kildematerialer, etablering af en kæde af vidneudsagn eller bevis eller søge efter et nøgleinformationsmønster. Multiple kilder i case-studier kan være arkivdokumenter, interviews, direkte observationer, deltager-observationer eller fysiske genstande i indsamlingsstadiet.

Mit Focus og Konklusion:

Samtlige interviews i dette studie har for det meste været ustrukturerede, såvel for at minimere muligheden for interview-bias vedrørende formål og definitioner, og for at tillade den adspurgte at beskrive de faktorer som vedkommende mener er mest interessante, men også for at skabe en basisforståelse for produktionsprocessen. For at sikre konstruktionsvaliditeten, har jeg også anvendt åbne interviews for at afsløre forskellige egenskaber ved MPU for hvilke omkostningsbegreber og definitioner er relateret. Interviews har for det meste været foretaget hos såvel »cost managers«, produktionsingeniører som maskinoperatører.

Nedenfor i tabel 3-2 er vist undersøgelsesbetingelserne for de to case-virksomheder.

AUT blev kontaktet i sommeren 1991 og IBMJ i efteråret 1988. Dataindsamlingsperioden hos IBMJ startede i 1991. Hovedpersonerne har været »cost managers« og produktionsingeniører. Ved siden af dette har jeg haft telefonkontakt med de pågældende personer under de respektive perioder. Besøgene har vekslet mellem de to virksomheder, hvorved problemer som blev påpeget det ene sted, også blev undersøgt det andet sted. På den måde har et dobbelt case-studie været en udfordring men også en tidskrævende proces. Alt materiale herunder tekst, flow-charts, figurer etc. har været sendt ud til de respektive virksomheder for godkendelse.

TABEL 3-2
UNDERSØGELSESBETINGELSER

Virksomhed	Timer	Interview Personer
AUT	18	Cost Manager, Produktionsleder Maskin-Operatører
IBMJ	25	Produktionsleder Produktionsingeniører, Manager of Cost Estimates, Kalkulations- medarbejdere

Jeg har også anvendt forskellige arkiverede dokumenter og registreringer. F.eks. produktionsrapporter, operationsplaner, statistikker, omkostningsrapporter, interne regnskabsdata, kalkulationsskemaer, virksomhedernes »Internal Cost and Financial Guideline«, flow charts, organisationsskemaer, interne vurderingsrapporter samt styklister.

Jeg har også anvendt direkte observation som informationskilde hos begge virksomheder specielt i produktionsområdet. Dette er gjort for at blive overbevist om hvordan produktionssprocessen de facto foregår. F.eks., så jeg maskinerne i arbejde, produktionsflowet, de forskellige processer, maskinoperatørernes handlinger og materialeflowet såvel i load/unloading området som ved selve processen. Jeg har også interviewet operatører ved maskinerne ved den enkelte proces. Jeg har tilbragt en dag - et skift - i produktionsområdet såvel alene som sammen med en operatør eller en cost manager. Dette for at overbevise mig selv om selve processen og procesflowet mellem maskinerne og systemerne og for at se hvordan processen foregår.

Hos IBMJ havde jeg et udkast over procesforløbet og en plan fra hvilken jeg skematisk har kunnet se hvordan selve layoutet af maskinerne etc. var udformet. Det viste sig dog hurtigt, at mange forhold ikke var medtaget eller ikke var korrekte, idet virksomheden ikke havde ført disse up-to-date. Efterfølgende blev disse planer revideret evt. sammen med en produktionsingeniør.

Da undersøgelserne her har strukket sig over en forholdsvis lang periode opstår også problemet med, at virksomhederne ofte ændrer deres forudsætninger undervejs. Man implementerede f.eks. flere nye koncepter, ligesom man også reviderede de eksisterende. Også ændringer i kalkulationsprincipperne blev foretaget specielt hos AUT. Da det samtidig her er IBMJ's konkrete produktionsforudsætninger som ligger til grund for simuleringen, har dette ikke været noget større problem. Samtidig gjorde undersøgelsestiden også, at man fik et vist fortroende for de folk man diskuterede med, hvilket igen gjorde, at man måske har fået flere oplysninger til sin rådighed end nødvendigt.

3.5.5 Ekstern Validitet

Validitetsbegrebet opdeles jvf. Yin (1989,p 40) i intern og ekstern validitet. Formålet med den interne validitet er at etablere en kausal relation hvor visse betingelser viser, at føre til andre betingelser jvf. Yin (1989,p 40). Ifølge Yin kan dette gøres enten ved, at gøre et »pattern matching«, forklaringsbygning eller ved at gøre »time-series analysis« i data-analysetrinnet. Den primære forudsætning er, at undersøgeren skal prøve at finde en kausal relation mellem uafhængige og afhængige variable. Hvis et sådant forhold kan etableres, kan det siges at en inferens er mulig. Den interne validitet er kun anvendelig for forklarende eller kausalbaserede studier, jvf. Yin (1989,p 43).

Formålet med den *eksterne validitet* er, at etablere det område hvor resultaterne kan generaliseres på, jvf. Yin (1989,p 40). Ifølge Yin kan dette gøres ved at anvende en replikationslogik i et dobbelt-case studie allerede i designtrinnet.

Mit Focus og Konklusion:

For at sikre den eksterne validitet i dette studie, dvs. en form for generalisering, har jeg anvendt mig af forskelligt kildemateriale. Som pointeret i kapitel 2, er mange af kalkyleproblemerne ved MPU afledt af de samme faktorer. Egenskaberne ved maskinerne og systemerne må karakteriseres som værende nogenlunde homogene, f.eks. konstant i tid, sted og rum, idet de tekniske egenskaber og dermed ressourceforbruget ved maskinerne ofte har et bestemt mønster. Ud fra dette vil også resultaterne have en stor grad af generalisering for andre virksomheder som anvender præcist samme type af MPU.

Derfor kan et case-studie i dette tilfælde også siges at have *en vis »repræsentativitet«* i relation til hvilke specifikke kalkulationsproblemer der måtte være ved MPU. Samtidigt vil det i høj grad være muligt at gøre såkaldte analytiske generaliseringer eller som Yin siger »generalization to some broader theory«. Der må samtidig gøres opmærksom på, at det såkaldte »optimale« case-studie er svært at finde¹¹⁾. Med optimalitet menes her at kunne fremskaffe case-studier, hvor man dels udnyttede maskinernes indbyggede egenskaber eller at være i stand til at finde cases, hvor kalkulationen afspejlede en innovativ og nyskabende kundskab¹²⁾.

11)Som pointeret allerede i kapitel 1, har adskillige virksomheder været inde i billedet.

12)Faktisk er der en mulighed for at sådanne case *ikke* *ekisterer*. En grund for dette kan være, at maskiner etc. ikke fungerede på den måde virksomhederne forventede. Dette synspunkt har jeg bl.a. også fået bekræftet i et interview med professor Gösta Martins hos ABB Production Development AB, Västerås. Samme synspunkt er også bekræftet hos Hörte (1991) vedrørende 27 FMS-systemer i Sverige samt hos Bessant & Haywood (1986), vedrørende 50 virksomheder i UK.

Et andet spørgsmål er også, om det overhovedet er muligt eller ønskeligt at kunne gøre generaliseringer i case-studier. Ofte er case-studiet specifikt, hvilket ofte *også er ønskeligt*. I studiet her kan det dog fastslås, at det i høj grad er et spørgsmål om principper og metoder i relation til kalkulationen som er vigtige, ikke en fortolkning af hvordan folk reagerer på disse metoder og principper. Derfor synes generaliseringsgraden også større.

3.5.6 Reliabilitet

Formålet med reliabilitet er at demonstrere at hele proceduren med et case-studie kan gentages med samme resultat, hvis de samme observationer gøres en gang til, jvf. Yin (1989,p 40). I et case-studie kan dette være vanskeligt, fordi omgivelser og deres variable ændres kontinuerligt. Dette kan f.eks. afhjælpes ved, at man redegør for hvordan man er gået frem undervejs så læseren nøje kan følge konklusionerne. Ifølge Yin kan dette sikres ved at udvikle en case-database på dataindsamlingstrinnet. Formålet er så at minimere fejl og skævheder i resultaterne, og målet er at sikre andre undersøgere i at kunne følge nogle specifikke procedure og en dokumentation af studiet.

Mit Focus og Konklusion:

For at sikre reliabiliteten af dette studie, er anvendt omkring 30 bånd svarende til ca. 43 timers interview eller omkring 360KB på 2 filer.

Disse er holdt på en original database. Hvert bånd er gennemhørt mindst tre gange, afhængig af kompleksiteten i problemstillingen. Et kort ekstrakt er også gjort i hånden via blyant og papir, kontrolleret og justeret førend det komplette svar blev skrevet ind i databasen.

På grund af at spørgsmålene til de undersøgte ofte blev udviklet igennem andre spørgsmål, er svarene mere at betragte som diskussioner og analyser end blot »ja eller nej« til et spørgsmål. Denne brutto-database indeholder alle detaljer som er sagt i de forskellige interviews. Fra dette har jeg så anvendt det som var koncentreret omkring produktionsprocessen og omkostningskalkulationen. En stor del af dette brutto-materiale er således ikke medtaget i denne afhandling, Det gælder f.eks. forkalkulation via detaljerne i CAD/CAM, virksomhedernes egenudviklende CIM koncepter, kvalitetssystemet og dets omkostninger, anvendelse af TQC og TQM begreberne samt produktstrategien og kalkulation.

Der er ikke anvendt en specifik interviewprotokol som beskrevet af Yin. På den anden side har jeg dog anvendt min afhandlingsplan (thesis proposal) som reference-manual, for at holde mig til formålet og til min problemstilling. Jeg har indsamlet alt mit materiale i forskellige akter.

3.5.7 Computer Simulering som Forskningsmetode

Computer simulering er som tidligere nævnt et brugbart alternativ til klassisk optimering til modelvurdering og til dataestimering i en given model. Samtidig er dette, jvf. også Brinberg & McGrath (1988,p 39) en mulig forskningsstrategi. I en simulering er det muligt at spore komplicerede sammenhænge, f.eks. dynamiske produktionsprocesser og dermed udføre estimer for et systems driftmæssige karakteristika. Nedenfor beskrives forskellige simuleringsmuligheder og deres formål. Omkostningsmodellen her er gjort i GPSS (General Purpose Simulation System). GPSS har nogle klare fordele overfor andre modelsprog, specielt i relation til et produktionsproblem, jvf. Ståhl (1990,p 6f).

Der kan i de forskellige simuleringssprog skelnes mellem deterministisk kontra stokastisk, mellem statisk kontra dynamisk og mellem diskrete kontra kontinuerlig jvf. Ståhl (1990,p 4f). GPSS falder i gruppen af stokastisk, diskret og dynamisk simulering. Stokastisk, fordi man i GPSS kan ændre en variabel på stokastisk facon i en simulering, diskret fordi der kan opstå tidsforskel mellem opståen af en hændelse og ændringen i karakteristikken af systemet og dynamisk fordi enhver tidsværdi er mulig. F.eks. kan »klokken« i simuleringen antage forskellige værdier. I et spreadsheet program - f.eks. Symphony eller Lotus 1-2-3 - opgøres resultatet i slutningen af simuleringen; ikke på tidspunkter igennem simuleringen.

Af andre kendte simuleringssprog for komplekse produktionsomgivelser kan nævnes »Computer Analysis of Networks of Queues (CANQ)«, »Mean-Value Analysis (MVA)« samt mere omfattende totale simuleringssmodellen som f.eks. SIMAN, jvf. Tempelmeier (1988). De første to af disse er bedst egnede for detaljerede forudsætninger, hvorimod det sidste er bedre egnet til mere overliggende forhold jvf. Tempelmeier (1988). Sprog som SIMSCRIPT, SIMULA, SIMPL/1, SIMPAS, kan være alternativer til GPSS og SIMAN. GPSS og SIMAN er mest udbredt i USA, hvorimod SIMULA er bedst kendt i Europa, jvf. også Ståhl (1990).

Forskellen mellem diskret og kontinuerlig simulering er et spørgsmål om hvordan tiden indregnes i simuleringen. I en *kontinuerlig model* har man samme tidsafstand mellem hver klokkeopdatering. Kommer der en pallet ind i produktionssystemet, ville man f.eks. se effekten på tidspunkt $t=0.1$, $t=0.2$, $t=0.3$ etc. I en diskret model, måles tiden mellem hver hændelse. Her kan tidsafstanden være hvilken som helst. Her kan den første pallet f.eks. komme på tidspunkt $t=0.1$, næste pallet på tidspunkt $t=0.24$ og næste igen ved tidspunkt $t=0.65$.

Der kan være flere grunde til, at vælge GPSS sammenlignet med andre programsprog, jvf. også Ståhl (1990). Dette er bl.a.:

- det har forholdsvis stor udbredelse indenfor produktionsområdet,
- det er problem-orienteret,

- det er kraftfuldt og let at lære samt
- det har et frit format som gør det nemmere at formulere, selv for komplekse omgivelser.

Grunden til at jeg valgte GPSS er,

- det er det simuleringssprog jeg kan og har lært, bl.a. igennem et doktorrandkursus på Handelshøjskolen i Stockholm hos min vejleder Professor Ingolf Ståhl,
- det er det jeg har kunnet få ubegrænset support til via min vejleder samt
- at jeg har haft en ubegrænset stor version af Micro-GPSS stillet gratis til min rådighed.

En fjerde fordel er samtidig, at den nuværende Micro-GPSS version har visse indbyggede standardfordelinger og statistiske funktioner som f.eks. normalfordelingen, eksponentialfordelingen samt Erlangfordelingen som ofte anvendes i produktionssammenhænge. At programmet har et frit format gør, at det også er lettere at anvende i forbindelse med omkostningskalkulationen og i forbindelse med output fra programmet. Sidstnævnte er specielt vigtigt i forbindelse med omkostningsberegning.

Specielt i produktionslitteraturen anvendes simulering i relation til produktionsstyring og produktionsplanlægning. Det er derfor ikke tale om at finde det optimale eller den minimale sammensætning af et produktionsprogram, som en analytisk metode kunne fremskaffe, men om at søge - blandt flere alternativer - det mest hensigtsmæssige produktionsprogram under visse betingelser eller restriktioner. På grund af at produktionssystemerne bliver mere og mere integrerede samt at kompleksitet i processerne forøges, synes det relevant at anvende simuleringsteknikken som et relevant alternativ og instrument for at få hurtigere og mere præcis omkostningsinformation frem.

En omkostnings- og procesanalyse i kombination med en stokastisk produktion, kan dermed også sige noget om effekten af afvigelse og varians i et bestemt produktionssystem. F.eks. en testning af variansen størrelse kan gøres blot ved at sætte denne til nul i en given simuleringekørsel. Eller en relativ stor stokastik kan vise sig at være en »flaskehals« i systemet hvilket igen medfører en stor del vente- og transporttid.

Imidlertid kan det konstateres, at simulering ikke op til midten af 70'erne, blev anvendt specielt meget i forbindelse med produktkalkulation, jvf. også Kaplan (1977/78)¹³). Også fra 1986 til 1992 har simuleringsteknikken været anvendt forholdsvis lidt i internt regnskabsvæsen

13) I en klassifikation af »management accounting research papers« fra fire vigtige tidsskrifter (citeret fra Klemstine & Mahler, 1983), anvender kun 2 ud af 642 en modelmæssig eller simuleringmæssig metodologi i forbindelse med produktkalkyler. Dog viste Kato's (1990) studie, at - specielt japanske virksomheder - ønskede at anvende kvantitative metoder, bl.a. simulering i forbindelse med omkostningsberegninger. I Skandinavien, nærmere betegnet Norge, har Langholm (1969) vist via simulering, at full-cost er berettiget som prisfastsættelsemetode.

og i forbindelse med forskning. I de seneste år er problemerne i omkostningskalkulation imidlertid blevet så komplekse - som også pointeres af Son & Park (1990) - at de kan være svære at overskue uden en totalmodel.

Dette kan skyldes forskellige forhold, hvoraf de vigtigste sandsynligvis er,

- større inter-relationer mellem forskellige typer af produkter i samme produktionssystem eller samme produktionsprogram,
- større relation til andre discipliner som produktions- og beslutningsanalyse,
- større vanskelighed med at kende produktionsproblemerne, f.eks. flaskehalse, førend processen er påbegyndt samt
- mere focus på »omkostningskalkulation« end blot produktkalkylen, hvor sidstnævnte mere lægger vægt på selve resultatet end på selve processen med at frembringe beregningen.

Hovedformålet her er *ikke at udfinde optimale betingelser*, men at se hvordan forskellige faktorer i en integreret produktionssystem er inter-relateret, og hvordan dette påvirker en given omkostningsmodel. Dette bliver næsten umuligt uden at gøre en eller anden form for »totalløsning«. Som det også er påpeget i litteraturstudierne i kapitel 2, er det vigtigt for en »cost manager« at få viden om forskellige produktionsenheder og hvordan disse enheder er planlagt til at skulle anvendes, når disse enheder skal arbejde sammen. Dette er også vigtigt i selve konfigurationen af et samlet produktionssystem.

Som det også er beskrevet i kapitel 2, synes mere og mere forskningslitteratur omkring kalkulation at pege mod en omkostningsmodel, som er udledt fra produktionsforudsætningerne og selve produktionsprocessen. Yderligere gøres omkostningskalkulation også for det lange sigt uden eksplicit separation i faste og variable omkostninger. Ved at anvende en simuleringsmodel, kan der også forudsættes ikke-liniære relationer mellem omkostninger og ressourcer, f.eks. via en eksponentiel tilregning. Visse ikke-liniære forhold kan samtidig forøge det realistiske moment i omkostningsmodellen signifikant.

I princippet skal også en simuleringsmodel kunne stå for en verifikations- og validitetstest på samme måde som andre forskningsmetoder. Troværdigheden til simuleringsresultatet afhænger ikke alene af modellens korrekthed, men også af om man har formuleret problemet korrekt i forbindelse med udformningen af programmet, jvf. Balci (1994).

Modelverifikation for en simuleringsmodel behandler spørgsmålet, om modellen er korrekt transformeret fra en form til en anden, som man havde til hensigt og med tilstrækkelig præcision, jvf. Balci (1994). Modelverifikation behandler derfor spørgsmålet om *modellen er bygget rigtigt*. Dette kan f.eks. testes ved at debugge programmet, dvs. sørge for, at det ikke indeholder direkte fejl. I GPSS kan dette f.eks. gøres ved kommandoen »trace« hvorefter der under simulering kan

ses hvor en fejl er opstået. Der er selvfølgelig under udarbejdelsen af programmet her, opstået mange utilsigtede begivenheder. En sådan er f.eks. i forbindelse med beregning af en gennemsnitlig stykomkostning. Hvis det ikke kan lade sig gøre, at få et emne helt igennem processen - dvs. fra loading til unloading, evt. fordi *simuleringstiden som denne er angivet i programmet*, er mindre end den leadtid et emne skal anvende for at komme igennem produktionssystemet - samtidig med at stykomkostningen beregnes ved at dividere antallet af emner op i omkostningerne, så vil nævneren i denne beregning være nul, hvorefter programmet stopper.

Modelvaliditet for en simuleringsmodel behandler spørgsmålet, om modellen indenfor dens anvendelsesområde betår sig tilstrækkelig præcist, og om modellen er en tilstrækkelig god approksimation af den virkelige verden som skal studeres via simuleringerne, jvf. Balci (1994). Modelvaliditet omhandler derfor spørgsmålet om man har *bygget den rigtige model*. Dette kan checkes ved, at simulere modellen under samme inputbetingelser som er anvendt i den virkelige verden og ved at sammenligne modeladfærden med adfærden fra den virkelige verden.

Dette er f.eks. også gjort her ved at sammenligne volumenstørrelsen fra modellen med volumenstørrelsen fra den virkelige verden, sammenligne leadtider, procestider etc. Derimod er det ikke muligt at få samme resultat for omkostningsmodulet i simuleringsmodellen, idet OSM bygger på andre principper for omkostningsfordeling end tilfældet var hos IBMJ.

3.6 Afsluttende Kommentarer

I dette kapitel har videnskab, forskning og metodologi været diskuteret både i relation til den klassiske videnskabelige forestillingsramme, men også i relation til produktions- og kalkulationsområdet. Der kan anlægges mange indgangsvinkler og synspunkter og tilføjes langt flere videnskabsteoretikere end dem som er anvendt her. Men som påpeget i ovenstående, anser jeg imidlertid hele kalkulationsområdet som et mere teknisk og håndværkmæssigt præget område, hvor hovedformålet er at skulle løse en konkret problemstilling her og nu.

Dette hænger bl.a. sammen med de erfaringer jeg selv har gjort på området og som også støttes af andre, herunder bl.a. Kaplan (1994), nemlig at det stort set er umuligt at fremkomme med nye kalkulationsmodeller fra praktiske innovative virksomheder. Derimod tror jeg langt mere på det udgangspunkt, at man kan få stor inspiration ved at se på virksomheder med MPU, hvorefter man kan formulere forskellige modeller evt. ud fra virksomhedens egne tanker og erfaringer hvorefter disse modeller kan testes under forskellige forudsætninger.

4 IBM JÄRFÄLLA¹⁾

Formålet med hver beskrivelsesanalyse af IBMJ og AUT er, at analysere de specifikke egenskaber i produktionsprocessen som også har en bestemmende indflydelse på resourceforbrug og for omkostningskalkulationen. Formålet med dette og det næste case-studie er at kortlægge i detaljer disse forhold og deres betydning for virksomhedens endelige kalkulationsmodel.

Det er samtidig hensigten, at gøre en mere problemorienteret søgning efter disse specifikke forhold end blot en direkte problemløsning. Imidlertid ligger det lovende forskningsresultat i vekselvirkningen mellem de implicitte begreber og definitioner i produktionsprocessen, i produktionsflowet og dets relation til produktkalkylen.

Nedenfor gøres i afsnit 4.1 en kort introduktion til IBMJ. Herefter beskrives i afsnit 4.2. FMS/CIM-cellen som også er genstand for undersøgelse og udvikling af den senere simuleringsmodel, herunder hvordan virksomheden opfattede begreberne proces, fleksibilitet og kapacitet. Herefter vises i afsnit 4.3 et numerisk eksempel omkring kapacitetsfastlæggelse i bl.a. et FMS-system. Herefter beskriver afsnit 4.4 i detaljerede form IBMJ's kalkulations-system. Dette gøres bl.a. med udgangspunkt i en opdeling i 1. trins cost driver i afsnit 4.4.3 og 2. trins cost driver i afsnit 4.4.4.

4.1 Introduktion

IBM Järfälla - herefter blot kaldet *IBMJ* - var beliggende udenfor Stockholm og omfattede en produktionsdivision indenfor IBM Sverige AB, som bl.a. producerede printere, kontrolenheder til lagringselementer i printere, printere til bankterminaler samt højpræcisionsdetaljer til computere. Det er sidstnævnte som er genstand for undersøgelse her.

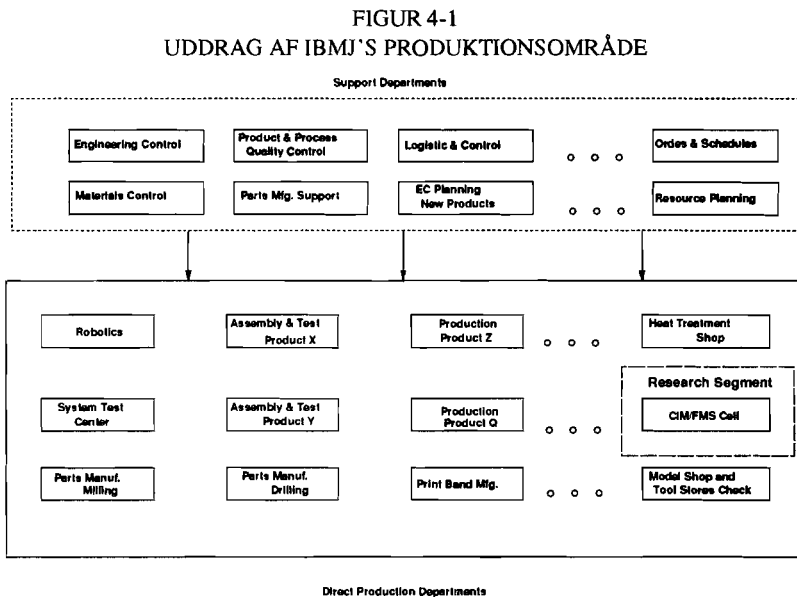
Virksomhedens omsætning beløb sig til 3.5 billions SEK i 1991, hvoraf 98% stammede fra eksportsalg fordelt på et hundretals virksomheder over hele verden. Dette sammen med IBM's Lindigölaboratorier, gjorde i 1991 IBMJ til et af Sveriges 15 største eksportforetagender. Ca. 840 var ansat ved de tre virksomheder i Järfälla, Väsby og Lunda. Herudover var der ansat ca. 800 personer hos IBMJ's underleverandører i Sverige og det øvrige Norden.

Hele produktionsområdet var opdelt i nogle fælles administrative afdelinger, indirekte- og support produktionsafdelinger samt i de direkte produktionsafdelinger eller produktionsområder. Den direkte produktion bestod af ca. 10-12 assembleringslinier. Produktionsområdet bestod af separate linier, separate arbejdsenheder og maskiner. En sådan linie blev

1) Visse informationer er hentet fra et Working Paper »Product Costing in FMS Environment, With Special Emphasis on Input Resources. A Model and Case Study« samt fra en artikel »IBM Svenska AB« i bogen »Produkt Kalkulering i Omvandling redigeret af N.-G. Olve og L.A. Samuelson (1988)«. Begge skrevet af forfatteren. Beskrivelsen her angår forholdene omkring 1990. I marts 1995 gik den 34-årig gamle virksomhed i konkurs, bl.a. på grund af for store forsknings- og udviklingsomkostninger til et nyt skrivehoved, som man var i gang med at udvikle. På konkurstidspunktet havde virksomheden en ordrebeholdning svarende til 4.5 milliarder S.kr!, jvf. Ny Teknik 1995:25-32. Derfor er dette kapitel skrevet i imperfektum.

normalt anset for at være et selvstændigt produktionsområde, eller omkostningscenter med forskellige underliggende cost pools. Indenfor hvert ansvarsområde eller linie, var teknologien og processerne ofte forskellige.

Nedenfor i figur 4-1 er vist et uddrag af disse specifikke afdelinger indenfor hele produktionsområdet²⁾.



Forskningsområdet i denne afhandling var hvad der blev betegnet som FMS/CIM-cellen.

Ialt eksisterede der mere end 60 indirekte hjælpe- og support afdelinger og mere end 125 direkte produktionsafdelinger hos IBMJ.

I resten af dette kapitel gøres udenlukkende en beskrivelsesanalyse af produktionsforholdene og kalkulationsprincipperne for to typer af emne. Det drejer sig om emne 1, som er et forholdsvis let emne og emne 2, som er et forholdsvis tungt emne. Disse anvendes som udgangspunkt for at kunne analysere egenskaberne i FMS/CIM-systemet. I modsætning til

2) IBMJ skelner mellem linie, arbejdsstation og afdeling. En *linie* betød enkeltstående maskiner »knyttet sammen« via et transportsystem (conveyer) eller MHS. En *arbejdsstation* symboliserede enkeltstående enheder eller maskiner, og *de fysiske afdelinger* symboliserede selve organiseringen af de enkeltstående maskinenheder eller cost pool for et produkt. De fysiske afdelinger anvendes også i *formålsbudgetteringen*, hvor hver person er organiseret sammen i en gruppe. En afdeling kan således bestå af flere (produktions) linier.

FMS-systemet anvendte IBMJ også traditionelle »stand-alone« maskiner, f.eks. multi-proces-orienterede maskiner og robotter for de to emner. Disse var placeret udenfor FMS/CIM cellen og er ikke gjort til genstand for analyse her³⁾.

4.2 FMS-Systemet

En af grundene til at IBMJ investerede i et FMS/CIM-system i 1988 var at være i stand til at producere produkter som skulle kunne imødekomme høje specifikationskrav og tolerancer i produktionsprocessen. Yderligere var formålet, at udvikle et styresystem for en CIM-enhed som skulle vise at konceptet var realistisk og effektivt for andre produktions-virksomheder.

Der var tre hovedtyper af aktiviteter indenfor produktionsområdet; bearbejdning, assemblering samt test. En stor del af assembleringen blev gjort som underleverandørarbejde, hvorefter IBMJ selv monterede komponenterne. Det afgørende punkt for produktionsafdelingen var præcision og tolerance i selve processen ikke produktomkostningerne⁴⁾.

Det var »production engineering« som besluttede hvor mange og hvilke maskiner der skulle anvendes til forskellige produkter og emner samt hvilken routing produktet skulle igennem. Herefter kom økonomiafdelingen ind i billedet for at bestemme omkostningerne per styk ved et givet produktionslayout og en given volumestørrelse. Økonomiafdelingens a-priori kalkulation indeholdt samtlige omkostninger direkte som indirekte produktionsomkostninger samt salgs- og administrationsomkostninger. Man investerede ofte i nye maskine, værktøj etc., i direkte relation til et nyt emne eller produkt, hvilket ofte skabte økonomiske problemer når produktionen af produktet stoppede hvis man ikke kunne finde alternative anvendelser.

Hvis forbruget af ressourcer, og dermed omkostninger blev forøget over det planlagte niveau, ville produktionen af det pågældende emne blive indstillet. For at få acceptable omkostninger og acceptable omkostningskalkyler, måtte ingeniørerne anvende sig af allerede eksisterende brugte maskiner eller lavtværdisatte maskiner i produktionen. Hvis det senere skulle blive muligt at anvende bedre og mere effektive maskiner blev dette gjort. De oprindelige omkostningerne blev dog ikke ændret i denne forbindelse.

3) En stor del af maskinerne i den manuelle del for emne 1 og 2, anvendte multiorienterede-værktøjsdele (palletvekslere). Opstilling, ændring eller re-organisering af nye maskiner for et nyt produkt, tog ofte mellem tre til seks måneder og blev udført af »engineering departement«.

4) I visse tilfælde investerede og betalte IBMJ også for udstyr som var placeret hos en underleverandør. Dette blev gjort af hensyn til, at kunne kontrollere kvaliteten og for at sikre en stabil levering.

Selvom det ikke i første omgang var omkostningskalkylen som styrede valget af processer og produktionsteknologi, var »targetet« at kunne producere til omkostninger som var ligmed eller større end produktets totale produktionsfuldkost, sådan som disse også blev planlagt fra starten.

Efter at emnerne var transporteret ind fra den manuelle linie, blev emnerne lokaliseret og palletticeret i indgangsfasen til FMS-systemet. Herefter transporterede et conveyor-system det første emne til den første arbejdsstation i henhold til en forudbestemt plan og routing. Hvis den pågældende arbejdsstation var ledig, foretog maskinen straks en forarbejdning heraf ellers blev køen til maskine checket. Hvis der ikke var kø gik emnet straks ind på et satellit-bånd ved maskinen ellers fortsatte palletten på conveyor bæltet. Kun to eller tre paletter var til-ladeligt på denne satellit for den enkelte maskine. Palletten blev mærket og fortsatte i en fuld ellipse rundt på conveyor-systemet. Når køen var »normaliseret« gik palletten ind på satellitten for den pågældende maskine.

Det skal dog påpeges, at IBMJ forsøgte at opfylde JIT så langt som muligt, men at JIT-filosofien ikke var det primære for at reducere leadtiden. Dette skyldtes at leadtiden i FMS/CIM-cellen stort set var bestemt af tidslængden af de enkelte processer og af taktiden mellem processerne⁵⁾. Når først prioriteten og procestiden var fastlagt var der reelt ikke meget der kunne gøres for at formindske den samlede leadtid.

En yderligere faktor som også satte begrænsninger var leveringstiden var fastlagt på forhånd. Der fandtes ikke noget incitament til at producere hurtigere idet emnerne så i givet fald blot skulle lægges på lager.

Layouttet af FMS-linien er vist nedenstående figur 4-2.

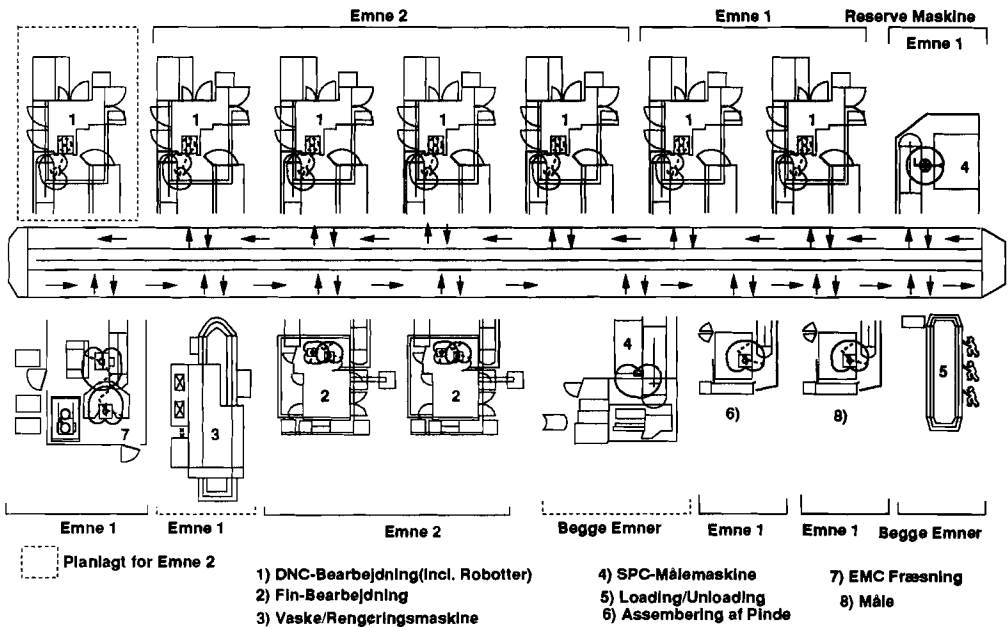
Som det kan ses anvendte de to emner forskellige maskiner samtidig med at emnerne også anvendte visse fællesmaskiner. På grund af at procesflowet skulle følge en vis logisk procesbehandling, blev layouttet udformet på en måde som skulle sikre en minimering af leadtiden.

Såvel loading og unloading som palletticering og af-palletticering af emne 1 og emne 2 blev gjort manuelt. For emne 1's vedkommende var der 16 styk på hver pallet og for emne 2's vedkommende var der mellem 4-6 styk per pallet. Om der sat 4 eller 6 styk af emne 2 på en pallet ahang bl.a. af køen i FMS-systemet. Det var ikke muligt at få helt klarhed på hvilke faktorer som bestemte denne spredningen eller variationen. Sandsynligvis var det både køen af emne 2 men også køen af emne 1⁶⁾.

5)Taktiden i simuerlingsmæssig henseende kaldes også for InterArrival Time eller blot IAT, jvf. også senere.

6)Dette kan også ses som et argument for at anvende en stokastisk model. Selv i tilfældet her med blot to varianter, opstår således en vis stokastik i både loading/unloading samt i selve bearbejdningen. Stokastikken er ikke blot interessant i et stokastisk produktionssystem, men også i et produktionssystem hvor man ikke ønsker at holde rede på det pågældende produktionsmix. Det kan, f.eks. være tilfældet, hvis det af informations-økonomiske grunde bliver for dyrt.

FIGUR 4-2
FMS/CIM-SYSTEMET FOR EMNE 1 OG EMNE 2 HOS IBMJ



Det var nummeret på paletten som bestemte hvilken type af emne og hvilken proces der skulle anvendes. Flowet blev gjort i overensstemmelse med et FIFO-princip. Hvis der skete fejl under loading og unloading, ville operatøren automatisk modtage en meddelelse herom, indeholdende nummeret på paletten samt det styknummer det drejede sig om⁷⁾.

Emne 1 som var en modificeret model af et tidligere produceret emne, udgjorde en enkelt komponent til en større printerenhed. Dette emne var konstrueret af aluminium og vejede ca. 7 gram. Tidligere, havde IBMJ kun produceret netop denne på FMS-linien. At udforme produktionslayoutet udelukkende for én type af emne, syntes også langt lettere ud fra et kalkulatorisk synspunkt, fordi langt den største del af samtlige omkostninger dermed kunne henføres direkte til samme celle eller cost pool og dermed produkt. Dette gjaldt også emnets kapacitetsomkostninger.

Det andet emne 2, som også indgik som komponent i en printer var af massiv jern og vejede ca. 450 gram. Dette emne var lettere at bearbejde på grund af dets udformning, men krævede i realiteten en helt anden bearbejdningsproces. Det eneste fælles ressourceforbrug

⁷⁾ Enhver som arbejder ved en NC-styret maskine, blev hos IBMJ normalt kaldt for operatør, selvom handlingen for den operatør som programmerede og kontrollerede maskinerne, normalt var mere kompleks end den operatør som blot loadede og unloadede ved FMS-systemet.

for de to emner i den automatiske FMS-system, var transportbaner samt måle- og testudstyr. Hver bearbejdningsmaskine var forsynet med specialværktøj til det valgte emne⁸⁾. Det nye emnes forrentning skulle i princippet kunne dækkes, dels af en del af de fælles investeringerne, dels evt. af nye marginale investeringer.

Man anvendte ca. 30 palletter ialt, fordelt med 20 palletter til emne 1 og 10 palletter til emne 2. Man havde en yield på materiale på ca. 90%, og en gennemsnitlig udnyttelsegrad for samtlige maskiner på ca. 80%. De restende 20% blev anvendt til justering, herunder justering af værktøj.

FMS-linien bestod af et enkelt conveyor-system inklusiv 14 satelliter, 14 CNC-styrede maskiner inklusiv 17 robotter. Blandt de 14 CNC-maskiner var en fræseenhed, en assembleringsenhed til pinde, 3 måleenheder, en vaskeenhed, fikstur, kontroludstyr samt en loading- og unloadingenhed. Herudover, var der et værktøjs- og fiksturområde samt et »facility-support« område samt en robot. Denne var placeret udenfor FMS-linien og var ikke tilsluttet conveyer-systemet og indgik derfor ikke i FMS-systemet.

Hele FMS-systemet blev kontrolleret af et »Host-Computer-System«, som havde den overordnede styring og kontrol over, hvor palletter og emner befandt sig, hvilke maskiner der skulle anvendes, hvilken routing der skulle anvendes, evt. hvilke maskiner der var ledige samt hvilke der var optaget. Denne Host-Computer kontrollerede også aktiviteten samt hvilke emner der var genstand for Statistisk Proceskontrol (SPC).

4.2.1 Proces, Fleksibilitet og Kapacitet

Layouttet for produktionsområdet var differentieret i henhold til virksomhedens produkter og i relation til egenskaberne i produktionsprocessen. Derfor var layouttet hos IBMJ's produktion sammensat af et relativt stort antal forskellige teknologier, aktiviteter, processer og operationer. Dette skyldtes også det faktum, at IBMJ både havde egen tilvirkning herunder assemblering og test af forskellige typer af produkter og dele samt anvendte et stort antal underleverandører.

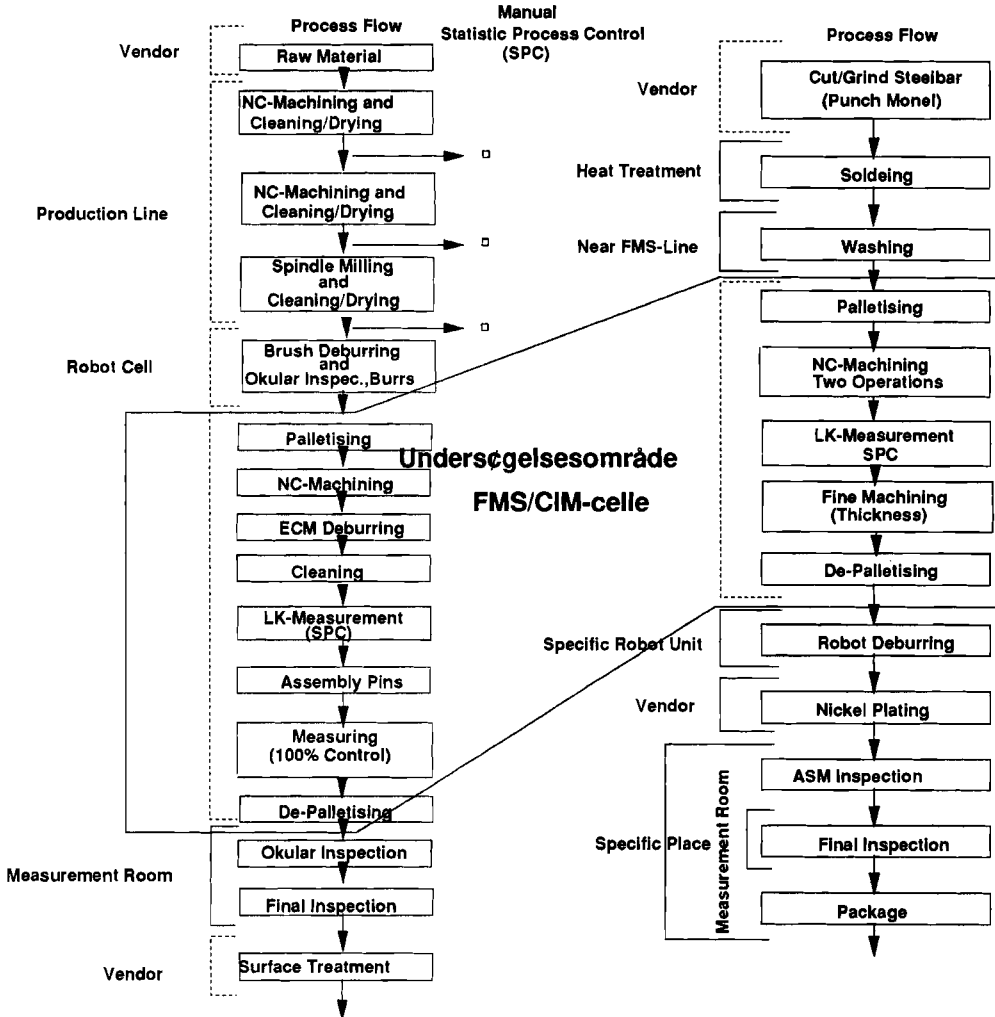
Det overordnede koncept var et *eget udviklet CIM-koncept*, som var udmøntet ned i hver eneste produktionslinie af produktionsområdet. Disse produktionslinier - ofte kaldet »afdelinger« - indeholdt normalt forskellige typer af produkter. Selve layouttet og opstillingen af maskinerne blev gjort i forhold til hovedtypen af produkter eller grundprodukter samt deres varianter.

Processerne her kunne anses for at være forholdsvis »simple« i den mening, at ændringer kunne gøres direkte i materialet; ingen nye komponenter eller egenskaber skulle tillægges.

8) At påbegynde produktionen af et nyt produkt i en ny linie krævede, at hvert emne skulle produceres i en vis volumenstørrelse, idet man hver gang skulle udfærdige nye NC-programmer til maskiner og robotter, købe nyt værktøj til maskinerne, herunder specielle griber til robotter og holdende værktøj, hvilket var en kostbar affære.

Nedenfor i figur 4-3, er vist det totale procesflow for både emne 1 og emne 2 indeholdende de forskellige operationer og processer der hørte til hvert emne. Samtidigt er vist den del af begge emners totale procesflow som er genstand for undersøgelse og som simuleringsmodellen er udformet efter. Som det kan ses fra dette procesflow for emne 1 og 2, fremgår det hvor FMS/CIM-cellen kommer ind i billedet.

FIGUR 4-3
PROCES-FLOW FOR EMNE 1 OG EMNE 2



Begge procesflow viser hvilken type af proces der blev udført ved hver enkelte maskine. Imidlertid var - som det også er påpeget ovenfor - layouttet af værksted og maskiner ikke alene gjort i overensstemmelse hermed. Derfor kunne det forekomme, at emnerne cirkulerede et stykke tid på conveyer-systemet inden de gik direkte ind i en proces.

Igennem hele produktionsprocessen blev der foretaget Statistisk Proces Kontrol (SPC) kontinuerligt. Selve operationslisten for såvel emne 1 som 2 indeholdt følgende informationer,

- antal operationer,
- beskrivelse af værktøj,
- hvilken proces-metode der skulle anvendes samt
- hvilke forhold der skulle kontrolleres og checkes af hver operatør.

Proces-Parametre:

De tre proces-parametre - dvs. processen, fleksibilitet og kapacitet - spillede en vigtig rolle både for produktionen. Disse tre parametre blev kun i begrænset omfang indarbejdet i virksomhedens daværende kalkylemodel, men blev anset af ingeniørerne hos IBMJ for at være af afgørende betydning fremover, hvis der skulle inddrages flere typer af emner.

Nøjagtigheden og tolerancen i en proces blev af IBMJ anset som den afgørende faktor for kvaliteten i selve processen. Hvor præcist og hvilke tolerancer der blev ønsket til et emne, var en afgørende faktor for den samlede investeringsudgift for maskinen. Dette afspejlede dermed også de omkostninger eller alternativomkostninger som blev anvendt i en given produktkalkyle. Et produkts krav på kapacitet, kvalitet og tolerancer, blev dermed også - implicit - afspejlet i produktets omkostninger.

Fleksibilitet:

Fleksibiliteten som den blev anvendt for de to emner i deres respektive afdelinger, blev af IBMJ defineret på følgende måde,

- den relative størrelse på produktionsmaskinerne og dermed muligheden for at tilvirke emner i forskellige størrelser samt
- variationen i processen af maskinerne, målt som »my«.

På grund af den indbyggede fleksibilitet i maskinerne, kunne IBMJ sammensætte et FMS/CIM-system eller en afdeling af de maskintyper man ønskede til et givet produkt forudsat visse produktionsparametre f.eks. volumestørrelse eller specifikationskrav til processerne. Samtidig blev det hos IBMJ erkendt, at man kun i mindre grad udnyttede den samlede tilrådighedstående fleksibilitet maskinerne egentlig var bygget til at kunne håndtere. Dette medførte at fleksibilitetseffekten, via dyre maskiner, slår hårdt på den endelige produktkalkule og dermed også på omkostningerne for emnerne eller produkterne. Trods den høje produktionsfleksibilitet eksisterede der store tekniske problemer med at skulle producere samme emnetyper i samme FMS-system eller produktionslinje.

Kapacitet og Udnyttelse:

Kapacitetsbegrebet hos IBMJ blev opfattet og opgjort forskellige, alt afhængig af typen af maskine og proces og antallet af produktionsskift. Da IBMJ for det meste producerede samme emne i en længere periode, kunne der heller ikke her tales om en setupaktivitet som i mere traditionel batch eller serieproduktion. Istedet kaldes denne blot en »justering« da det her drejede sig om værktøjsændring på grund af nedbrydning, slid, service etc.

Et afgørende faktum i FMS/CIM-systemet hos IBMJ var, at der eksisterede en tæt forbindelse mellem beregningen af en totalkapacitet, setups og de forudsætninger der i sidste ende afgjorde tiden per styk.

Hele proceduren forstås bedst ved at vise et tidligere eksempel byggende på IBMJ's egne data og beregningsteknik. For at se forskellen over til IBMJ's andre maskiner, dvs. robotter og de multi-orienterede maskiner, er disse medtaget som sammenligningsgrundlag. Det hele er gjort for emne 1.

4.3 Numerisk Eksempel fra IBMJ

For hvert emne som blev produceret, udformede produktionsteknikerne en kapacitetsplan hvor dels operationer, udnyttelse, yield, styktid per emne, tilgængelig tid, dvs. bemanded og ubemanded tid, nettotid og antallet af styk der skal produceres per maskine for et bestemt tidspunkt blev noteret. Såvel for den bemandede som for den ubemandede tid, opererede man med en udnyttelsesgrad. Kapacitetsudnyttelsen blev defineret som den faktiske udnyttelsestid - også kaldet praktisk kapacitet - hvorimod yield blev defineret som den procentsats af den samlede produktion, som opfyldte kvalitetskravene.

Det hele blev gjort såvel for en, to, tre, fire (Lørdag) og fem (Lørdag og søndag) skift. For hver maskine og operation blev fastlagt én bestemt udnyttelsesgrad og yield. Dvs. at hele FMS/CIM-systemet som helhed kunne bestå af mange forskellige yields og udnyttelsesprocenter for de enkelte maskineenheder, afhængig af produktets ressourcerkrav på den enkelte maskineenhed.

Nedenfor er vist et numerisk eksempel fra IBMJ, som viser brutto og netto kapacitetsberegningen for en multi-orienteret maskine, en robot samt for FMS/CIM-cellen.

En Multi-Orienteret Maskine hos IBMJ:

Den faktiske kapacitetsudnyttelse blev beregnet som 100% kapacitet minus personlig pausetid for operatøren her 5%, og en justeringtid for emne 1 her 10%:

$$\text{Maksimal Aktual Udnyttelse} = 1 - (0.05 + 0.10) = 0.85$$

Herefter kunne den gennemsnitlige styk-proces-tid beregnes, som procestiden for en pallet, her 15.5 minutter, divideret med antallet af styk på en pallet, som her ved en multi-orienteret maskine var 8 styk på en pallet:

$$\text{Gennemsnitlig Procestid for Et Styk} = 15.5/8 = 1.93 \text{ Min}$$

Med en udnyttelsegrad på 85% (både for bemanden og ubemandet tid), og en yield på 90%, dvs. en defektprocent på 10% (antallet af enheder som ikke opfylder kvalitetskravet) og på grund af at maskinen var den første proces for emne 1, kunne det totale antal kvalitetssikre enheder af emne 1 for en uge og ét skift beregnes til følgende, idet der anvendes 40 arbejdstimer per uge á 60 minutter:

$$\text{Antallet af Enheder for en Uge} = ((0.85 \cdot 40 \cdot 60) \cdot 0.90) / 1.93 = 951$$

Dermed kan også antallet af defekte enheder for uge beregnes som:

$$(1.00 - 0.90) \frac{0.85 \cdot 40 \cdot 60}{1.93} = 105.7$$

Den faktiske arbejdstid for en enkelte operatør på en uge er 38.5 timer. Men på grund af, at operatøren har fleksibel lunch og fordi maskinerne er i stand til at *fungere uden operatør* i omkring 20 minutter (proces-tiden for en enkelt pallet er 15 minutter plus 5 minutter; tiden det tager at loade den næste pallet eller ca. 0.3 timer totalt), er den totale brutto procestid 40 timer for en uge. Dette kræver imidlertid, at to palletter er til rådighed hele tiden; en som befinder sig i processen, og en som er stand-by til processen. Dermed bliver nettotiden 34 timer eller $(40 \cdot 0.85)$.

Robotten hos IBMJ:

Her blev anvendt forskellige udnyttelsesgrader for henholdsvis bemandet og ubemandet udnyttelse, idet robotterne var i stand til at producere ubemandet i en forholdsvis lang periode. I eksempel her var den ubemandede tid 6 timer for en dag eller 30 timer for en uge med ét skift. Robotter afsluttede selv hver dag. Hertil skulle lægges den fleksible lunch på 0.5 time for 5 dage totalt 32.5 timer. Også her var den faktiske arbejdstid for en operatør i en uge 38.5 timer. Derfor kunne den totale brutto-procestid (bemandet og ubemandet) beregnes som:

$$\text{Brutto-Proces-Tid} = 38.5 + 32.5 = 71 \text{ Timer}$$

Med en bemandet udnyttelsesgrad på 85% og en ubemandet udnyttelsesgrad på 70% af den totale netto-proces-tid, kunne den totale netto-proces-tid beregnes til:

$$\text{Netto-Proces-Tid} = (38.5 \cdot 0.85) + (32.5 \cdot 0.70) = 55.5 \text{ Timer}$$

Her var styk-proces-tiden sat til 1.88 time. Ingen palletter blev anvendt her. Yielden i robotprocessen var af IBMJ sat til 94%, da man her kunne forvente et højere kontrolleret kvalitetsniveau. Dermed kunne det totale antal enheder beregnes til:

$$\text{Antal af Enheder for en Uge} = (55.5 \cdot 60) \cdot 0.94 / 1.88 = 1665 \text{ Styk}$$

Dermed blev antallet af defekte enheder for en uge ligmed 106. Heraf ses fordelene med robotten som kunne arbejde forholdsvis lang tid ud over den normale operatørtid, idet robotten blev ladet op og kørte så indtil dette var slut til trods for at der stadig kun blev anvendt et skift.

FMS/CIM-Cellen hos IBMJ:

Hver operation i hele FMS-systemet hos IBMJ blev principelt behandlet på samme måde som robotten ovenfor ved en multi-orienterede proces. I det oprindelige FMS-systems beregninger blev anvendt ca. 20 paletter med 16 styk af emne 1 og ca. 10 paletter med 8 styk af emne 2 på en pallet, afhængig af hvilke operationer emnerne skulle/ikke skulle igennem.

Specielt var den ubemandede udnyttelse i dette eksempel dog kun sat til 50%. Dette hænger sammen med systemets kompleksitet og bygger på erfaringer. Alle enheder i FMS/CIM-systemet kunne her arbejde i ca. 1.4 timer svarende til 20 paletter uafhængigt af operatøren. Beregnes netto-proces-tiden for emne 1 i FMS-systemet fås følgende nettotid for en enkelte uge:

$$\text{Netto Proces-Tid} = (38.5 \cdot 0.85) + (9.5 \cdot 0.50) = 37.5 \text{ Timer}$$

Her er den ubemandede tid kun 9.5 timer per uge. Dette hang sammen med at systemet skulle ses som en helhed hvilket betød, at den længste ubemandede tid svarede til den korteste operation i systemet med et fast antal paletter; her 20. Skulle man ønske en længere ubemandet process-tid, skulle der i princippet være flere bemandinger indenfor for rammen af en operatørs arbejdstid; her de 38.5 timer. Den korteste operationstid dannede dermed den øvre grænse for den ubemandede tid eller en form for »flaskehals« for den ubemandede tid.

Beregningerne for andet skift og op til femte skift udformes på samme måde og med samme forudsætninger vedrørende yield, udnyttelse, etc. Den ubemandede proces-tid er den samme.

Hvis T_{bm} udtrykker bemandet tid, α_{bm} udnyttelsen for den bemandede tid, T_{ub} udtrykker ubemandet tid, α_{ub} udtrykker udnyttelsen for ubemandet tid og β yielden, så kan den effektive tid T_{ef} for godkendte enheder i et FMS-system udtrykkes som:

$$T_{ef} = (T_{bm} \cdot \alpha_{bm} + T_{ub} \cdot \alpha_{ub}) \cdot \beta \quad (4:1)$$

Opstår der ledig kapacitet var IBMJ's politik, at det produkt som investeringen i sin tid blev disponeret til også må bære den ledige kapacitetsomkostning hvis kapaciteten ikke kunne finde alternativ anvendelse. At netop det oprindelige produkt måtte dække de ledige kapacitetsomkostninger, hang sammen med at maskinen blev disponeret til dette produkt.

En sammenligning mellem de tre typer af bearbejdningseenheder er vist nedenfor i tabel 4-1.

TABEL 4-1
SAMMENLIGNING AF BEMANDET OG UBEMANDET BRUTTO-KAPACITET
(TIMER)

Kapacitetsenhed	Ubemandet	Bemandet	Total
Multi-Orientede Maskine	1.5	38.5	40
Robot	32.5	38.5	71
FMS-System	9.5	38.5	48

Som det fremgår er det det enkelte emnes træk på ressourcer og operationer som afgør hvordan planlægningen og sammensætningen af kapaciteten.

IBMJ anvendte følgende prioritetsrækkefølge for kapacitetstrækket, først blev der udfærdiget en analyse for det emne eller det job som skulle produceres, for det andet blev udført detajeret proces-analyse for dette, for det tredje blev valgt hvilke maskiner og værktøj der skulle bruges, og som det fjerde blev tidskravet planlagt for hver enkelte proces på hver enkelt maskine.

Herefter blev de ovenfor nævnte beregninger udført. Når dette var gjort kunne der yderligere ske en afpasning af kapaciteten i form af en afbalancering i antallet af skift eller antallet af maskiner⁹⁾. Bibeholdt man samme antal maskiner, men med en reduktion af antallet af operatører, blev udnyttelsesgraden lavere. Der var derfor en klar relation mellem de ovenfor nævnte inputdata og et produkts kapacitetsforbrug. Dette fik igen betydning for kalkulationen, idet forudsætningerne for denne var knyttet sammen via kapacitetsomkostninger.

Afvigelsen mellem antallet af brutto og netto procestimer for de tre maskintyper var forholdsvis stor. Det samme var tilfældet mellem den totale bruttotid og nettotid for en robot, idet robotten havde en længere ubemandet tid.

På grund af at yelden fra forskellige processer stort set var konstant og for at sikre en endelig kontrolleret kvalitet i slutprocessen i forhold til det endelig antal emner, var det påkrævet, at output fra alle de andre processer ud over FMS-systemet var så meget højere. Derfor blev kapacitetsplanlægningen gjort i et retrograd perspektiv, dvs. fra slutprocessen i FMS-systemet til robotterne og fra robotterne til begyndelsesprocesserne i de automatiske maskiner.

⁹⁾Som IBMJ så det kunne det være en fordel at starte produktionen af en ny detalje op langsomt for herefter at forøge antallet af maskiner successivt. I så fald havde man overstået diverse opstart vanskeligheder.

Hvis man f.eks. ønskede 1.000 kvalitetssikre og godkendte emner og yielden for den første multiorienterede maskine var 90%, yielden for den næste proces f.eks. som her var en robot blev sat til 94%, og yielden i FMS-systemet sat til 80%, så kunne det antal enheder x som skulle startes i første proces, dvs. ved den multiorienterede maskine, beregnes som:

$$x(0.90*0.94*0.80)=1.000$$
$$x=1.478 \text{ Styk}$$

Dvs. der skulle startes minimum 1.478 enheder ved første proces for at være sikker på at få 1.000 færdige og kvalitetssikre enheder som output ved unloading.

Hvis en operatør havde planlagt at skulle passe f.eks. tre maskiner, ville den bemandede udnyttelse gå ned såfremt han ikke nåede dette mål. Ofte var der dog mulighed for en vis ombearbejdning. Generelt blev kapitalomkostningerne per emne blot en funktion af antallet emner og af den retrospektive kapacitetsplanlægning. Selve kapacitetsfastlæggelsen havde ingen direkte effekt på omkostningerne når man kun producerede én detalje på hver maskine.

Sammenligning af Kapaciteterne:

Er det en meget lønintensive operation blev en operatør ofte sat konstant til at passe én maskine hvilket også betød, at udnyttelsen bliver mindre da operatøren behøvede mere personlig fordelingstid.

Kapaciteten for FMS-systemet hvor operationerne skulle afpasses efter hinanden, blev en afgørende faktor for en optimal udnyttelse af hele FMS-systemet. Normalt skulle man ved FMS, robotisering etc., forvente en større udnyttelse generelt set end i en »manuel« linie. Problemet var blot, som den ledende ingeniør også udtrykker det, »ingenting kan siges at være generelt i et FMS-system, fordi alle operationer og processer bliver specifikke«.

Grunden til at den enkelte maskine eller robot havde en større udnyttelsesgrad end et FMS-system var bl.a., at disse maskiner havde palletveksler (såvel til værktøj som til emnerne), hvorved en hel pallet blev behandlet i maskinen per gang (jvf. ovenfor de 15.5 minutter). Derved fik operatøren tid til overs hvorfor der også blev sat det krav til operatøren, at denne skulle sørge for, at maskinen konstant var i proces. Et andet argument var, at der ved FMS ofte opstod ventetid eller stilstande, idet såvel maskiner eller robotter, værktøj og bearbejdningsværktøjet og justering tilsammen skabte en forøget kompleksitet hvorved udnyttelsen her blev mindre.

Det var med andre ord systemets kompleksitet som kom til at påvirke udnyttelsen i negativ retning. Komplexiteten sluger derfor en stor del af udnyttelsen og fleksibiliteten, selvom systemet de facto er fleksibelt. Samtidig var det ofte sådan, at hvis blot værktøjet i én maskine skulle byttes, stod hele systemet stille. Selve fleksibiliteten gjorde derfor ikke, at man fik en bedre udnyttelse.

Ses derimod på udnyttelsen for FMS-systemet som helhed under et år, så mente man på IBMJ, at udnyttelsen kunne blive bedre end for enkeltstående maskiner, som skulle flyttes rundt og stilles op for andre produkter gennem året. Den langsigtede udnyttelse synes derfor at være bedre for FMS-systemet end for de enkeltstående enheder, hvorimod den kortsigtede udnyttelse var bedre for enkeltstående maskiner.

FMS-systemet kunne ikke forblive ubemandet på grund af kompleksiteten i selve processen. Bemandingen var mere afhængig af kompleksitet og antallet af emner end af selve fleksibiliteten. Normalt var der indsat en mand per skift per type af emne. Blev der produceret to emnetyper som her, skulle der være én operatør som udelukkende serverede maskinerne, og én som loadede og unloadede. Ofte kunne man nøjes med en »halv mand« til at serve per detaljer samt en til loading og unloading .

Kapacitetsfastlæggelsen og dens betydning for omkostninger under FMS, FAS/L eller JIT er et kompleks problem, som det også er påpeget hos Cooper & Kaplan (1991b).

4.4 Formål og Kalkulationsprincipper

Man ønskede hos IBMJ, at kalkulationerne burde inddrage samtlige ressourcer og omkostninger så virkelighedsnært som muligt. Man ønskede også at kunne forstå og kunne påvirke omkostninger for et produkt og se hvad produktkalkulen de facto endte på i kroner. Når man således kendte et produkts totale og forskelligartede og fælles omkostninger og hvor disse omkostninger kom fra, og hvad der forårsager dem, kunne der også gøres noget for at reducere dem. Evt. gik man tilbage og ændrede på forudsætningerne samt prøvede at forstå hvorfor omkostningerne ikke gav det resultat man ønskede.

ABC-princippet blev ikke anvendt hos IBMJ omend ABM har været diskuteret på et mere overordnede niveau.

Forkalkylerne for en detalje eller halvfabrikata, lå igen til grund for andre forkalkyler til det valgte færdige produkt. I realiteten blev udført mange forkalkyler for samme produkt og del-produkt og på forskellige tidspunkter indenfor samme afdeling¹⁰.

Som det allerede er fremgået ovenfor, spillede kalkylen også her en helt afgørende rolle for alle berørte parter på alle niveauer i organisationen. Samtidig skal det endnu engang bemærkes, at kalkylen var langt det vigtigste beslutningsinstrument helt fra produktudviklingen, forkalkulation, og videre frem til prisfastsættelse for det endelige slutpunktet.

Nedenfor i tabel 4-2, er angivet de områder og formål, hvor kalkulerne blev anvendt hos IBMJ. Dette gælder også de emner som blev produceret i FMS/CIM cellen.

¹⁰)F.eks. blev udført mindst seks forskellige omkostningskalkulationer på forskellige udviklingstidspunkter og med forskellige forudsætninger, førend det endelig produkt og sidste kalkulation blev realiseret.

TABEL 4-2
FORMÅLET FOR PRODUKTKALKYLEN HOS IBMJ

Estimer og Planer var basis for:

- produktionsbeslutninger for et nyt produkt,
- prisfastsættelse,
- rentabilitetsanalyser,
- beslutninger vedrørende »sourcing«,
- budgetter, og
- »cash-flows«.

Studier:

- rentabilitet,
- beslutninger vedrørende »sourcing«.

Cost Management:

- total omkostningsstyring af egne produkter; hvad er der sket, hvad sker i fremtiden og hvorfor,
- follow-up af budgetter,
- egen position kontra position af andre IBM virksomheder,
- identifikation af omkostningsreduktionsmuligheder.

»Business Case«:

- estimation af omkostningseffekten af forskellige projekter,
- basis for beslutninger.

Konkurrenceanalyser:

- få kendskab om IBMJ's konkurrenter,
 - omkostninger fra konkurrenternes produkter; hvad er produktionssomkostninger for konkurrenterne for et givet produkt, kontra IBMJ's omkostninger,
 - »up-to-date« information omkring udvikling af nye produkter og nye teknikker.
-

Reference: Udgangspunkt »Internal Document and Guideline« IBMJ 1991.

Ovennævnte formål er medtaget her for at fastslå, hvor vigtigt produktkalkulation var hos IBMJ. Til hver af de beslutninger som var relateret hertil, f.eks. »cash flow-beregninger« eller konkurrentanalyser, blev udformet forskellige kalkylemodeller hvor både kalkulationsforudsætninger, formål og selve kalkulationsdesignet kunne være forskelligt.

Man havde ikke specielt påpeget forholdet mellem operativ og strategisk omkostningsstyring, ud over det som fremgik af formålene med kalkylen ovenfor. Men som det også er fremgået under produktionen, lagde produktionsingeniører og produktionsfolk i det daglige stor vægt på forskellige præstationsmål i produktionen, f.eks. yield og tolerancekrav.

Virksomhedens forskellige kalkylemodeller blev også anvendt af forskellige beslutningstagere i forskellige afdelinger samt af visse grupper af personer på forskellige organisationsniveauer. Dette gjaldt såvel internt som eksternt samt inden for områder som, estimation af planer, salgsstudier, »cost management«, »business cases« og

konkurrentanalyser. Beslutningspersoner internt kunne være fabriksledelsen, de produkt-omkostningsansvarlige, budgetafdelingen, indkøb etc. Eksternt kunne det være »European Head Quarter«, prisfastsættelsen i forskellige lande, udviklingslaboratorier, og søsterfabrikker.

4.4.1 Kalkulationssystemet

Både for IBMJ - og for IBM som helhed - blev anvendt en full-cost model. Denne blev anvendt bl.a. til styring af ressourcer, såvel internt som eksternt, prisfastsættelse dvs., i forbindelse med »target costs« samt til ressourceplanlægningen. Også her var baggrunden, at virksomheden ønskede information om de totale omkostninger for at producere et produkt under forskellige antagelser af kapacitet, volumenstørrelse, valg af maskiner, teknologi etc.

IBMJ's tidligere »overhead-model«, var baseret på den klassiske tre-trinsinddeling, artsregistrering, stedregistrering samt formålsregistrering, hvor akkumuleringsenhed kunne være cost pool, afdeling, omkostningscenter og hvor fordeling var baseret på antallet af ansatte, areal, serviceydelser og hvor fordeling til produktet blev gjort i relation til antallet af direkte løntimer eller indkøbskroner i produktionsprocessen.

Før 1988, blev den klassiske step-metode anvendt i alle direkte produktionsafdelinger. Efter 1988 blev dette ændret til princippet om »direct charging«. Formålet med »direct charging« var, jvf. IBMJ:

*»att charge samtliga kostnader som hör till en specifik kostnadsbärare från ett kostnadställe (avdelning) till kostnadsbäraren. Kostnadsbärare är alla produkter i produktmenyn, som box och parts som olika kostnadsbärare«
(Internal Document IBM 1991).*

Formålet med princippet om »direct charging« var at få identificeret alle indirekte omkostninger så tæt som mulig til det enkelte produkt¹¹⁾. Alle omkostninger for et produkt blev akkumuleret - direkte og indirekte identificeret - i et komplet cost pool indenfor et specifikt omkostningscenter. Stykomkostningerne for et færdigt produkt blev beregnet, blot ved at dividere de totale omkostninger, inklusiv salgs- og administrationsomkostninger med det totale antal færdige enheder. Herved fås hvad IBMJ kaldte en »Box-Rate«, som var et output mål¹²⁾. Denne Box-Rate indeholdte alle omkostninger direkte som indirekte, dvs. operatørlønninger, afskrivninger etc.

11) Denne form for resonnement for fordeling, synes også at være i linie med ABC-princippet, hvor der ikke anvendes »fordeling« mellem supportafdelinger, jvf. også Boons *et al* (1992, p 109).

12) Internpriser indenfor IBM var baseret på samme kalkulationsfilosofi som den eksterne kalkyle. Derfor blev volumen anvendt som cost driver.

Hos IBMJ blev »direct charging-metoden« anvendt på forskellig måde. I den organisatoriske udformning blev virksomheden anset for at have sin egen produktionsafdeling, produktionsteknik, produktionsstyring, indkøb etc. Her var det let at identificere de forskellige supportaktiviteter. I en cost center udformning var der sideordnede aktiviteter som informationssystemer, computerbearbejdning, hvor disse ydelser blev købt og betalt af den pågældende ansvarlig for omkostningscentret. Og endelig var der en undersøgelsesudformning hvor folk i alle indirekte områder blev undersøgt for at se hvordan de specielt kunne identificeres i relation til et produkt. Disse forskellige udformninger var indeholdt i IBMJ interne regnskabssystem.

IBMJ så »direct charging« som en metode til at identificere og få inddækket alle overhead-omkostninger fra produktionen direkte i relation til et produkt. Under den traditionelle step-metode, kunne man kun identificere og dækket ca. 20-25% af samtlige overhead-omkostninger. Med det nye »direct charge koncept« hos IBMJ, kunne man nu tilordne omkring 80% af samtlige overhead-omkostninger direkte til et givet produkt i produktionsmæssig henseende. Resten blev identificeret indirekte til produkterne gennem forskellige afdelinger og cost drivers.

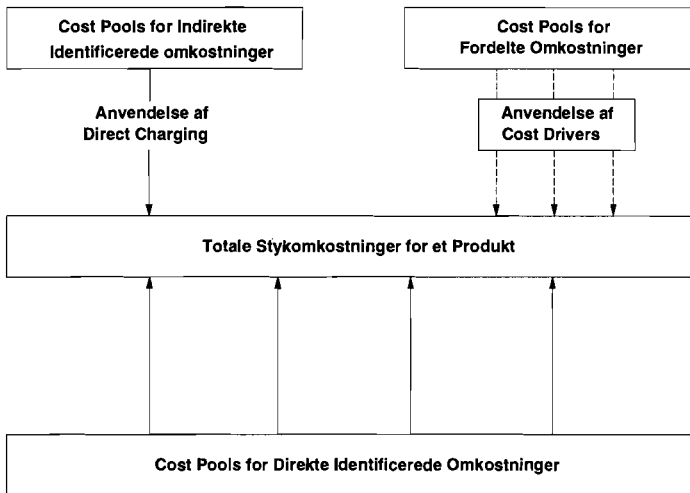
Udviklingen og ressourceforbruget af de første forkalkulationer som blev udført for et produkt, blev gjort af »metode-afdelingen«. Her blev alle ressourcer og omkostninger for et totalt produkt planlagt for hele produktets livsforløb. Fra denne afdeling blev også planlagt antallet af operatører, materialekvalitet etc. På samme tidspunkt blev længden af produktionsforløbet for produktet beregnet. Her blev igen gjort en forkalkulation ved at dividere det samlede cost pool for et produkt, med antallet af planlagt producerede enheder. Begreberne variable og faste omkostninger blev ikke anvendt i relation til produktkalkulationsformålet. Derimod blev begreber som, direkte identificeret, indirekte identificerede og fordelte omkostninger anvendt, såvel for produktomkostninger, som for evt. forbedringsomkostninger.

4.4.2 Den Konkrete Kalkulationsmodel for FMS-Systemet

Nedenfor i figur 4-4 er opstillet IBMJ's principelle kalkulationsmodel, som denne blev brugt for emne 1 og emne 2 for FMS/CIM cellen hos IBMJ. Også her er forsøgt at beskrive omkostninger og deres relationer i mere analytiske termer i overensstemmelse med undersøgelsen hos IBMJ. Som det kan ses var samtlige totale omkostninger fra alle direkte og indirekte supportafdelinger opdelt i tre hoved-cost pools af omkostninger.

Identificerede omkostninger var alle de omkostninger som kunne spores direkte til et produkt via »direct charging«. De stiplede linier for fordelte omkostninger indikerer, at disse blev henregnet via en valgt cost driver, hvorimod de direkte identificerede omkostninger kunne henføres direkte til produktet. På grund af at samme produkt ofte anvendte samme maskiner, værktøj, udstyr eller fikstur, kunne omkostninger hertil karakteriseres som

FIGUR 4-4
IBMJ's TILREGNINGSMODEL



identificerbare omkostninger. Hos IBMJ havde man det synspunkt, at kun det oprindelige hovedprodukt som anvendte en maskine eller MHS, blev identificeret til dette produkt. Anvendte andre produkter samme maskine, bar disse produkter ikke nogen del af disse omkostninger.

Som IBMJ så det, er den væsentligste cost driver i FMS/CIM cellen antal styk og antal operatører. Alle omkostninger fra de indirekte supportafdelinger var - på den ene eller anden måde - identificerbare og blev henført til alle produkter som anvendte disse ressourcer. Nedenfor i tabel 4-3 er vist det konkrete kalkulationsdesign for emne 1 og emne 2.

Denne model gav IBMJ mulighed for at gennemse det konkrete indhold af de emner eller produkter som gik igennem denne type af processer og aktiviteter. Indholdet i modellen gav også mulighed for at fastsætte satser samt hvilket indkøb der skulle foretages til et bestemt produkt på forskellige tidspunkter såvel indenfor virksomheden som hos en underleverandør. De totale gennemsnitlige stykomkostninger kunne derfor opgøres som:

$$Total\ Gen.\ Stykomk. = Dir.\ Ident.\ Omk. + Ind.\ Ident.\ Omk. + Ford.\ Omk.$$

Som det ses sker denne opdeling i relation til forskellige og rimelig ensartede cost pools og ikke på forskellige aktiviteter. Den opfattelse af henførbare omkostninger der skete til disse cost pools, kunne også karakteriseres som »first stage allocation«. Omkostningsinputs til »second stage driver« var disse fordelinger der var foretaget via »first stage drivers«. Nedenfor beskrives hvilke og hvordan omkostningerne nærmere var opgjort ved »first stage drivers« hos IBMJ.

TABEL 4-3
DEN KONKRETE KALKULATONSMODEL FOR FMS/CIM-CELLEN HOS IBMJ

OMKOSTNINGER:	Direkte Identificerede Omkostninger	Indirekte Identificerede Omkostninger	Fordelte Omkostninger
Direkte Arbejde (Work Load)	$C^{DL}(j)$	!	!
Afskrivninger	$C_{af}^{AF}(j)$	!	!
Direkte Materiale	$C^{MA}(j)$	!	!
Andre	$C^{AN}(j)$	!	!
Indirekte Arbejde (Work Load)	!	$C^{IL}(j)$	!
Service	!	$C^{SE}(j)$	!
Areal	!	!	$C^{AR}(j)$
Værktøjslager Omkostninger	!	!	$C^{VE}(j)$
OMKOSTNINGER FØR »RISIKO JUSTERING«:	-	-	
»Risiko Omkostninger«	+-	+-	+-
OMKOSTNINGER EFTER »RISIKO JUSTERING«:	-	-	-
Volumen	$n(j)$	$n(j)$	$n(j)$
Totale Omk.	$TC^{DL}(j)$	$TC^{IN}(j)$	$TC^I(j)$

! betyder at ingen omkostninger eksisterede her.

4.4.3 Første Trins Cost Driver

Nedenfor gennemgås principperne for hvordan IBMJ havde beregnet og fordelt de forskellige typer af omkostninger ned på produktniveau j på.

Direkte Identifierbare Omkostninger:

Direkte arbejde bestod af alle lønomkostninger til produktionen som var relateret til de operatører som var placeret ved FMS/CIM-cellen inklusiv alle sociale og andre velfærdsomkostninger med et år som planlægningsperiode. Den konkrete beregningen af direkte løn C^{DL} er som følger. Når O udtrykte det totale antal operatører, $n_{dl}(o, j)$ udtrykte antallet af operatører af typen o for direkte arbejde til produkttype j for et år, og $c_{dl}(j, o)$

udtrykte lønomkostningen for operatørtype o for et år ved produkttype j , og ϵ udtrykte procenttillægget for diverse velfærdsmkostninger, så kunne de totale direkte identificerbare lønomkostninger for produkt j beregnes som:

$$C^{DL}(j) = \{\sum_{o=1}^O n_{dl}(j, o) \cdot c_{dl}(j, o)\} \cdot (1 + \epsilon) \quad (4:2)$$

Afskrivninger bestod af alle afskrivninger som kunne henføres direkte til cellen også kaldet »afdelingen«. Beregningen af afskrivningerne blev gjort i overensstemmelse med virksomhedens »internal guideline« som foreskrev visse principper. Normalt blev anvendt en 5-årig afskrivningsperiode. I afskrivningerne indgik også maskindele samt værktøj. Når $I(k, j)$ udtrykte den investerede kapital ved maskine k for produkt j , og $H(k, j)$ udtrykte afskrivningsperioden for samme, så kunne de totale årlige identificerede afskrivningsomkostninger for samtlige maskiner for produkt j opgøres som:

$$C_{af}^{ID}(j) = \sum_{k=1}^K \left\{ \frac{I(k, j)}{H(k, j)} \right\} \quad (4:3)$$

Hertil skulle lægges den interne fordeling af afskrivninger på fællesmaskiner som begge produkter anvendte $C_{af}^{F/E}(j)$ således, at de samlede afskrivninger henført til et produkt blev:

$$C_{af}^{AF}(j) = C_{af}^{ID}(j) + C_{af}^{F/E}(j) \quad (4:4)$$

Direkte materialeomkostninger også betegnet som underleverandør omkostninger, var samtlige fakturerede udgifter fra underleverandøren til det enkelte produkt. Der kunne også indgå visse specifikke omkostninger fra underleverandøren f.eks. setup-costs eller fejlomkostninger hvis der har været fejl på tegningerne fra IBMJ. Når $CE^{UL}(j)$ udtrykte disse totale fakturerede udgifter fra en underleverandør for produkt j , så kunne de samlede underleverandøromkostninger blot skrives som:

$$C^{MA}(j) = CE^{UL}(j) \quad (4:5)$$

Begrebet »andre omkostninger« bestod bl.a. af omkostninger for værktøjslager kemikalier, kontormateriale, reparation og vedligeholdelse samt personaleudvikling. Når $CE^{AN}(j)$ repræsenterede de totale eksterne udgifter for andre omkostninger til produkt j , så kunne dette blot skrives som:

$$C^{AN}(j) = CE^{AN}(j) \quad (4:6)$$

Dermed kunne de samlede direkte identificerede omkostninger $TC^{DI}(j)$ for produkt j , beregnes ved at summere over disse direkte omkostninger:

$$TC^{DI}(j) = C^{DL}(j) + C_{af}^{AF}(j) + C^{MA}(j) + C^{AN}(j) \quad (4:7)$$

Indirekte Identificerbare Omkostninger:

Indirekte identificerede lønomkostninger bestod af alle indirekte lønomkostninger samt serviceomkostninger.

Indirekte lønomkostninger var lønomkostninger for folk som ikke var placeret direkte ved produktionslinien, men som dog også arbejdede direkte med dette produkt i forskellige hjælpe- og supportafdelinger f.eks. i »packet engineering«. Disse omkostninger var henført i relation til den tid en given indirekte person anvendte på dette produkt. Dette var gjort efter »direct charging« princippet. En stor del af ingeniørerne var således identificeret indirekte til et produkt. Samtlige af de resterende lønomkostninger som *ikke* kunne henføres på denne måde indgik i omkostningsbegrebet »service«. De indirekte identificerede lønomkostninger blev beregnet på følgende måde.

Når $c_{il}(l, j)$ udtrykte lønomkostningssatsen per tidsenhed for løntypen l der var medgået til produkttype j og $n_{il}(l, j)$ udtrykte antallet af tidsenheder for løntype l til produkt j , så kunne de totale indirekte lønomkostninger beregnes ved at summere over antal timer multipliceret med timesatsen for indirekte lønarbejde. Også her skulle tillægges sociale lønomkostninger. Selv om dette var en henført omkostning, var det muligt via »direct charging«, at henføre omkostningerne rimeligt præcist og i takt med anvendelsen af de enkelte ressourcer. Dette kunne udtrykkes på følgende måde:

$$C^{IL}(j) = \{\sum_{l=1}^L n_{il}(l, j) \cdot c_{il}(l, j)\} \cdot (1 + \varepsilon) \quad (4:8)$$

Serviceomkostningerne indeholdt alle omkostninger som var fordelt til produkterne via en indirekte identifikation via »direct charging«. Dette var hovedsagelig udgifter fra finansafdelingen, indkøbsafdelingen, personaleafdelingen, omkostninger i relation til informationssystemerne samt administrationsomkostninger. Disse var baseret på en detaljeret tidsanalyse indenfor hver funktion som var forbundet med den enkelte produkttype f.eks. via en vis procentsats. Dette kunne også udtrykkes på følgende måde.

Når $c_{se}(p)$ udtrykte serviceomkostningernes størrelse indenfor de forskellige typer af cost pools p og $\theta_{se}(p, j)$ udtrykte produkts j 's størrelse af cost driveren indenfor det enkelte cost pool p , så kunne de samlede serviceomkostninger fordelt til produkttype j beregnes ved at multiplicere disse to størrelser med hinanden eller som:

$$C^{SE}(j) = \sum_{p=1}^P c_{se}(p) \cdot \theta_{se}(p, j) \quad (4:9)$$

Dermed kunne de samlede indirekte identificerede omkostninger $TC^{IN}(j)$ beregnes ved at summere over disse omkostninger:

$$TC^{IN}(j) = C^{IL}(j) + C^{SE}(j) \quad (4:10)$$

Fordelte Omkostninger:

Fordelte- eller ikke-identificerede omkostninger bestod af arealomkostninger og værktøjsomkostninger.

Arealomkostninger indeholdte alle omkostninger og udgifter som var beregnet i bygningsadministrationsafdelingen. Disse blev fordelt efter antal kvadratfod (square feet). Disse indeholdte samtlige beregnede og fordelte omkostninger fra denne afdeling og fra alle andre afdelinger, f.eks. produktionsafdelinger samt ikke produktionsmæssige omkostninger. Disse var,

- alle omkostninger for direkte arbejde til afdelingen,
- intern lejeomkostninger per kvadratfod,
- energiomkostninger,
- vedligeholdelsesomkostninger,
- omkostninger til vand, etc. samt
- afskrivningsomkostninger fra bygninger.

Omkostninger per kvadratfod var den samme i hele produktionsområdet. Dette kunne også udtrykkes på følgende måde. Når $c_{ar}(j)$ udtrykte den samlede omkostningssats per kvadratfod per år for produkt j og $s_{ar}(j)$ udtrykte størrelsen af produktionsområdet for en given produkttype, så kunne de totale arealomkostninger opgøres som:

$$C^{AR}(j) = c_{ar}(j)s_{ar}(j) \quad (4:11)$$

Som nævnt tidligere, havde man på IBMJ ofte udskildt de enkelte hovedprodukter til bestemte produktionslinier eller produktionsområder. Dette lettede således henføring af disse omkostninger til det enkelte produkt. Blev samme produktionsområde anvendt til flere produktvarianter, blev udgifterne blot fordelt relativt mellem produkterne efter en valgt fordelingsnøgle, f.eks. en værdinøgle.

Værktøjslageromkostninger var omkostninger fra en serviceafdeling for værktøjsressourcer. Disse var også en fordelt omkostning men her blev omkostningerne fordelt efterfølgende og i takt med et givet produkts relative volumenstørrelse ud af den samlede volumen. Dette var småværktøj som ofte også blev anvendt til andre produkter. Værktøj og fikstur for et produkt blev afskrevet sammen med maskinerne. Når $c_{væ}(m)$ udtrykte omkostningerne for værktøjstypen m , $n_{væ}(m)$ udtrykte antallet for samme og $n_{re}(j)$ udtrykte produkt j 's relative andel af den samlede volumen, så kunne de samlede værktøjsomkostninger til produkttype j beregnes som:

$$C^{VÆ}(j) = \{\sum_{m=1}^M c_{væ}(m)n_{væ}(m)\} \cdot n_{re}(j) \quad (4:12)$$

Dermed kunne de samlede ikke-identificerede omkostninger eller fordelte omkostninger beregnes som:

$$TC''(j) = C^{AR}(j) + C^{VE}(j) \quad (4:13)$$

Risikoomkostninger var en justering af evt. afvigelsesdifferencer mellem de faktiske og de mulige omkostninger¹³⁾. Dvs, hvis virksomheden havde afgivet fast tilbud og de faktiske omkostninger blev større end de budgetterede, blev differencen vist her. IBMJ anvendte ikke nogen former for kalkylemæssig rente i produktkalkylen.

Man tilpassede stykomkostningerne selvom priserne ofte var faste via et afgivet tilbud. Negative risikoomkostninger måtte så dækkes af andre produkter som havde en positiv difference.

Som påpeget ovenfor klassificeredes omkostningerne hos IBMJ ikke i »faste« og »variable« omkostninger. Dette havde hverken været anset som nødvendigt eller muligt på grund af kompleksiteten i produktionssystemerne. Derimod opdelte IBMJ i »out-of-pocket« og »not-out-of-pocket« omkostninger. Formålet hermed var bl.a., at kunne sammenligne med andre produktionsafdelinger indenfor IBM.

IBMJ så fordelingen af de indirekte identificerede omkostninger som en vis form for anvendelse af ABC-princippet, idet man her gik detaljeret igennem hver omkostningsart for at finde ud af hvor mange af disse ressourcer der blev anvendt på hver produkttype. Den direkte cost driver var i mange tilfælde antallet af operatører. Derimod var produktionslinierne ikke lagt op sådan, at ABC-metoden ville kunne anvendes direkte. Man så én produktionslinie som en helhed som kunne producere forskellige varianter af et givet basisprodukt i den enkelte celle. Disse varianter havde ofte kun ringe omkostningsmæssig differencer fra hovedproduktet.

Når prisen således ofte var fastlagt kontraktmæssigt i forvejen, kunne en senere omkostningsændring ikke slå igennem direkte på prisen. Dette kunne f.eks. være tilfældet hvis man ikke kunne opretholde en given volumenstørrelse. Istedet blev der justeret over de såkaldte »risikoomkostninger«. Denne viste så hvormeget der evt. skulle hentes ind eller der var tilovers for andre produkter. Hvis dette ikke kunne gøres, måtte IBMJ selv bære omkostningerne. Også her anvendte IBMJ en full-cost model for konstant at have focus på produkternes totale gennemsnitlige stykomkostninger.

Det beregnede livsforløb for de forskellige produkter kunne være forskellig. Produktionsplanlægningen blev gjort i overensstemmelse hermed. Virksomheden skulle normalt

13) Faktisk kunne disse omkostninger anses for at være en mere eller mindre planlagt omkostningssubvention i forhold til andre produkter.

udvise en ROI som tilfredsstillende et forudbestemt mål. Denne ROI blev anset som en gennemsnitslig sats over hele produktets livsforløb, hvilket betød, at i et enkelte år kunne denne være højere eller lavere end gennemsnittet.

4.4.4 Andet Trins Cost Driver

Virksomhedens »second stage cost driver« - også kaldt »*the box rate of the product*« - var blot ordrestørrelsen eller volumen af produktet $n(j)$ som gik igennem FMS/CIM-cellen.

Dermed kunne de samlede gennemsnitlige stykomkostninger beregnes ved, at summere over de tre forskellige typer af omkostninger. Dette blev gjort ved blot at dividere med volumen $n(j)$ som var den endelige cost driver. Dette kunne også udtrykkes som:

$$C^{IBMJ}(j) = \frac{\{TC^{DI}(j) + TC^{IN}(j) + TC^{II}(j)\}}{n(j)} \quad (4:14)$$

Dette princip udtrykte anvendelsen af et *simpelt divisionsprincip*, hvor stykomkostningen for et produkt blot var ligmed de gennemsnitlige stykomkostninger eller de *gennemsnitlige særomkostninger* for et produkt.

4.5 Konklusion og Afsluttende Kommentarer

Nedenfor er der gjort en kort opsummering af IBMJ's produktionsforudsætninger i kombination med IBMJ's tilhørende kalkulationsmodel samt et par afsluttende kommentarer.

- (1)IBMJ's produktionsform kunne klassificeres som et bearbejdende FMS-system baseret på »vekslende masseproduktion« med eget udviklet CIM-koncept - fortrinsvis til ressourcestyringen - og med en målsætning omkring en JIT-filosofi.
- (2)IBMJ havde en forholdsvis lav kapacitetsudnyttelse for det samlede FMS-systemet under de nuværende forudsætninger, hvilket ikke var ønskeligt.
- (3)Kalkulationen for emnerne i FMS/CIM-cellen blev udført som en engangshandling i relation til et tilbud, ingen direkte ressourcestyring via omkostninger blev foretaget.
- (4)Kalkulationen blev ikke anset for at skulle være særlig præcis. Formålet var mere at få alle omkostninger fra FMS/CIM-cellen absorberet i kalkylen, end få præcise omkostninger.
- (5)Virksomhedens forkalkulationsmodel var baseret på budgetterede omkostninger udledt af virksomhedens bogholderisystem, hvor fordelingen af udgifterne blev gjort i overensstemmelse med det klassiske divisionsprincip og kun én gang for alle omkostningerne.
- (6)Hele den fysiske afdeling af FMS/CIM blev betragtet som ét samlet cost pool, svarende til den amerikanske praksis, hvilket bl.a. betød, at man ikke havde præcise omkostninger for de enkelte processer eller produkter.

- (7) Kun begrænset hensyntagen til kapaciten og den alternativ udnyttelse og dermed dens betydning for omkostningerne blev foretaget. Dette betød, at en økonomisk synkronisering for anvendt og ikke-anvendt kapacitet ikke kunne gøres i forbindelse med kalkulationen. Man havde i realiteten ingen anelse om hvad den ledige kapacitet kostede virksomheden.
- (8) I IBMJ's kalkulationsmodel blev begreberne direkte identificerbare, indirekte identificerbare samt fordelte omkostninger anvendt. Alle tre typer blev betragtet som en form for »direkte omkostninger« fordi disse omkostninger blev henført direkte til cellen og dermed det bestemte emne som blev produceret i cellen. Begreberne faste og variable, marginal eller særømkostninger, blev ikke anvendt i kalkulationssammenhænge.
- (9) IBMJ opererede med en delvist kendt omkostningssubvention mellem de to emner, specielt på fællesmaskinerne.
- (10) En setupomkostning blev ikke anvendt hos IBMJ. Derimod betragtede man justeringstiden som en form for setupetid. Der blev ikke taget højde for denne justeringstid i stykomkostningerne.

Formålet med dette kapitel har været, at gøre en beskrivelsesanalyse af IBMJ's produktionsforhold og kalkulationsforhold for to specifikke emnetyper som blev produceret i en FMS/CIM-cellen. Dette er gjort for at se hvilke overvejelser virksomheden havde gjort sig omkring sammenhængen mellem produktion og kalkulation. Som det er fremgået ovenfor, har IBMJ's kalkulationsovervejelser i den retning været af forholdsvis ringe karakter. Det ser umiddelbart ud til, at man har investeret i alt for dyre maskiner og tilsvarende udnyttet disse langt under deres muligheder. På grund af IBMJ's simple divisionskalkylemodel har alle omkostningerne i kalkylen blot være gennemsnitsstørrelser, uden nogen form for oplysninger omkring kapacitetsudnyttelse eller de enkelte maskiners procesomkostninger. Som det skal ses i de følgende kapitler, har IBMJ's egne stykomkostninger for to udvalgte emner ligget langt fra de mere præcise simulerede omkostninger.

IBMJ's kalkulationsforhold bliver i kapitel 8 også sammenlignet med tilsvarende produktionsforhold fra teorien som disse er gennemgået i kapitel 2.

5 SIMULERINGSMODEL

I dette kapitel beskrives OmkostningsSimuleringsModellen (OSM) sammen med den matematiske opbygning og de modelmæssige relationer og forudsætninger.

I kapitel 6 testes OSM via et diskret stokastisk simuleringssprog - GPSS - baseret på konkrete data fra IBMJ og resultaterne analyseres.

5.1 Introduktion

I forhold til tidligere studier, f.eks. hos Son & Park (1990) samt Schriber (1985), *adskiller dette simuleringssstudie* sig fra disse tidligere studier på to områder:

- simuleringen her er baseret på en model og tanker fra en konkret case omkring produktions- og procesomgivelser kombineret med visse teoretiske betragtninger samt
- at vægten her er lagt på omkostningskalkulation og omkostningskalkulationsprincipper og hvordan det er muligt at tage højde for den relative store andel af ikke separable omkostninger som ofte præger virksomheder med MPU.

Udformningen af den konkrete kalkylemodel nedenfor bygger på en kombination af to kilder,

- beskrivelsesanalysen fra IBMJ og
- teoridiskussionen i kapitel 2 vedrørende udgangspunktet for hvordan en sådan model bedst etableres med visse reviderede kalkyleforudsætninger indbygget.

De interne hovedkilder er: interne registreringer og diverse produktionsstatistikker, dvs. operationslister og flow-charts. De direkte og indirekte omkostninger har været til rådighed i virksomhedens interne regnskabssystem. De forskellige omkostningstyper der indgår i simuleringen er hentet fra virksomhedens egne opgørelser, bl.a. baseret på budgetterede størrelser.

Da OSM tager udgangspunkt i mulige forbedringer af IBMJ's model, er valgt at skitsere nogle forslag hertil sammen med de forskellige input- og output-størrelser af OSM i afsnit 5.2. En del vigtige forudsætninger vil naturlig indgå i et stokastisk omkostningssimuleringssstudie. Det drejer sig bl.a. om begrebet kalkulationsrente, separable og ikke-separable omkostninger, begreberne »economies of scale and scope« samt hvorfor anvendelse af simulering for kalkulation. I afsnit 5.4 begrundes anvendelsen af eksponential- og Erlangfordelingen samt fordelingen ved at anvende forskellige sandsynlighedsfordelinger i afsnit 5.5.

Endelig er programstrukturen og modulet for OSM skitseret i afsnit 5.6 sammen med input-data-modulet i afsnit 5.7, omkostningsestimation-modulet i afsnit 5.8, beregning af de komplementerende omkostninger i afsnit 5.9, produktions-flow-modulet for OSM i afsnit 5.10 samt data output modulet for OSM i afsnit 5.11.

5.2 Input og Output af OSM

Da OSM dels bygger på IBMJ's FMS/CIM-celle dels også indeholder visse revideringer i forhold til IBMJ's model, er der kort nedenfor redegjort for hvilke forbedringer der kunne tænkes for IBMJ's kalkulationsmodel set i lyset af teoretiske relationer. Disse er:

- tilpasning af kalkulen til de konkrete formål og opgaver,
- tilpasning af kalkylen til de konkrete produktionsmæssige forudsætninger,
- tilpasning af kalkylen til et forbedret produktkalkyle-design, som kan informere om omkostningerne ved de enkelte processer.

Forslag til forbedringer og hvad der kunne fremgå af et kalkyledesign hos IBMJ ved FMS/CIM-cellen kunne f.eks. være,

- at de forskellige processers omkostninger ved de forskellige maskiner beregnes separat,
- at omkostninger for VAA- og NAA-aktiviteter vises separat,
- at de gennemsnitlige udnyttelsesgrader for de enkelte processer beregnes,
- at omkostninger for den ikke-udnyttede kapacitet beregnes og vises,
- at virksomheden medtager en kalkylerente for den investerede kapital i produktkalkulationen,
- at beslutningerne kommer til at hvile på »ex-ante« omkostningsestimater,
- at venteomkostninger, transportomkostninger samt kapacitetsomkostninger kan beregnes ved de forskellige emner for at sikre en optimal udnyttelse af FMS-systemet.

Som afslutningspunkt på IBMJ-casen skal også påpeges, at det ikke blot gælder om at udforme et så præcist kalkulationssystem som mulig. Udformingen af en konkret virksomheds kalkylemodel bør ske efter en »cost benefit« betragtning. Denne cost-benefit-diskussion er ikke medtaget i denne afhandling.

I nedenstående figur 5-1 er skitseret input og output i relation til to beregningmodeller:

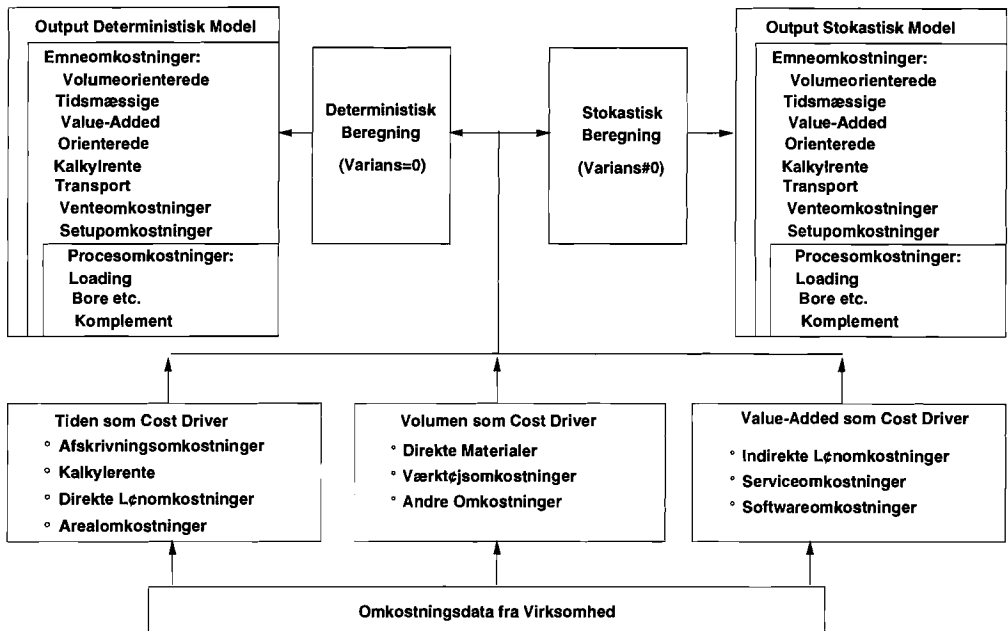
- en model med *deterministiske forudsætninger samt*
- en model med *stokastiske forudsætninger*.

Som det kan ses af figuren, anvendes i modellen tre cost pools med tre tilhørende cost drivers af forskellig type. Herfra bliver alle omkostninger *henført til stykniveauet* af hver emnetype.

En afgørende faktor ved valg af cost drivers bør være at denne så vidt mulig er uafhængig af andre cost drivers, dvs. *ikke-korreleret*. Hvis disse er korreleret opstår der på samme måde som i statistikken, en form for »*multikollinearitet*« i omkostningsmodellen¹⁾. Som eksempel kan nævnes at hvis procestiden vælges som cost driver og den totale gennemløbstid vælges som en anden cost driver, vil en forøgelse i den første sandsynligvis også medføre en forøgelse i den anden alt andet lige. I denne forbindelse taler Dopuch (1993), dels om et »*material*

1) Principelt bør gælde samme basisforudsætninger omkring en ABC-estimation som, som gælder for en statistisk model, f.eks. en multipel regressionsmodel. Se f.eks. også Kmenta (1986, kap. 10)

FIGUR 5-1
INPUT OG OUTPUT I OSM



approach» hvilket betyder, at valget af en bestemt »cost drivers« bør udløse et bedre informationsgrundlag end valget af en anden »cost driver«, dels at man tager hensyn til den økonomiske fordel der er ved at have bedre information til sin rådighed²⁾.

De tre cost pools og de tre cost-drivers i dette studie er,

- en cost driver på tidsbasis,
- en cost driver på volumebasis, og
- en cost driver på value-added basis (også kaldes »forædlingsomkostninger« dvs., alle produktionsomkostninger undtagen materialer).

Dette gøres hver for sig for begge emner således, at der samlet er seks cost pools men med samme tre cost drivers. Dette er muligt idet IBMJ har opdelt samtlige hovedomkostningstyper på hver type af emne. Grunden til at vælge de ovenfor nævnte cost drivers i FMS/CIM er,

- det er umiddelbart disse som synes at skabe den *bedste årsagssammenhæng* mellem ressourcer, omkostninger og produkt,
- det er disse som synes »rimelig objektive«, specielt volume og tid via »on-line«

2) Dupoch (1993) kritiserer bl.a. en del af de studier der er gjort omkring ABC, idet disse ikke eksplicit definerer den »pay-off« og de kriterier der måtte være ved valget af bestemte cost drivers i forhold til andre cost drivers.

muligheden i CIM-omgivelser,

-det er dem som ofte i litteraturen har været påpeget som de »*vigtigste konkurrenceparametre*«, såvel på kort som på lang sigt samt

-det er disse som har en *rimelige lav informationsøkonomisk omkostning*, idet disse ofte er *tilgængelige* i det interne regnskabssystem.

I modsætning til traditionelle deterministiske kalkylemodeller, kan tiden som cost driver i OSM anses for at være en »dynamisk cost driver«, idet denne forandres i takt med det tidsforbrug der relateres til hvert emne i simuleringen.

Den eneste forskel mellem de to modeller i figur 5-1 ovenfor er således det stokastiske element i estimationen, idet variansen i det deterministiske tilfælde er nul, medens denne er forskellig fra nul i det stokastiske tilfælde. Det deterministiske tilfælde kan derfor ses *som et* specialtilfælde af det stokastiske tilfælde. I produktionsteorien anvendes ofte et stokastiske element. Det »nye« her er imidlertid, at der kan ske en sammenligning mellem de to omkostningsmodeller og dermed afdække de forskelle der måtte være i omkostningerne alene på grund af stokastikken.

5.3 Specielle Forhold omkring Omkostningerne i OSM

Klassificering, definitioner og forudsætninger af forskellige omkostningsbegreber bliver et vigtigt felt, når der skal tages hensyn til hvilket formål en omkostning skal tjene. I simuleringmæssig- og i produktionsmæssig forstand anvendes ofte en form for opportunitetsbegreb for tilregningen af omkostninger. Derfor diskuteres dette i afsnit 5.3.1, medens separabilitetsproblemet diskuteres i afsnit 5.3.2. Endvidere diskuteres begreberne »economies of scale and scope« i relation til MPU i afsnit 5.3.3, medens deterministiske kontra stokastiske omkostninger diskuteres i afsnit 5.3.4.

5.3.1 »Opportunity Costs« Kontra Begrebet »Kalkylerente«

For at kunne få et omkostningsmæssigt udtryk for anvendelsen eller manglende udnyttelse af en virksomheds ressourcer i et produktionssystems enkelte dele og processer, er det ofte nødvendigt - specielt i en simulering - at anvende et omkostningsbegreb og en beregningsteknik som kan give et estimat eller et skøn herpå. Ofte gøres dette via begrebet »alternativomkostning« eller »offeromkostning«.

Selvom begrebet »opportunity cost« er et gængs begreb hentet i den mikroøkonomiske teori, anvendes dette også i litteraturen omkring internt regnskabsvæsen, dog i en lidt anden form. F.eks. skriver Dopuch *et al* (1974):

»The opportunity cost of an asset in a specific alternative is the net benefit that would be received if the asset were utilized in its best alternative use. The opportunity costs of some assets may be difficult to measure in practice since the best alternative may not be known.... When the accountant cannot measure the opportunity costs of capacities directly, he resorts to allocation procedures that effectively impute an opportunity cost of such capacities to activities undertaken...»Dopuch 1974,p 31).

Som det allerede blev påpeget i kapitel 2, anvendes også hos Son & Park (1990) begrebet »opportunity cost« i forbindelse med visse immaterielle eller kvalitative forhold i simuleringen. Her anvendes begrebet udelukkende som en *kapitalrente*, f.eks. for at kunne beregne en fleksibilitetseffekt som det ellers er svært at udtrykke i mere regnskabsmæssige omkostningstermer³⁾. Herom skriver Son & Park (1990) som angiver to muligheder for denne beregning:

1. Mulighed: »If there is enough demand they may be considered as lost profits, because opportunities of making and selling more products are foregone.

2. Mulighed: »If there is not enough demand, they may be considered as tied-up capital in equipment and WIP inventory, respectively. Similarly, the opportunity costs of inventory holding and of shortage of raw materials and finished goods are either considered as lost goodwill and lost profits or as tied-up capital. Because these opportunity costs are non-conventional costs, no one can claim the complete method for estimating them« (Son & Park 1990,p 1185)⁴⁾.

Begrebet »opportunity cost of capital« eller blot »cost of capital« er normalt anvendt som diskonteringsrente i finanserings- og investeringsteorien, jvf. Brealey & Myers (1988,p 11). Her dækker denne over en renteomkostning og anses som et afkastningskrav af alternative investeringer. Beregningen i finansieringsteorien af »opportunity cost of capital« afhænger af kapitalknaphed, lønsomhed på investeringstidspunktet og af virksomhedens kapitalstruktur.

I modsætning hertil skal *kalkylerenten i produktkalkyler* give et estimat på hvad kapitalen koster her og nu og i relation til de maskiner etc, som indgår for at kunne producere et produkt. Begrebet »kalkylerente« findes kun diskuteret ganske lidt i amerikansk litteratur i

3)Coenenberg (1992,pp 285ff) kalder disse typer af »opportunity costs« for henholdsvis, output-relaterede opportunitetsomkostninger, og input-relaterede opportunitetsomkostninger.

4)Normalt er begreberne »cost of capital« eller »opportunity cost of capital (discount rate, hurdle rate,)« synonymer, jvf. Brealey & Myers (1988,p 447 and G8).

modsatning til, f.eks. svensk og tysk litteratur⁵⁾. Denne kalkylerente kan sammen med afskrivninger og andre omkostninger f.eks. arealomkostninger, driftsudgifter etc., anses og accepteres som en approksimation til de langsigtede alternativomkostninger for anvendelse af kapaciteten, jvf. Frenckner & Samuelson (1984,p 281,293)⁶⁾.

Zimmerman's (1979,p 504) har samme betragtninger, »...cost allocations can serve as useful proxy variables for certain difficult-to-observe costs«. I en full-cost kalkyle kan full-cost (incl. afskrivning og rente) således anses *som et surrogat* for de langsigtede alternativomkostninger for kapaciteten, jvf. også Frenckner (1954,p 113). Som et alternativ kan »cost of capital« fra finansieringsteorien anvendes som kalkylrente, *hvis* produktkalkylerenten ikke kendes.

I tysk teori f.eks. hos Kilger (1980,pp 133ff) anses på samme måde den kalkulatoriske rente som en alternativ omkostningsmæssig ækvivalent til den kapital som er bunden i virksomheden, og bør beregnes i forhold til det enkelte omkostningssted. Kilger (1980) nævner samtidigt, at kalkylerentekomkostningerne skal fordeles ned på hvert omkostningssted eller subsidiært at hvert omkostningssted skal beregne sin egen kalkylerente. Denne anvendes herefter til beregning på hele omkostningsstedets kapital, dvs. maskiner men også evt. på råvarer, halvfabrikata samt diverse driftudgifter såsom værktøj, olie etc.

Den numeriske størrelse af kalkylerentefoden kan fastsættes på forskellige måde, jvf. Frenckner & Samuelson (1984,p 295f) samt Johansson & Östman (1992,p 393f). F.eks. som et gennemsnitlig forrentningskrav af hele passivsiden fra virksomhedens eksterne balance, som rente af lånekapital, eller som et forrentningskrav til marginalinvesteringerne eller et forrentningskrav til ny egenkapital, jvf. også Johansson & Samuelson (1992,p 114f).

Er risikoen forskellig for de forskellige anlægsinvesteringer, bør dette også afspejles i renten, jvf. også Brealey & Meyers (1988,p 173). Også i produktionslitteraturen anvendes opportunitetsbegrebet, jvf. Stam & Kuula (1991) samt Fandel (1989,p 219).

Reelle opportunitetsomkostninger kan kun beregnes når der foreligger alternative muligheder at udtrykke kapaciteten foreligger, og kræver ofte i et flerprodukttilfælde anvendelse af matematisk programmering.

Det er i »den anden fortolkning« hos Son & Park (1990), som også svarer til Frenckner & Samuelson's (1984), Dopuch's *et al* (1974) samt Zimmerman's (1979) definition, at begrebet anvendes her. Dette betyder at der for hver af disse ikke-konventionelle aktiviteter kan beregnes et estimat betegnet som en opportunitetsomkostning.

5)Cooper & Kaplan (1991b,p 165) har dog påpeget, at visse virksomheder (formodentlig i USA) anvender såvel genanskaffelsesværdier for maskiner samt en rente. Rente i forbindelse med kalkulation er dog påpeget af Anthony (1975).

6)På svensk kaldes særømkostninger og alternativomkostninger totalt for en operationel omkostning.

5.3.2 Separable og Ikke-Separable Omkostninger

Når man producerer flere produkter eller emner i samme FMS/CIM-system eller i samme maskine, opstår det såkaldte *separabilitetsproblem for omkostningerne*, dvs. hvordan får man adskilt omkostningerne sikkert for blot det ene produkt, uden at dette er påvirket af betingelserne fra det andet produkt eller andre produkter. Nedenfor beskrives forskelle på separable og ikke-separable omkostninger.

En funktion C kaldes *separabel*, hvis:

$$C(j_1, \dots, j_k) = C_1(j_1) + \dots + C_k(j_k). \quad (5:1)$$

Anvendes samme maskine til kun ét produkt, kan alle maskinens omkostninger siges at være *produktdirekte*. I omgivelserne her, opstår dette problem for de maskiner som anvendes af begge emner, dvs. SPC-målemaskinen samt loading og unloadinganlægget.

Så længe at den totale omkostningsfunktion er separabel, f.eks. fordi funktionen blot kan adderes for hvert produkt, eksisterer der hverken i økonomisk teori eller i regnskabsvæsen problemer med at udlede marginal- eller gennemsnitsomkostningerne. Hvis f.eks. omkostningsfunktionen for to produkter ser ud på følgende måde:

$$C(j_1, j_2) = G(j_1) + H(j_2) \quad (5:2)$$

hvor $G(j_1)$ udtrykker de totale omkostninger for emne 1 i maskine G , og $H(j_2)$ udtrykker de totale omkostninger for emne 2 i maskine H . Gennemsnitsomkostningerne er her veldefineret og fås blot ved at dividere hver separat funktion med deres respektive j_1, j_2 , dvs. $G(j_1)/j_1$ og $H(j_2)/j_2$.

Er omkostningsfunktionen - eller en del heraf - derimod *ikke-separabel*, fordi den ikke er additiv f.eks. ved at der indgår et multiplikativ led, kan den se ud på følgende måde:

$$C(j_1, j_2) = G(j_1) + H(j_2) + J(j_1 \cdot j_2)$$

hvor leddet $J(j_1 \cdot j_2)$ er ikke-separabelt. Dette led medfører at omkostningsfordelingsproblemet bliver af samme type som ved forenetproduktion, da ressourcerne mellem produkterne og dermed omkostningerne principelt og fysisk er uadskillelige.

Hvis f.eks. første led i følgende funktion $C(j_1, j_2) = 15j_1 + 20j_2 + 5j_1j_2$, udtrykker omkostningsfunktionen for emne 1 i maskine G , andet led udtrykker omkostningsfunktionen for emne 2 i maskine H og sidste led udtrykker omkostningsfunktionen for *en fælles maskine*, så er de totale omkostninger f.eks. for $j_1 = 4$ og $j_2 = 6$ lig med $C(4, 6) = 300$. Særomkostningerne findes blot ved partielt at differentiere funktionen med hensyn til j_1 og j_2 eller $\delta C(j_1, j_2)/\delta j_1$ og $\delta C(j_1, j_2)/\delta j_2$ og indsætte $C(4, 6)$. Dette giver henholdsvis $15 + 30 = 45$ og $20 + 20 = 40$.

Men hvad bliver gennemsnitsomkostningerne for hvert emne eller hvordan skal vi fordele de totale omkostninger af $5j_1, j_2 = 5(4)(6) = 120$ i sidste led? Dette *multiproduktproblem* findes der ikke noget svar på i den økonomiske teori da disse ikke er defineret her⁷⁾. Problemet kan kun løses via en *regnskabsmæssig fordelingsmodel* på samme måde som problemet løses i det klassiske tilfælde af forenet eller fællesproduktion i regnskabsvæsen⁸⁾.

Hvis f.eks. θ angiver fordelingsfaktoren for emne 1 og $(1 - \theta)$ angiver fordelingsfaktoren for emne 2, så kan produkt 1's og 2's totale omkostninger beregnes på følgende måde:

$$C_1(j_1) = G(j_1) + \theta \cdot J(j_1 \cdot j_2)$$

$$C_2(j_2) = H(j_2) + (1 - \theta) \cdot J(j_1 \cdot j_2),$$

således, at

$$C(j_1, j_2) = C_1(j_1) + C_2(j_2). \quad (5:3)$$

I *kalkylemæssig- eller simuleringsmæssig sammenhæng* kunne θ f.eks. være den faktisk simulerede procestid eller den totale gennemløbstid, alt afhængig af hvordan man ønsker omkostningsmodellen defineret.

5.3.3 »Economies of Scale and Scope«

I forbindelse med volumeændringer og omkostningseffekten, anvendes i teorien forskellige begreber til beskrivelse af disse relationer. Ses f.eks. på den omkostningsmæssige effekt under forudsætning af at volumen for ét produkt indenfor et givet tidsrum ændres, betegnes dette som »economies of scale«. Ændres andre forudsætninger anvendes andre begreber.

Holdes f.eks. antallet af varianter konstant i samme produktionsanlæg f.eks. på to, men ændres produktionsvolumen, betegnes dette som »*global economies of scale*« eller blot global skalaeffekt. Disse kan være positive eller negative alt efter om det er en omkostningsmæssig fordel eller en omkostningsmæssig ulempe.

Testes derimod den omkostningsmæssige effekt ved at lade *antallet af varianter* variere i samme anlægning, men hvor produktionsvolumen af hver af disse varianter er konstante, tales derimod om »*economies of scope*«, jvf. Baumol et al (1988) samt Bailey & Friedlaender (1982). Dette kan også kaldes mangefaldsøkonomi, jvf. Sellstedt (1994a). Dvs. at der er tale

7) Et forslag findes dog hos Baumol *et al* (1988), som prøver at udskille et produkts særømkostninger i forbindelse med »economies of scope«. Den konkrete løsning af fordeling af fællesomkostninger (joint costs) eller indirekte omkostninger, afhænger i høj grad af *hvilket svar man ønsker*. ABC-modellen giver blot et svar ligesom normalt tankgangen giver et andet.

8) Omkostningsfordelingsproblematikken, er en *ren regnskabsmæssig opfindelse* eller som også Demski (1994, p 169), beskriver det »...cost allocation is not part of the economic cost story; it is an accounting phenomenon«.

om, at man producerer mere end ét produkt eller én variant i samme produktionssystem eller i samme celle. Begreberne kan imidlertid også anvendes sammen således, at man både varierer antallet af produkttyper samt produktionsvolumen indenfor hvor variant.

Et mål for »economies of scope« S_c kan, når der er tale om to varianter, jvf. Bailey & Friedlaender (1982) udtrykkes som:

$$S_c = \frac{C(Y_1, 0) + C(0, Y_2) - C(Y_1, Y_2)}{C(Y_1, Y_2)} > 0 \quad (5:4)$$

hvor Y_1 her betegner mængden af variant 1 og Y_2 betegner mængden af variant 2. Hvis $S_c^{Dete} > 0$ så hersker der »positiv economies of scope« eller udtrykt som at samordningsfordelene er større end specialiseringsfordelene. Er derimod $S_c^{Dete} < 0$ så hersker der en »dis-economic of scope« eller udtrykt som at specialiseringsfordelene er større end samordningsfordelene.

Dette er det mest simple tilfælde indeholdende blot to typer af produkter eller emner⁹⁾.

Når der efterfølgende i forbindelse med simuleringerne tales om et produkts stykomkostninger ved forskellige typer af ændringer i samme produktionssystem, menes i realiteten de gennemsnitlige stykomkostninger eller gennemsnitlige særomkostninger for et produkt »AIC (Average Incremental Costs). Disse kan for emne 1 og emne 2 også udtrykkes som:

$$AIC_1 = \frac{C(Y_1, Y_2) - C(0, Y_2)}{Y_1} \quad (5:5)$$

$$AIC_2 = \frac{C(Y_1, Y_2) - C(Y_1, 0)}{Y_2} \quad (5:6)$$

Dette bør også opfattes som er et mere glidende begreb i forhold til de klassiske stringente begreber, jvf. også Sellstedt (1994a)¹⁰⁾. Anvendelse og fortolkningen af et produkts gennemsnitlige særomkostninger synes at være specielt anvendeligt og let fortolkeligt i simuleringsmæssig henseende. Dette hænger igen sammen med, at de gennemsnitlige stykomkostninger under en simulering kan opfattes som særomkostninger, ved blot at forøge eller reducere antallet af styk mellem to simuleringer.

Derimod vil de *klassiske og kausalbetingede særomkostninger* i et integreret og samlet produktionssystem ofte være nul, når der bortses fra materialekomkostninger og andet halvfabrikata samt energi.

⁹⁾I tilfælde hvor der indgår mere end to produkttyper, bliver beregningen langt mere kompleks. Se f.eks. Baumol *et al* (1988).

¹⁰⁾Også her kan beregnes et mål for de produktspecifikke skalaeffekter. Disse anvendes dog ikke her.

Tradition i 50'erne og 60'erne har udelukkende fokuseret på anvendelsen af den stringente »kausalitetsbetragtning« mellem ressourceforbrug, udgifter og produkter, jvf. også Weber (1994). Indbygget i dette »out-of-pocket-princip« er implicit også kravet om, at omkostningen eller rettere udgiften er reversibel, således at der bliver overensstemmelse mellem udgifterniveau, aktivitetsniveau, kapacitetsniveau og likviditetsniveau. Kun når en omkostning opfyldte disse kriterier, skulle den medtages i en konkret beslutningsmodel¹¹⁾.

Kausalitetsbetingelsen mellem omkostninger og de producerede enheder, kan idag siges at blive tilgodeset, på grund af at man nu f.eks. via CIM-konceptet kan registrere ressourceforbruget objektivt i relation til de enkelte produkter og emner i takt med produktionen. Dette selvom der produceres flere produkttyper i samme maskine eller i samme produktionscelle. Problemet opstår derimod i forbindelse med værdifastsættelsen af ressourceforbruget i kroner og øre. Denne er i høj grad baseret på mere *subjektive betragtninger* eller måske virksomhedssubjektive forhold.

Da formålet med simuleringen her bl.a. er at kunne opgøre de konkrete ressourcetyper til de forskellige emner som fremstilles, *bliver det vanskeligt at opretholde den oprindelige stringente kausalforudsætning* hvis en produktionsproces skal vurderes i kroner og øre.

F.eks. vil ventetid eller venteomkostninger i et FMS-system ikke kunne karakteriseres direkte som en udgift eller noget som påvirker likviditeten på kort sigt. Ventetid er sammen med transporttiden nærmere at betragte som en u hensigtsmæssig egenskab eller ubalance i produktionsflowet. En ventetid vurderet efter det klassiske kausalprincip for omkostningerne, ville ikke umiddelbart medføre forøgede udgifter eller forøgelse i »out-of-pocket-beholdningen« for likviditeten.

I simuleringsmodellen er der derfor tale om at anvende estimerede omkostninger. Dog vil disse estimerede omkostninger i sidste ende også påvirke de faktiske udgifter, aktiviteter og likviditet, når *tilstrækkelige* mange estimerede omkostninger opstår og akkumuleres over tiden¹²⁾. Så på længere sigt vil der være kongruens mellem de estimerede og faktiske omkostninger. Simuleringen som den gøres i denne afhandling, er bl.a. for at kunne illustrere et ændret syn på hvordan kalkulation kan gøres under MPU.

5.3.4 Stokastisk Simulering for Omkostningskalkyler

Der kan være flere grunde til at det er nødvendigt at anvende stokastisk simulering i forbindelse med kalkulation. Her skal nævnes de fire vigtigste, som forfatteren ser det for dette studie.

11) Dette har især præget dansk teori på området. Se f.eks. Hansen (1976), Madsen (1977), Rørsted (1990,91) samt Worre (1991,1992).

12) Jvf. også diskussion om »Usage versus Spending« hos Cooper & Kaplan (1992).

Den første grund til anvendelse af stokastisk simulering er at *tiden ofte er den vigtigste cost driver* under MPU. Det gælder både de individuelle procestider, transporttider etc, men også den *totale leadtid*.

Den anden grund er *den forøgede usikkerhed og kompleksitet* i produktionsprocessen. Med nutidens usikre og komplekse produktionsomgivelser bliver det stadig mere vanskeligt at skulle tage hensyn til usikkerhed og kompleksitet i sine beslutninger eller at kunne beregne effekten af dette for det enkelte produkt, *hvis* der ikke anvendes en eller anden form for totalmodel f.eks. simulering, jvf. også Foster & Horngren (1988b).

Samtidig kan der i simuleringen indbygges det nødvendige antal parametre og variable som evt. gensidigt påvirker hinanden. At beregne og overskue disse komplekse sammenhænge er ofte særdeles vanskeligt i en traditionel skabelonsagtig og deterministisk model, uden fastlæggelse af hvordan forskellige variable påvirker hinanden.

En tredje grund er at simuleringsmodellen giver *mulighed for eksperimenter*. Dvs. man har mulighed for at danne sig et indtryk af, hvordan en konkret model virker under forskellige alternativer, f.eks. ved at visse variable holdes konstant eller ved at der opstår ventekøer og hvilken effekt dette evt. har på omkostningerne. Man kan også afprøve visse mere hypotetiske forudsætninger, f.eks. hvordan omkostningerne på de *eksisterende produkter* påvirkes ved at medtage et nyt men måske endnu ikke færdigkonstrueret produkt med givne procestider. Dette er forholdsvis let at gøre i et konkrete program og er samtidig en af de væsentligste fordele ved simulering, jvf. også Ståhl (1990,p 4f).

En fjerde grund er jvf. Magee (1986), at man *ofte ikke har mulighed for at anvende analytiske metoder*, f.eks. optimering til vurdering af forskellige produktionsmæssige forhold. Eller som Magee (1986) udtrykker det:

»When analytical methods no longer provide the information we desire, then we may resort to a form of artificial experimentation called simulation. With simulation we try to model both the relationships between different types of costs, and the managerial decision process and its effects on costs. Then we generate random costs from the specified distributions and combine them in the model to get one observation on our integrated variable of interest«. (Magee 1986,p 88f).

Man kan ikke analytisk løse et system af måske 20 eller 50 forskellige variable i en komplekse relationer og under et eller flere bivilkår, jvf. også Sydsæter (1987,90)¹³.

13)Arwidi (1974,p 26f) opdeler samtlige matematiske modeller i fire grupper; analytiske modeller, numeriske modeller, heuristiske modeller samt simuleringsmodeller. Samtidig påpeger Arwidi, at en simuleringsmodel kan have ubegrænset kompleksitet, men at det kan være datamaskinens kapacitet som sætter grænser for kompleksiteten.

Endelig kan nævnes en femte - og måske mere teoretisk grund specielt set i lyset af kalkulationen - nemlig muligheden for i større grad at *relatere og kombinere forskellige områder med hinanden*, f.eks. produktionsteorien og omkostningsteorien med kalkulationsteorien, jvf. også diskussionen i kapitel 2. Denne relation har som tidligere nævnt kun har været foretaget ud fra traditionelle produktionsformer¹⁴⁾. Derimod mangler i teorien en analyse og typologisering af moderne produktionsteknologi og moderne produktionsfilosofiers sammenhænge til forskellige kalkulationsmodeller. F.eks. hvilken kalkulationsmodel er bedst egnet til et FAS-system?

Dermed bliver en simuleringsmodel også i stand til at fange op visse forløb, som det ikke går at få frem i en deterministisk og traditionel kalkyle. Det gælder såvel førend produktionen er sat igang via en forkalkulation, under produktion via en medløbende kalkulation samt efter produktionsprocessen afslutning via en efterkalkyle.

Endelig skal nævnes, at virksomheder med MPU ofte sætter forøget focus på at kunne *få lavere omkostninger* for et givet produkt med samme indsatte ressourcer. Omkostninger, kvalitet, fleksibilitet og tid, f.eks. hurtigere respons til kundernes ønsker, anses for at være nogle af de vigtige konkurrenceparametre, jvf. også Stalk (1988). I en simuleringsmodel kan disse kritiske forhold bygges sammen, hvorved man får mulighed for at se om der evt. eksisterer visse substitutionsmuligheder eller trade-off's mellem disse kritiske forhold hvad de ofte gør.

Dog findes også ulemper ved at skulle udforme ofte relativt store simuleringsprogrammer. En ulempe er bl.a. de tidsmæssige ressourcer ved at udforme en præcis simuleringsmodel i et simuleringssprog, hvor både input, algoritmer samt output og rapporteringsmoduler skal defineres entydigt og klart, inden der kan foretages kvalificerede estimationer, jvf. også Magee (1986,p 88f).

Endelig kan også nævnes, at har man først udarbejdet en model, er arbejdet med at tilføje nye forhold og relationer, f.eks at indbygge et modul for et nyt produkt ikke så stort som hvis man skulle starte forfra. Simulering kan dermed anvendes som en byggeklodsmodel, jvf. også Sellstedt (1994b).

5.4 Anvendelse og Begrundelse for Eksponential- og Erlangfordelingen

Der er flere begrundelser for at anvende en model med et stokastisk element. Som påpeget i afsnit 4.2 omkring FMS-systemet hos IBMJ, eksisterer der en vis variation med hensyn til palletticering af emnerne i loadingfasen specielt for emne 2, idet man skiftede mellem 4 og 6 styk på en pallet. Det har samtidig *ikke været muligt* præcist, at få klarhed på

14)Se figur 2-1 samt også Kloock *et al* (1987) samt Kilger (1958,pp 553ff)

denne variation idet dette i høj grad er op til den pågældende operatør at afgøre. Denne samlede vurdering omkring variationen i FMS/CIM-cellen, kan derfor også begrunde anvendelsen af en stokastisk model.

For IBMJ's vedkommende opstår der en vis stokastik såvel i loadingområdet som i selve bearbejdningen selvom man blot producerer 2 typer af emner i samme system. Ligeledes bliver stokastikken anset for, ikke blot at være interessant i et stokastisk produktionssystem, men også interessant i det tilfældet hvor man i et produktionssystem *ikke ønsker* at holde rede på et samlet ofte relativt stort produktionsmix. En af grundene for at inddrage det stokastiske element er således *usikkerheden* i hele produktionssystemet. Dette kom bl.a. også til udtryk via interviews med produktionsingeniører hos IBMJ, som påpeget tidligere.

Det har således ikke været muligt at få eksakt information om hvilke konkrete sandsynlighedsfordelinger der evt. kunne anvendes eller få information omkring de konkrete variationer i processerne. Kunne man have fået de *eksakte observationer* ville det også have været muligt, at finde en sandsynlighedsfordeling som til en vis grad kunne passe til disse konkrete observationer¹⁵). Dermed kunne såvel forventning som standardafvigelse beregnes eksakt. Til dette formål kunne programmet ExpertFit have været anvendt, jvf. Vincent & Law (1995)¹⁶). Det er bl.a. variationen ved emne 2 samt transporten rundt på conveyer-systemet for begge emner, der kan begrunde anvendelse af en stokastik model for systemet. Ved at anvende en stokastisk model, fås også en vis eksemplificering af problemet omkring variationen i processerne.

Anvendelsen af en sandsynlighedsfordeling for omkostningsberegninger betyder også, at et omkostningsestimat kan baseres på en statistisk forventning, varians og konfidensinterval. I modsætning til det determiniske tilfælde, kendes i *det stokastiske tilfælde* kun fordelingen af udfaldet; ikke udfaldet selv. Der skal kort i dette afsnit redegøres for, hvilke sandsynlighedsfordelinger der anvendt for OSM samt kort hvilke forudsætninger disse hviler på i GPSS¹⁷).

I modsætning til f.eks. Son & Parks modeller, er her anvendt de faktiske gennemsnitstider omkring proces, loading etc., men ikke de faktiske fordelingstider.

15) En sådan er f.eks. anvendt hos Nielsen & Høg (1994) over et totalt procesforløb dvs fra loading til unloading. Her er anvendt en kurvetilpasningsteknik kaldet »cubic spline« funktioner. »Cubic spline« teknikken kan tilpasses data med støj, ved hjælp af en udjævningsmetode, kaldet »smoothing by spline functions«.

16) Programmet ExpertFit udviklet af, bl.a. Vincent & Law (1995), indeholder 42 indbyggede sandsynlighedsfordelinger. Programmet kan også anvendes i relation til GPSS/H. Samtidig påpeger Vincent & Law vigtigheden af, at man forsøger at kende de eksakte ankomstforudsætninger i f.eks. et produktionssystem. Man risikerer alvorlige fejl senere i produktionsforløbet, hvis man blot forudsætninger en determinisk ankomst hvis ankomsten i virkeligheden er stokastisk.

17) For en mere detaljeret og teoretisk gennemgang kan henvises til »Sannolikhets-teori med tillämpningar« og »Statistikteori med tillämpningar« begge af Gunnar Blom (1984), Ross (1985) samt til »Elements of Econometrics« af Kmenta (1986).

De indbyggede fordelinger i GPSS er den rektangulære fordeling, (standard) normalfordelingen, eksponentialfordelingen, Erlangfordelingen samt den triangulære fordeling. Da Erlangfordeling blot er summen af et antal eksponentialfordelinger, og da der her udelukkende er valgt at anvende Erlangfordelingen i OSM, skal disse to fordelinger kort beskrives nedenfor. I fordelingerne her anvendes tiden T som stokastisk variabel, men der gælder præcis samme betragtninger og forudsætninger som hvis der var tale om antal styk eller omkostninger.

Eksponentialfordelingen er ofte anvendt i simulering specielt i karakteristikken af kundeankomster. Eksponentialfordelingen synes at være anvendelig når ankomsterne ikke har noget ensartet mønster og når antallet af ankomster er relativt stort jvf. også Pitt (1988,p 10). En yderligere støtte for anvendelsen af eksponentialfordelingen er at gennemsnit og standardafvigelse på ankomsten er rimelig ensartet. Et traditionelt udgangspunkt for valg af stokastik er således anvendelsen af normalfordeling for selve processen og eksponentialfordelingen for ankomsterne, jvf. også Ståhl (1990,p 167).

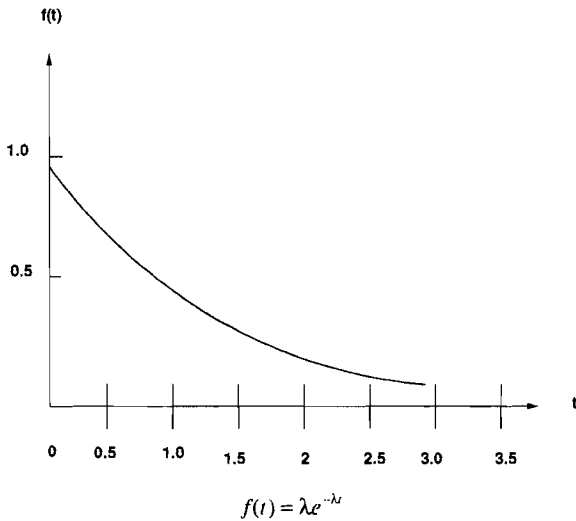
I køteorien indgår eksponentialfordelingen ofte som den ene af to fordelinger i den såkaldte *Poissonproces*, idet den stokastiske variabel for fordelingen af antallet hændelser i et givet tidsinterval beskrives ved Poissonfordelingen, medens eksponentialfordelingen anvendes til beskrivelse af den stokastiske variabel for tidsintervallerne mellem hændelserne i en Poissonproces.

Eksponentialfordelingen kunne f.eks. angive sandsynligheden for at der går mindre end 2 minutter indtil næste emne bliver bearbejdet i en given maskine. Den stokastiske variabel vedrører derfor *tiden* og er dermed også kontinuert. Fordelingen kan angives som en tæthedsfunktion og som en fordelingsfunktion. Eksponentialfordelingen angives kun ved hjælp af én parameter λ , som angiver intensiteten per tidsenhed, f.eks. antallet af minutter mellem to kundeankomster eller antallet af minutter mellem to paller til en maskine. Tiden mellem to hændelser kaldes også for InterArrival Time eller blot IAT i simuleringsmæssig henseende.

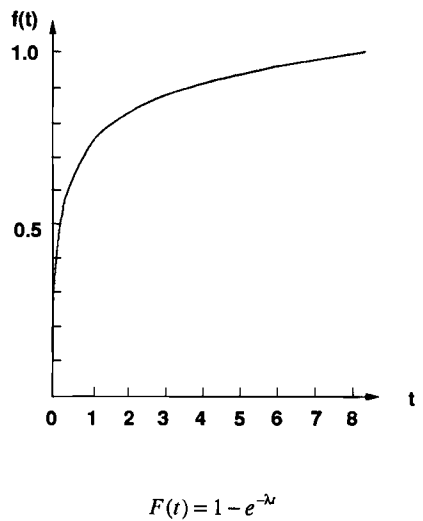
Nedenfor i figur 5-2 og 5-3 er vist eksponentialfordelingens *tætheds- eller frekvensfunktion* når $\lambda = 1$ samt *fordelingsfunktion* sammen med fordelingernes endelige matematiske form.

Som det kan ses er tæthedsfunktionen for denne fordeling ikke symmetrisk, men »skæv«. Hvis f.eks. man ønsker at beregne sandsynligheden for at tiden mellem to processer er mindre end 1.5, givet en gennemsnitlig intensitet per tidsenhed på 0.5, kan dette gøres ved at aflæse værdien i figur 5-3 til ca. 0.80 eller ved at indsætte i formlen:

FIGUR 5-2
EKSPONENTIALFORDELINGENS
TÆTHEDSFUNKTIONEN
($\lambda = 1$)



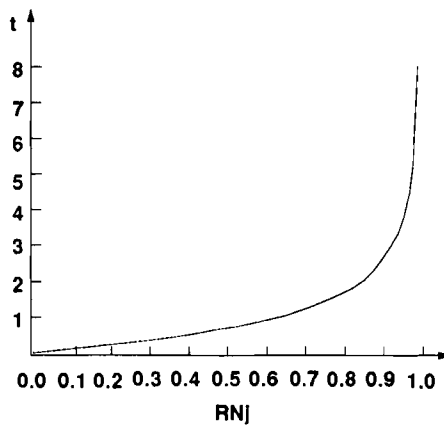
FIGUR 5-3
EKSPONENTIALFORDELINGENS FOR-
DELINGSFUNKTIONEN
($\lambda = 1$)



$$Pr(IAT < 1.5) = 1 - e^{-1.5} = 0.7769. \quad (5:7)$$

For at eksponentialfordelingen kan anvendes i GPSS spejlendes fordelingsfunktionen. Dermed bliver x-aksens de tilfældige tal RN_j , med den j 'te tals-generator og y-aksen lig med tiden t . Denne er vist nedenfor i figur 5-4.

FIGUR 5-4
DEN SPEJLVENDTE KUMULATIVE FORM FOR
EKSPONENTIALFORDELINGEN



Formlen til den spejlvendte fordeling kan udledes via formelen for den traditionelle kummulative form og den naturlige logaritme $\ln$.

$$\begin{aligned} RN_j &= 1 - e^{-\lambda t} & (5:8) \\ \Rightarrow e^{-\lambda t} &= 1 - RN_j \\ \Rightarrow (-\lambda t) \ln e &= \ln(1 - RN_j) \\ \Rightarrow t &= -\left(\frac{\ln(1 - RN_j)}{\lambda}\right) \end{aligned}$$

Heraf ses at tiden bliver »en funktion af« sandsynligheder eller af de uniform-fordelte tal RN_j . Den måde hvorpå eksponentialfordelingen anvendes på i GPSS betyder, at det faktisk er *Poissonfordelingen* som styrer den fysiske generering til systemet, hvorefter eksponentialfordelingen beskriver f.eks. loadingtiderne. Dermed transformeres de Poissonfordelte hændelser til eksponentialfordelingens tider.

Momenterne forventning og varians for en eksponentialfordelt variabel, beregnes som:

$$E(T) = \frac{1}{\lambda} \quad (5:9)$$

$$Var(T) = \frac{1}{\lambda^2} \quad (5:10)$$

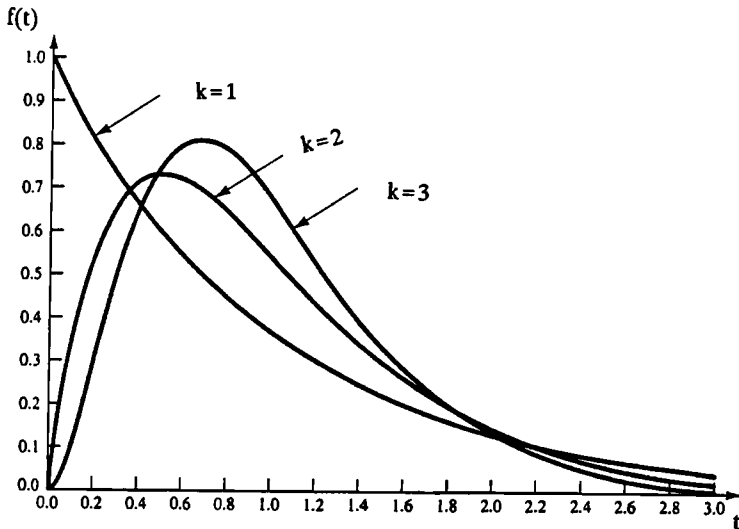
En stokastisk variabel som er eksponentialfordelt udtrykkes ofte med kodebetegnelsen $T \sim Eks(\lambda)$.

Erlangfordelingen er som nævnt tidligere blot udledt af den ovenfor nævnte eksponentialfordeling. Beregning i GPSS gøres ved at der udtages et bestemt antal uafhængige stikprøver fra eksponentialfordelingen, hvorefter forventning beregnes ved at dividere med stikprøvens størrelse eller antal eksponentialfordelinger. Derfor har Erlangfordelingen *to parameter*, antal af stikprøver taget fra eksponentialfordelingen her benævnt k samt forventningen λ . Eksponentialfordelingen kan dermed også ses som et *specialtilfælde* af Erlangfordelingen, nemlig når $k=1$. Som det intuitivt kan ses, nærmer Erlangfordelingen sig det deterministisk tilfælde efterhånden som k forøges jvf. figur 5-5.

For at danne sig et indtryk af Erlangfordelingen til simulering, er det nødvendigt at studere denne for forskellige værdier af k . Dette er vist nedenfor i figur 5-5.

Som det kan ses, nærmer Erlangfordelingen sig i *udseende* normalfordelingens klokkeform, efterhånden som antallet af k eller eksponentialfordelinger øges. Forskellen til normalfordelingen er at der ikke i Erlangfordelingen er mulighed for at få et negativt udfald. Forventningen holdes konstant i Erlangfordeling, medens der er mulighed for at »*variare*« og dermed styre variansen, hvilket er specielt velegnet til simuleringsstudier. Selvom

FIGUR 5-5
FORSKELLIGE ERLANG-FORDELINGER



fordelingen bliver mere spids og smallere efterhånden som k vokser forbliver forventningen konstant. Det afgørende her er variansens betydning for omkostningskalkulationen, ikke variansen i produktionsprocessen. Med andre ord det kan koste penge at der findes en usikkerhed i fremstillingsprocessen, måske ikke bare for det produkt som fremstilles her og nu, men for samtlige andre produkter som fremstilles simultant med dette produkt.

I GPSS angives Erlangfordelingen kun via parametren k , fra $t=2$ til og med $k=9$.

Da Erlangfordelingen spiller en central rolle her, er det valgt at vise såvel frekvensfunktionen $f(t)$ (tætheden) som fordelingsfunktionen $F(t)$. Disse er givet som specialtilfælde af de tilsvarende funktioner fra Gammafordelingen. For Gammafordelingen med parametre (α, β) er frekvensfunktionen:

$$f(t) = \frac{t^{\alpha-1} \beta^\alpha e^{-\beta t}}{\Gamma(\alpha)} \quad (5:11)$$

og fordelingsfunktionen er:

$$F(t) = \int_0^t f(x) dx, \quad (5:12)$$

som, hvis α er et heltal, også er ligmed, se Sellstedt (1989),

$$F(t) = 1 - \sum_{i=0}^{\alpha-1} \frac{(\beta t)^i}{i!} e^{-\beta t}. \quad (5:13)$$

Middelværdi og varians i Gammafordelingen er:

$$E(T) = \frac{\alpha}{\beta}, \quad V(T) = \frac{\alpha}{\beta^2}, \quad (5:14)$$

hvis $T \sim \Gamma(\alpha, \beta)$.

Af disse resultater fås automatisk de tilsvarende for Erlangfordelingen, idet Erlangfordelingen $Erl(k, \lambda)$ med parametre k og λ netop er det samme som $\Gamma(k, k\lambda)$ -fordelingen. Derfor fås frekvensfunktion og fordelingsfunktion fra de ovenstående funktioner:

$$f(t) = \frac{t^{k-1} (k\lambda)^k e^{-k\lambda t}}{(k-1)!}, \quad (5:15)$$

$$F(t) = 1 - \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(k\lambda t)^i}{i!} e^{-k\lambda t}. \quad (5:16)$$

Fra de ovenstående momenter for middelværdi og varians for Gammafordelingen, aflæses direkte Erlangfordelingens momenter:

$$E(T) = \frac{k}{k\lambda} = \frac{1}{\lambda}, \quad V(T) = \frac{k}{k^2 \lambda^2} = \frac{1}{k\lambda^2}. \quad (5:17)$$

Heraf ses også, at når $k \rightarrow \infty$ går variansen mod 0, hvorved processen bliver »deterministisk« og repetitiv. Samtidig forbliver forventningen konstant.

Dermed kan en stokastisk variabel der er Erlangfordelt angives med to parametre eller med kodebetegnelsen $T \sim Erl(k, \lambda)$.

En anden vigtig fordel ved anvendelse af Erlangfordelingen - specielt i simuleringsmæssig forstand - er at man ikke risikere at få negative værdier som tilfældet er ved normalfordelingen¹⁸⁾. Samtidig vil negative værdier knyttet til tiden i en simulering betyde, at man skulle gå tilbage i tiden hvilket principelt ikke kan lade sig gøre. Fåes en negativ værdi for tiden i simuleringen stopper denne.

18) Et alternativ er *log-normalfordelingen*.

En vigtig forudsætning i sandsynlighedsteori og køteori er om der eksisterer afhængighed eller uafhængighed mellem forskellige stokastiske variable. Da hver procesbehandling her i FMS/CIM-cellen udføres hver for sig, dvs. uden afhængighed af forrige maskine, *forudsættes »uafhængighed«* mellem de forskellige procestider og dermed de enkelte maskiner¹⁹⁾. Tilsvarende forudsættes uafhængighed *mellem* de enkelte transporttider.

Når der således er tale om uafhængige stokastiske variable, kan beregningen af varianserne for de enkelte tider $Var(t)$ blot adderes.

Det skal også bemærkes, at såvel i ankomstprocessen som i bearbejdningsprocessen forudsættes uafhængighed med hensyn til hvornår tidsintervallet er beliggende, hvilket betegnes som at processen er *stationær* dvs. at antallet af hændelse i et givet tidsinterval kun er afhængig af tidsintervallets længde, ikke af hvornår dette tidsinterval indtræffer. Et eksempel på en *ikke-stationær proces* er f.eks., hvis antallet af kundebesøg forøges lige før lukketid, jvf. også Hall (1991, p 170) eller hvis antallet af pallerter f.eks. forøges lige før et operatørskift.

5.5 Fordelen ved at Anvende Forskellige Sandsynlighedsfordelinger

Når man således kan *vælge skævheden* i Erlangfordelingen, kan man også teste dennes betydning. F.eks. kan man teste den produktionsmæssige eller den omkostningsmæssige betydning af at nedbringe ventetiden til en maskine eller nedbringe variansen i en proces, f.eks. ved at indsætte endnu en maskine på en given flaskehals, jvf. Sellstedt (1989). Eller man kan opsplitte en proces i flere del-processer med hver sin varians.

Samtidig kan variansen og stokastikken betyde, at en virksomhed ikke skal operere for tæt på kapacitetsgrænsen, idet dette vil skabe køer i produktionssystemet, jvf. også Sellstedt (1989). Dette kan i sidste ende betyde, at virksomheden straffes omkostningsmæssigt via venteomkostninger og transportomkostninger i systemet. Hvis virksomheden har forholdsvis mange produktvarianter i samme produktionssystem, kan dette også opfattes *som om den samlede varians forøges i systemet* i modsætning til at skulle beregne variansen for hver produktvariant. Dette vil sandsynligvis også få effekt på venteomkostningerne.

I sidste ende er det kun det enkelte emne eller produkts ressourcetræk i form af den direkte procestid, som har betydning for hvordan systemet er udnyttet. Er maskinerne eller systemet ikke udnyttet, kan virksomheden blot påtage sig nye ordre eller supplerende arbejde i form af underlevandørarbejde for at afhjælpe den ledige kapacitet. Dette medfører at jo mere

¹⁹⁾Skulle man derimod forudsætte afhængighed i beregningen af procestider og dermed i beregningen af variansen for flere forskellige processer evt. med flere forskellige sandsynlighedsfordelinger bliver variansen for den samlede leadtid særdeles kompleks at beregne. Se f.eks. Buzacott & Shantikumar (1993) for dette.

fleksibilitet, dvs. jo flere produktvarianter maskinerne kan klare, jo mere værdifuldt bliver produktionssystemet jvf. også Sellstedt (1989). Dette vil normalt ikke kunne måles i en deterministisk kausalbetinget omkostningsbetragtning.

Ønsket om forøget produktfleksibilitet f.eks. via flere produktvarianter eller flere procestyper kræver, at der eksisterer en *vis ledig kapacitet* i systemet på grund af variansen, hvis man skal undgå kødannelse i systemet. Dette giver igen lavere kapacitetsudnyttelse. Derfor gælder det om at forøge volumen evt. via DFM (Design for Manufactuability og Concurrent Engineering) eller lette procesbehandlinger f.eks. via LEAN-produktion etc. således, at variansen kan reduceres.

5.6 Programstruktur og Moduler for OSM

Det aktuelle simuleringsprogram består af fire hovedområder eller moduler,

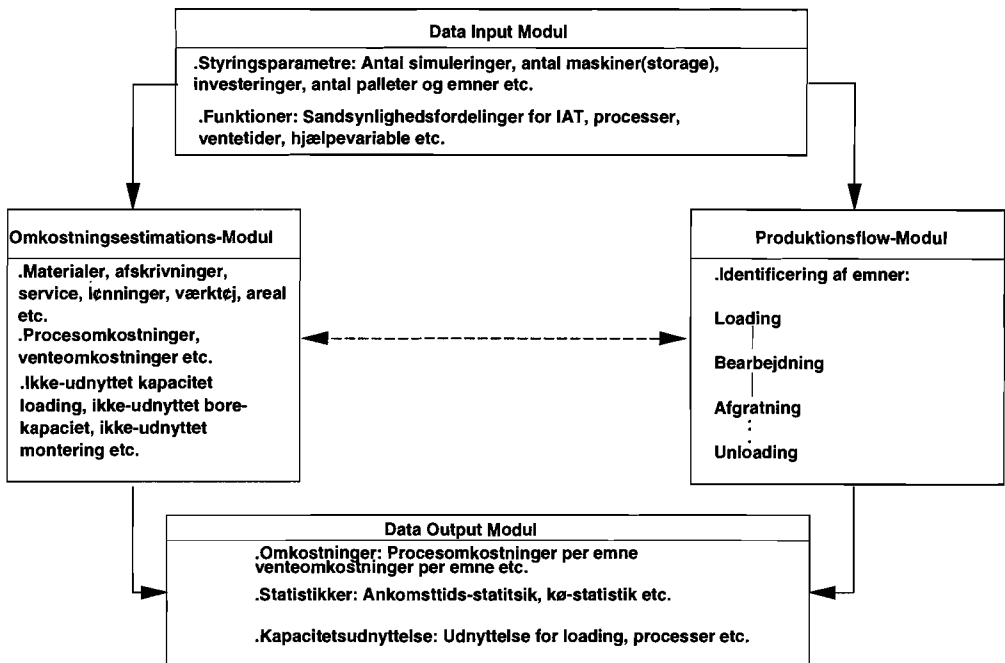
- et input- og styrings-modul,
- et omkostningsberegnings-modul,
- et produktions-flow-modul samt
- et data-output-modul.

Input- og styringsmodulet i programmet er det første modul i programstrukturen og består, dels af nogle styringsparametre (control statements) indeholdende de numeriske størrelser på samtlige omkostninger i produktionssystemet, dels forskellige funktioner og variable.

Nedenfor i figur 5-6 er vist den komplette programstruktur opbygget efter disse fire moduler.

Data-output-modulet i figuren viser *et aggregeret output af de data* som fremgik af figur 5-1. Heri indgår såvel finansielle data som ikke-finansielle data. Output fra figur 5-1 er således et resultat af hvordan programstruktur og output er defineret i den faktiske simuleringsstruktur.

FIGUR 5-6
PROGRAMSTRUKTUREN FOR OSM



5.7 Input-Data-Modulet

Dette modul består igen af to segmenter, et styrings og parametre segment samt et segment af forskellige funktioner og variable.

Styringsparametrene eller »control statements« anvendes til at kontrollere og determinere simuleringen. Det drejer sig f.eks. om hvor mange simuleringer der skal foretages og antallet af maskiner for hver proces. Herudover er alle investeringsudgifter, lønomkostninger samt andre omkostninger angivet for de enkelte maskiner og processer opdelt på emne 1 og emne 2. Herudover er andre forudsætninger som vedrører de enkelte emner angivet.

Dette drejer sig bl.a. om afskrivningsperioden for alle maskiner, antallet af arbejdsdage i et år, størrelsen på kalkylerenten, antallet af pallerter for part 1 og 2, antallet af loadings indenfor 24 timer, antallet af emner på en pallet samt udnyttelsen udtrykt ved »yilden« for de to emner. Disse forhold relaterer til kapaciteten i hver produktionscelle og er dermed i sidste ende bestemmende for hele FMS/CIM-cellen.

Endelig er der også i dette segment angivet hver emnes procestid, valg af sandsynlighedsfordeling for Inter-Arrival Time (IAT) og forskellige operationssekvenser. Betydningen af valg af sandsynlighedsfordeling er et af de forhold som kan testes rent omkostningsmæssigt. Som en ren programteknisk hjælp er der i programmet angivet en del hjælpe-variable. Disse er kun defineret og anvendt af hensyn til at lette programudformningen og beregningen, idet disse, når de først engang er defineret, kan anvendes alle steder i programmet.

Da dette studie bygger på en konkret virksomhed, er alle omkostningsdata i »control statement modulet«, hentet direkte fra virksomheden. Disse omkostninger er henregnet og stammer hovedsagelig fra dokumenter og interviews med bl.a. produktions- og regnskabsfolk.

5.8 Omkostningsestimations-Modulet

Dette modul er det afgørende modul for hvordan, og hvor høje omkostningerne per styk faktisk bliver i data-output-modulet, dvs. resultatet af simuleringen.

På samme måde som for IBMJ's kalkulationslayout er nedenfor i tabel 5-1 vist kalkulationslayoutet for OSM.

Omkostningerne er henregnet efter *et final- eller et motivkausalbetinget årsagsprincip*. Herefter anvendes en gennemsnitsbetragtning for at få en stykomkostning²⁰⁾. For OSM her anses omkostningsfordelingsprincipperne ikke for at være det primære. Dette er - sammen med bidragsprincippet kontra full-cost princippet - til stadighed genstand for teoretisk diskussion.

Styrken her ligger i at kunne måle forskellige procesmuligheder i omkostningsstørrelse under forskellige forudsætninger og indeholdende samtlige ressourcer. Det afgørende er derfor at få præciseret selve produktionsprocessen i programmet og få relateret omkostningerne hertil på en forsvarlig måde i forhold til forskellige fordelingsprincipper.

Forskellen i fordelingen af omkostninger i IBMJ's model og OSM er at der i 1. trin af fordelingen i OSM er valgt andre cost drivers end i IBMJ's tilfælde. Dermed skulle OSM bedre kunne afspejle det konkrete ressourceforbrug. Såvel hos IBMJ som i OSM er valgt antal styk som 2. trins cost driver, dvs. et rent divisionsprincip.

²⁰⁾Finalprincippet kaldes også for »et teleologisk princip« jvf. Zimmerman (1979). Dvs. man tilregner omkostninger efter motivet for omkostningsfordelingen; ikke efter årsagen.

TABEL 5-1
KALKULATIONS LAYOUT FOR OSM

Emne 1:		Total
Stykomkostninger		-
Område	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
NC-Bearbejdning	-	-
EMC-Afgratning		
Vask & Rengøring		
Assembling		
Måling		
OMK. FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET EMNE 1		-
Emne 2:		Total
Stykomkostninger		-
Område	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
NC-Bearbejdning	-	-
Finbearbejdning		
OMK. FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET EMNE 2		-
Fællesmaskiner:	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
Loading/Unloading	-	-
SPC-Måling	-	-

5.8.1 Tiden som Cost Driver

De omkostninger som her er valgt at relatere *med tiden som cost driver* er vist i nedenstående tabel 5-2.

Ofte anses afskrivninger, direkte lønomkostninger og huslejeomkostninger for at udgøre »normaltilfældet af et kapacitets-cost-pool«. Dette på grund af at disse omkostninger anses for at være det absolutte minimum for overhovedet at være i stand til at producere.

Operatøromkostninger anses her for at være uafhængige af volumen, men afhængig af produktions- og procestid. Derfor henregnes disse omkostninger til alle de produkter, som går igennem det pågældende anlæg via en omkostning per tidsenhed. Her er valgt udelukkende at se på afskrivningerne ud fra et tidsmæssigt perspektiv, selvom der også kunne argumenteres for at anvende antal styk som produceres eller en kombination af tid og styk som en cost driver for afskrivningerne.

At anvende tiden som cost driver synes også at være relevant ud fra et simuleringsmæssigt synspunkt for at få estimeret omkostninger for ikke-udnyttet kapacitet korrekt. Med tiden som cost driver opnås også at få en *dynamisk cost driver*.

TABEL 5-2
OMKOSTNINGSTYPER MED TIDEN SOM COST DRIVER

Omkostningstyper
<i>DIREKTE OMKOSTNINGER:</i>
Procesomkostninger
Omkostninger for loading og unloading
Venteomkostninger
Transportomkostninger
Værktøj og fikstur
Arealomkostninger (husleje)
<i>KOMPLEMENTERENDE OMKOSTNINGER:</i>
Justeringsomkostninger
Ikke-udnyttet kapacitet

For alle de nedenstående omkostninger gælder at først beregnes omkostningerne per tidsenhed, derefter tilregnes disse de produkttyper som har anvendt de enkelte produktionsprocesser og endelig divideres igennem med antallet af emner for hver emnetype. Endvidere gælder at der hvor der anvendes en fælles ressource, er det af simuleringsmæssige årsager nødvendigt at afgrænse disse omkostninger til den absolutte proces tid, inden der fordeles ud på emner.

5.8.2 Procesomkostninger

Procesomkostninger er her betegnelsen for den tidsmæssige afgrænsning af de årlige kapitalomkostninger, dvs. kalkulatoriske afskrivninger og renter på de enkelte processer eller maskiner, der anvendes til det enkelte emne. Afskrivninger og kalkulationsrente er beregnet såvel på alle specifikke processer og maskiner samt på fællesanlæg. Som basisudsætning er her anvendt lineære afskrivninger over en 5-års periode baseret på anskaffelsessummen svarende til IBMJ's forudsætninger.

Kalkylerenten og dermed kalkylerentomkostningen anses for at være en form for justering af omkostningsmassen for at få omkostningerne i kalkylesituationen justeret så meget som muligt til en form for økonomisk rationalitetstænkende jvf. også tidligere. Den numeriske størrelse af kalkylerenten kan, jvf. tidligere diskussion, fastsættes på forskellig måde men er her valgt med et udgangspunkt på 10%.

I tilfældet her anvendes kun én kalkylerente for hele FMS/CIM-cellen. Principielt kunne denne kalkylerente sættes forskelligt på hver enkelt proces eller maskine eller til hver type af produkt. Dette kunne f.eks. være tilfældet, hvis en bestemt proces eller produkt har en

mindre risiko - måske mere fleksibel - end en anden. Dette resonnement er også påpeget af, bl.a. Nilsson *et al* (1989), hvor den fleksible del af en robot bør have en lavere kapitalomkostning end den infleksible del²¹⁾.

Separable Omkostninger:

Afskrivningsomkostninger i processerne pålignes i overensstemmelse med det fysiske flow i produktionen. På grund af en forventet sammenhæng mellem investeringsudgift for en given maskine og maskinens mulighed for at producere et produkt på et vist kompleksitets- eller kvalitetsniveau, forventes det her at den forøgede automatisering og dermed efterspørgsel på kvalitet i processerne også reflekteres i forøgede produktionsomkostninger for en given proces og dermed også for det emne som anvender denne proces. Der skelnes mellem separate og fællesmaskiner.

For en separat maskine eller proces gælder følgende algoritme i simuleringen.

Når $I(d,j)$ udtrykker den totale investeringsudgift ved proces d for emnetype j , $H(d,j)$ er afskrivningsperioden for samme og i^{ka} , udtrykker kalkylerenten for hele FMS/CIM-cellen, så kan de samlede kapitalomkostninger for en given proces for et år, beregnes som summen af de individuelle afskrivninger og kalkulationsrenteomkostninger. For at få et udtryk per tidsenhed - her minutter - divideres igennem med det budgetterede antal minutter per år som maskine anvendes $T_{\min}$ og der multipliceres med den akkumulerede anvendte maskines separate procestid for proces d i relation til emne j , $T_{po}(d,j)$. Hermed fåes følgende udtryk²²⁾:

$$C_{ka}^{SP}(d,j) = \frac{T_{po}(d,j)}{T_{\min}} \left\{ \frac{I(d,j)}{H(d,j)} + I(d,j) \cdot i^{ka} \right\} \quad (5:18)$$

Herefter divideres med det antal enheder som er gået igennem den pågældende proces dvs. antal færdige enheder $n_{fe}(d,j)$. De separable omkostninger kan dermed udtrykkes på følgende måde:

$$C_{st}^{SP}(j) = \sum_{d=1}^D \left\{ \frac{C_{ka}^{SP}(d,j)}{n_{fe}(d,j)} \right\} \quad (5:19)$$

Ikke-Separable Omkostninger:

For de ikke-sparable omkostninger dvs de fælles processerne her SPC-måling, fordeles kapitalomkostningerne mellem emne 1 og emne 2 i overensstemmelse med emnetypernes faktiske anvendte tid for at få tilregnet den del af omkostningerne som hver type af emne kræver af processen. Dette kan opgøres på samme måde som ovenfor, idet der også i en fælles

21) Dette resonnement svarer også til »Capital Asset Pricing« modellen jvf. Brealey & Meyers (1988, pp 143ff).

22) Her anvendes en *liniær gennemsnitsbetragtning*. Et andet alternativ kunne være at anvende en *annuitetsbetragtning*.

maskine er tale om at der kun kan være et emne ad gangen i maskinen, enten et emne af typen 1 eller et emne af typen 2. Samtidig er her anvendt maskinbetegnelsen k istedet procestype d , idet det er en fællesmaskine som udfører flere typer af processer.

Når $I(k,D)$ er den totalt investerede kapital for en fælles maskineenhed af typen k , som kan udføre en række forskellige processer, $d = 1, 2, 3, \dots, D$ og $H(D,k)$ ligeledes angiver samme maskines afskrivningsperiode, så kan de totale kapitalomkostninger per tidsenhed beregnes ved at multiplicere med de forskellige emnetyper j 's akkumulerede faktiske bearbejdningstid ved den d 'te proces $T_{po}(d,j)$. Dermed kan de samlede kapitalomkostninger for en fællesmaskine beregnes som²³⁾:

$$C_{ka}^{F\&E}(d,j) = \frac{T_{po}(d,j)}{T_{min}} \left\{ \frac{I(D,k)}{H(D,k)} + I(D,k) \cdot i_{ka} \right\} \quad (5:20)$$

Hermed kan de totale procesomkostninger per styk for emne j $C_{st}^{F\&E}(j)$ udtrykkes som:

$$C_{st}^{F\&E}(j) = \sum_{d=1}^D \left\{ \frac{C_{ka}^{F\&E}(d,j)}{n_{fe}(d,j)} \right\} \quad (5:21)$$

Samme form for resonnement som ovenfor, anvendes også ved loading og unloading, for venteomkostninger, for transportomkostninger (MHS), for værktøj og fikstur og som udtryk for et evt. tabt indtjeningsbidrag ved ledig kapacitet ved en given maskine.

5.8.3 Loading og Unloading Omkostninger

Procesomkostninger i loading og unloading beregnes principielt på samme måde som for de fælles procesomkostninger for en fælles maskine ovenfor, dog med den undtagelse at de direkte lønomkostninger for FMS/CIM-cellen er lagt til i dette område. De direkte lønomkostninger er de lønressourcer som er direkte involveret i produktionen ved FMS/CIM-cellen, dvs de operatører som står i loading og unloading området. Det er antallet af produktvarianter og antallet af palletter som i sidste ende er cost driver for hvor mange operatører der skal placeres ved loading og unloading området. Alle lønomkostninger er inklusiv pensioner samt andre sociale omkostninger.

Operatøromkostninger er forholdsvis lettere at måle end, f.eks. procesomkostninger. Operatøromkostningerne *påalignes i kvanter* i en trappelignet relation i modellen som en funktion af antallet af arbejdsskift hvor et arbejdsskift er 8 timer. Disse er i simuleringen derfor udtrykt som en diskret funktion. Dette betyder at så snart produktionen startes i $t > 0$

²³⁾I simuleringen her anses kalkylerenten således for at være en konstant. Dette kan også anses for at opveje de stigende vedligeholdelsesomkostninger som kan forventes gennem årene for FMS-systemet.

opstår udgifter for et skift, og overskrider tiden i et skift pålignes straks operatøromkostninger svarende til et nyt skift. Dette vil få betydning for omkostningerne per styk, såfremt man kun producerer en forholdsvis lille seriestørrelse inden for et givet arbejds-skift hvor $t < 8$ timer.

Samtidig gælder at enten loades/unloads emnetype 1 eller emnetype 2. Nedenfor er samtlige kapitalomkostninger for såvel loading som unloading beregnet for et år som:

$$C_{ka}^{LO+UN}(D, k) = \frac{1}{T_{\min}} \left\{ \frac{I(D, k)}{H(D, k)} + I(D, k) \cdot i^{ka} \right\} \quad (5:22)$$

Når $T_{lo}(j)$ angiver den akkumulerede loadingtid for emne j , så kan emne j 's andel af de totale »kapitalomkostninger« ved loading beregnes ved at udskille den del som vedrører loading. Beregningen af kapitalomkostninger for loading er den samme som for unloading. Loadingomkostningerne kan dermed beregnes som:

$$C_{ka}^{LO}(j) = \{ C_{ka}^{LO+UN}(D, k) \cdot T_{lo}(d, j) \} \quad (5:23)$$

Hertil skal for hvert emnetype lægges en relativ del af de samlede operatøromkostninger, idet disse - som tidligere nævnt - er placeret i loading-/unloadingområdet.

De samlede *procesomkostningerne* for et givet emne j i loading eller unloading kan derfor beregnes i tre trin,

- 1) opgørelse af de totale operatøromkostninger,
- 2) bestemmelse af den relative andel af tiden for et emnetype i loading eller unloading,
- 3) multiplikation af den relative andel af tiden i 2) med de totale omkostninger for loading eller unloading dvs. kapitalomkostning samt operatøromkostninger.

Første Trin:

Beregning af operatøromkostninger følger stort samme principper som hos IBMJ dog med forskel, at disse her er begrænset til 24 timer eller 3 skift. Når s_{op} udtrykker antallet af operatørskift og c_{op} udtrykker de totale operatøromkostninger per skift begge opgjort for hele FMS-systemet, så kan de total operatøromkostninger C^{OP} beregnes som:

$$C^{OP} = c_{op} \cdot s_{op} \quad (5:24)$$

Andet Trin:

Når $T_{lo}(j)$ udtrykker den akkumulerede loadingtiden for emnetype j , jvf. første trin, så kan den relative andel af emne j 's del af den samlede loadingtid $T_{lo}^{RE}(j)$ beregnes som:

$$T_{lo}^{RE}(j) = \frac{T_{lo}(j)}{\sum_{j=1}^J T_{lo}(j)} \quad (5:25)$$

Denne anvendes herefter som cost driver for samtlige operatøromkostninger.

Tredie Trin:

Herefter tilbagestår blot at multiplicere emnetype j 's andel af operatøromkostningerne og tillægge »kapitalomkostningerne« samt at dividere med antal færdige enheder af emne j for at finde emnetype j 's samlede kapitalomkostninger per styk. Når $C_{st}^{LO}(j)$ udtrykker de totale loadingomkostninger for emne j per styk, så kan dette beregnes som:

$$C_{st}^{LO}(j) = \left\{ \frac{C_{ka}^{LO}(j) + C^{OP} \cdot T_{lo}^{RE}(j)}{n_{fx}(j)} \right\} \quad (5:26)$$

Endvidere forudsættes, at loadingtiden er den samme som operatørtiden. De numeriske størrelser for omkostningerne vil dog ofte være forskellige, efter hvor mange enheder der går igennem loading og unloading, dvs. hvor mange VIA der er i systemet. Forudsætningerne i beregningen for operatøromkostningerne for loading og unloading betyder derfor, at alle operatøromkostninger bliver pålignet de emner som går igennem loading indenfor et givet tidsrum, hvilket også er i overensstemmelse med de faktiske forhold. Der eksisterer derfor ingen »ledig kapacitet« for operatørerne. Forøges antallet af palletter, skal operatøren blot arbejde hurtigere, modsat hvis antal palletter reduceres.

5.8.4 Venteomkostninger

Venteomkostninger opgøres som en ren *alternativomkostning* af værdien af VIA på et givet tidspunkt under produktionsprocessen multipliceret med kalkylerenten. Spørgsmålet bliver her, hvordan værdien af VIA skal gøres op, skal det være værdien af blot direkte materialer eller direkte materialer samt andre forudtilregnede procesomkostninger, dvs. de samlede forædlingsomkostninger svarende til proces-full-cost-værdien på et givet tidspunkt? Der er her valgt at lade dette være proces-full-cost-værdien undervejs i processen, hvilket er i linie med de tillæmpede vurderingsprincipper, indeholdende direkte materialer samt den samlede forædlingsværdi op til det tidspunkt ventetiden ophøre. Generelt kan dette udtrykkes som:

$$C^{VE} = i^{ka} \cdot C^{AK} \cdot T_{ve} \quad (5:27)$$

hvor C^{AK} er de akkumulerede full-cost lige før den nuværende proces og T_{ve} er den akkumulerede ventetid inden næste proces foretages.

Ventetiden og venteomkostninger anses for at være forårsaget af, at emner er »nød til at vente« foran et proces eller et sted på transportbåndet hvis der er kø²⁴⁾. Dette kan også udtrykkes på følgende måde. Når $m(j)$ udtrykker det direkte materialeforbruget til produkt j , $v(j)$ de variable enhedsomkostninger for materialetype m til produkt j , $q(d, j)$ udtrykker køen i antal styk foran proces d af emne j , og $C^{PO}(d, j)$ udtrykker procesomkostninger ved maskine d for produkt j (separate og fælles), $T_{ve}(d, j)$ udtrykker den akkumulerede ventetid for emne j ved proces d og $n_{ve}(d, j)$ angiver antal emner af type j som på et givet tidspunkt har ventet foran proces d , så kan de totale akkumulerede venteomkostninger per styk $C_{st}^{VE}(j)$ for emne j , bestemmes som:

$$C_{st}^{VE}(j) = \sum_{d=1}^D \left\{ \frac{i^{ka} \cdot [C^{PO}(d, j) \cdot T_{ve}(d, j) + q(d, j) \cdot m(j) \cdot v(j)]}{n_{ve}(d, j)} \right\} \quad (5:28)$$

Det samlede »værditilvæksttab« af ét styk er således direkte proportional med ventetiden foran en given proces. Ved værditilvæksttab forstås her den værdi man kunne have påført et produkt, såfremt produktionen ikke havde nogen ventetid, dvs. en form for synkron produktion. Jo længere denne ventetid er, desto større bliver dette tab i princippet. Venteomkostningerne her viser således den mistede mulighed for at kunne tillægge »ny forædling« til produktet. Jo længere ventetid der er i processen, og desto længere fremme i produktionen emnet er, desto dyrere bliver det at vente for et emne. F.eks. vil venteomkostningerne lige efter loading kun bestå af kalkyleomkostningen for direkte materialer, hvorimod venteomkostningerne lige før proces fem vil bestå af kalkyleomkostninger for den samlede værdi af direkte materialer samt procesomkostningerne fra proces ét til fire.

5.8.5 Transportomkostninger

Transportomkostninger er alle omkostninger, som har med den automatiske flytning af emnerne at gøre mellem processer og maskiner. Også her anvendes kapitalomkostninger, dvs. afskrivning og rente for den investerede kapital i MHS, som udtryk for en transportomkostning. Transporttid og transportomkostninger er specielt relevante hvor flere maskiner er knyttet sammen tidsmæssigt, f.eks. via et fælles transportsystem eller transportbånd.

MHS-systemet transporterer kontinuerligt emner uafhængig af maskinernes bearbejdningsprocesser, uafhængigt af hvordan loading og unloading sker og uafhængig af mængden af emner. Dette betyder, at kapitalomkostningerne for MHS ikke umiddelbart kan henregnes til det enkelte emne førend det samlede *produktionsprogram er endelig fastlagt*

24) I den fysiske produktionscelle venter emnerne, enten ved at cirkulere rundt på conveyer-systemet, eller ved at vente foran på en satellit for en proces også kaldet »dynamisk lagring«. I *programmæssig henseende* venter emnerne foran hver GPSS-blok indeholdende en maskinenhed, efter at de er transporteret til den pågældende proces. Dette sker på en »first-in first-out« basis.

eller førend enmerne er unloaded fra MHS-systemet²⁵⁾. MHS-processen anses her - som i litteraturen - for at være en Non-Value-Activity, selvom denne dog ikke umiddelbart kan undværes. Størrelsen herpå afhænger af hvor tæt maskinerne er placeret i produktionshallen.

For at overkomme dette omkostningsproblem i forkalkylesammenhæng, estimeres kapitalomkostningerne for MHS som helhed, uafhængig af hvor mange emner MHS transporterer rundt. Hvis imidlertid intensiteten forøges hvorved også udnyttelsen af maskinerne skulle forøges, kunne der argumenteres for at omkostningerne per emne ville formindskes²⁶⁾. I modsætning til tidligere procesforudsætninger for en fællesmaskine f.eks. loading og unloading, hvor der var et tale om enten eller for emne 1 eller 2, er der her tale om *både og*. Samtlige disse forhold får også konsekvenser for omkostningsalgoritmen.

Også her foretages beregningen i 3 trin:

- 1) beregning af de totale kapitalomkostninger for simuleringsperioden,
- 2) bestemmelse af emnetyper j 's relative andel af det samlede antal emnetyper samt
- 3) beregning af MHS-omkostninger per styk for det enkelte emne.

Første Trin:

Når $C_{ka}^{MHS}(J)$ udtrykker kapitalomkostningerne for MHS-systemet justeret for den absolutte simuleringstid t^{si} for alle emner $j=1,2,3,...,J$, $I(K)$ udtrykker den samlede investeringsudgift for hele MHS-systemet K og $I(K)$ udtrykker afskrivningsperioden for samme, så kan de samlede kapitalomkostninger for hele MHS-systemet, justeret med simuleringstiden t^{si} , beregnes som:

$$C_{ka}^{MHS}(J) = \frac{1}{T_{min}} \left\{ \frac{I(K)}{H(K)} + I(K) \cdot i^{ka} \right\} \cdot t^{si} \quad (5:29)$$

Andet Trin:

Herefter beregnes den relative andel af emnetype j i forhold til det samlede antal emnetyper her kun 1 og 2, som er kommet igennem MHS-systemet som:

$$n_{mhs}^{RE}(j) = \left\{ \frac{n_{fx}(j)}{\sum_{j=1}^J n_{fx}(j)} \right\} \quad (5:30)$$

Tredie Trin:

25) I simuleringsmæssig henseende kan disse omkostninger imidlertid beregnes forud for produktionens start, såfremt man kender sammensætningen af sit totale produktionsprogram. At kunne dette er - som påpeget tidligere - en væsentlig fordel ved anvendelsen af simulering.

26) At forøge bearbejdningensintensiteten for en proces i praksis, er dog ofte svært - som det også er skitseret hos begge case-virksomheder her - fordi dette i mange tilfælde vil bevirke, at man ikke kan holde den ønskede tolerance og det ønskede kvalitetsmål.

Endelig multipliceres denne relative andel af emne j med de totale kapitalomkostninger for MHS, hvorefter der divideres igennem med antallet indenfor hver emnetype som er færdige. Når $n_{fe}(j)$ udtrykker den færdige mængde af emne j , så kan de totale MHS-omkostninger per styk af emne j $C_{st}^{MHS}(j)$ beregnes som:

$$C_{st}^{MHS}(j) = \left\{ C_{ka}^{MHS}(J) \cdot \frac{n_{mhs}^{RE}(j)}{n_{fe}(j)} \right\} \quad (5:31)$$

5.8.6 Værktøj og Fikstuumkostninger

Kapitalomkostninger for værktøj og fikstur beregnes her på samme måde som for de øvrige kapitalomkostninger. Værktøj og fikstuumkostninger udgør her en væsentlig del af den samlede investering, og er her fra starten opgjort separat på hver emnetype j . Investeringen afskrives over samme tidsperiode som grundinvesteringer, dvs. over 5 år. For at få en tilpasning til den absolutte simuleringstid justeres disse årlige kapitalomkostninger også med t^{si} .

Når $C_{ka}^{VF}(j)$ således udtrykker de årlige kapitalomkostninger for værktøj og fikstur til emne j per år, så kan de samlede procesomkostninger per styk for emne j for værktøj og fikstur beregnes som:

$$C_{st}^{VF}(j) = \left\{ \frac{C_{ka}^{VF}(j)}{T_{min}} \cdot t^{si} \right\} \quad (5:32)$$

5.8.7 Huslejeomkostninger

Arealomkostninger her indeholder samme type af omkostninger som fra IBMJ's model. Disse er opgjort for hver emnetype.

Arealet dækker over maskiner, VIA, loading og unloading, værktøj og paletter. Når $c_{ar}(j)$ udtrykker de totale arealomkostninger per kvadratfod per tidsenhed for emne j , så kan de samlede arealomkostninger $C^{AR}(j)$ for emne j som er relateret til simuleringstiden, opgøres som:

$$C^{AR}(j) = c_{ar}(j) \cdot t^{si} \quad (5:33)$$

Også her er det nødvendigt at justeret med t^{si} idet virksomhedens omkostninger er opgjort på årsbasis.

Da maskinelayouttet forudsættes konstant over simuleringstiden, fordeles disse omkostninger blot på *det antal emner* som er færdigproduceret i den samlede FMS/CIM-celle. Dermed kan arealomkostninger $C_{st}^{AR}(j)$ per styk for emne j , beregnes som:

$$C_{st}^{AR}(j) = \left\{ \frac{C^{AR}(j)}{n_{fx}(j)} \right\} \quad (5:34)$$

Dermed kan de *samlede gennemsnitlige* stykomkostninger for emne j med *tiden som cost driver*, $C_{st}^{TI}(j)$ findes ved at summere over de enkelte tidsmæssige stykomkostninger eller som:

$$C_{st}^{TI}(j) = \{ C_{st}^{SP}(j) + C_{st}^{F\&E}(j) + C_{st}^{LO+UN}(j) + C_{st}^{VE}(j) + C_{st}^{MHS}(j) + C_{st}^{VF}(j) + C_{st}^{AR}(j) \} \quad (5:35)$$

5.9 Komplementære Omkostninger

Under begrebet komplementære omkostninger henregnes justeringsomkostninger samt omkostninger for den ikke-udnyttede del af kapaciteten. Disse omkostninger er også relateret med tiden som cost driver.

5.9.1 Justeringsomkostninger

Justeringsomkostninger opstår normalt under serieproduktion og betegner de omkostninger som er forbundet med at udføre forskellige aktiviteter, når en maskine eller et produktionssystem skal producere en ny produkttype. Da virksomheden ikke her producerer flere forskellige serier, men kun emne 1 og 2, er omkostningerne som de beregnes her ikke de sande setupomkostninger. Derfor betegnelsen »justeringsomkostninger«.

Justeringsomkostninger er relateret til det arbejde som den enkelte operatør foretager mellem to opstart af FMS/CIM-cellen. Denne omkostning indeholder tiden til forberedelse af jobbet, og i visse tilfælde tiden til at producere et prøvemne, hvis der evt. har været stop eller brud i processerne. Som påpeget såvel i litteraturen som i praksis, er det ofte setuptiden virksomheder med integrerede produktionssystemer har focus på, idet denne bl.a. har indflydelse på *fleksibilitet og leadtid*. Normalt er setuptiden ikke afhængig af volumenstørrelse for et givet job, men nærmere afhængig af kompleksiteten af emnet og jobbet samt evt. af erfaringer og strukturen i operationslisten.

Ofte kalkuleres disse omkostninger med samme sats som den direkte procestid²⁷⁾. Normalt kræver setup-aktiviteten blot direkte løntid og ingen maskintid selvom maskinen er fuldautomatisk eller semi-automatisk. I specielle forhold er setuplønnen separeret fra selve

27) I tidligere intern regnskabslitteratur var der ikke større forskel mellem den direkte arbejdstid og maskintid. Derfor blev procestiden ofte anset som en rimelig god approksimation for setuptiden.

produktionslønnen. Når der opstår en setup hvor maskinerne står stille forudsættes her, at der opstår en tabt værditilvækst svarende til den forventede maskinens kapitalomkostning per tidsenhed²⁸⁾.

Justeringstiden i FMS/CIM-cellen kan fastsættes med forskellige procentsatser for hver enkelt maskine eller for systemet som helhed, ligesom der kan vælges forskellig udgangspunkt, f.eks. teoretisk, normal eller praktisk udnyttelse af FMS/CIM anlægget. Her beregnes den som en samlet omkostningssats for FMS/CIM-systemet som helhed, dvs. for såvel de separate maskiner som for fællesanlæg. Dette er beregnet på følgende måde.

Når $\bar{\alpha}$ betegner den budgetterede kapacitetsudnyttelse for hele produktionssystemet, så betegner t^{su} den samlede justerede tid for hele produktionscellen eller:

$$t^{su} = (1 - \bar{\alpha}) \quad (5:36)$$

Dermed fås ét samlet justeringstal for hele FMS/CIM-cellen.

Når $C_{ka}^{MHS}(J)$ udtrykker kapitalomkostninger for MHS-systemet per år for samtlige emnetyper J , som kan transporteres på MHS-systemet, $C_{ka}^{SP}(k, j)$ udtrykker kapitalomkostningerne per år for de separate maskiner k for emne j , $C_{ka}^{F/E}(k, j)$ kapitalomkostningerne for de fælles maskiner k , så kan de totale justeringsomkostninger for hele systemet $C_{su}^{FMS}(j)$ for emne j , beregnes ved at summere og multiplicere med justeringstiden t^{su} således at:

$$C_{su}^{FMS}(j) = [C_{ka}^{MHS}(J) + \{\sum_{k=1}^K C_{ka}^{SP}(k, j) + C_{ka}^{F/E}(k, j)\}] \cdot t^{su} \cdot t^{si} \quad (5:37)$$

Her indgår også kapitalomkostninger for MHS-systemet. Det kan diskuteres om værktøj- og fiksturomkostninger samt huslejeomkostninger burde medtages idet disse ressourcer reelt også forbruges under justeringstiden. Dette er dog ikke gjort her.

5.9.2 Ikke-Udnyttet Kapacitet

Ikke-udnyttet kapacitet opstår som følge af at maskinerne ikke er i proces eller ikke udnyttes fuldt ud op til den budgetterede kapacitetsgrænse $\bar{\alpha}$, jvf. tidligere. Specielt ved produktionssystemer er det ofte vanskeligt at få en optimal udnyttelse af hver enkelt maskine, idet udnyttelsen ved den enkelte maskine, bl.a. er afhængig af udnyttelsen ved andre maskiner som igen er afhængig af hele systemet. Herudover spiller også fleksibiliteten ind på den samlede kapacitetsudnyttelse. Omkostninger for den ikke-udnyttede kapacitet beregnes på samme måde som justeringsomkostninger ovenfor, blot opgøres disse her per proces istedet for hele FMS/CIM-cellen.

²⁸⁾Ved multi-orientede og fuldautomatiske maskiner gøres denne setup ofte medens maskinen bearbejder andre jobs også kaldet *satelit-jobs*.

I systemet her er den ikke-udnyttede kapacitet defineret som forskellen mellem den generelle forventede udnyttelse for samtlige maskiner og den faktiske udnyttelse. Når $\alpha(k)$ udtrykker den faktiske udnyttelse for den enkelte maskine k så kan den ikke-udnyttede kapacitet beregnes som:

$$\alpha^{uu}(k) = \bar{\alpha} - \alpha(k) \quad (5:38)$$

dvs. forskellen mellem den konstante budgetterede udnyttelse for hele FMS/CIM-cellen $\bar{\alpha}$ og den faktiske udnyttelse ved den enkelte maskine $\alpha(k)$. Når $\alpha^{uu}(k)$ udtrykker den faktiske udnyttede procestid ved maskine k , kan omkostningerne for den ikke-udnyttede kapacitet $C^{UU}(k)$ udtrykkes som:

$$C^{UU}(k) = \{ \{ C_{ka}^{SP}(k) + C_{ka}^{F\&E}(k) \} \cdot \alpha^{uu}(k) \} \cdot t^{si} \quad (5:39)$$

5.9.3 Volume som Cost Driver

Dette cost pool består af omkostningstyper med en volume-orienteret cost driver. Disse omkostninger er leverandøromkostninger $C^{UL}(j)$, andre omkostninger $C^{AN}(j)$ samt værktøjslager omkostninger $C^{V\&E}(j)$ opgjort for det enkelte emnetype j , jvf. også IBMJ's model. Disse omkostninger er mere eller mindre uafhængig af hvordan et emne er udformet og allokeres derfor via produktionsvolumen som cost driver.

Når $n_{fe}(j)$ udtrykker den del af emne j som er færdigbehandlet, kan de totale volume-orienterede omkostninger i simuleringen $C_{st}^{VO}(j)$ beregnes som:

$$C_{st}^{VO}(j) = \left\{ \frac{C^{UL}(j) + C^{AN}(j) + C^{V\&E}(j)}{n_{fe}(j)} \right\} \quad (5:40)$$

5.9.4 Value-Added som Cost Driver

Disse omkostninger består af indirekte lønomkostninger, serviceomkostninger samt software omkostninger. Disse omkostninger anses her som omkostninger der er afhængig af virksomhedens organisationsstruktur, produktionsstruktur og graden af produktkompleksitet, specielt i gruppen for de indirekte lønomkostninger, som bl.a. består af omkostninger for de indirekte supportafdelingers vedkommende. Omkostningerne anses derimod som »delvist« uafhængig af volumestørrelsen og produktionstiden.

Disse omkostninger anses dermed i højere grad for at være knyttet til selve værditilvæksten for et produkt. Størrelsen af værditilvæksten og kompleksiteten er ofte tæt relateret

til hinanden²⁹⁾. Avancerede eller højteknologiske produkter vil normalt også kræve flere indirekte ressourcer, jvf. også Cooper & Kaplan (1991b). F.eks. bliver NC-programmer ofte mere komplekse og dyrere at udforme efterhånden som kompleksiteten forøges.

Det kan under MPU være svært at skelne mellem direkte og indirekte lønomkostninger. De indirekte lønomkostninger betragtes her som alle omkostninger der kan henføres til det personale som ikke er direkte involveret i selve produktionsprocessen. I simuleringen betragtes disse som en indirekte omkostning og indeholder gager til supportafdelinger, lønninger og tillæg f.eks. tillæg for sociale lønomkostninger.

Tilregningen af de value-added-orienterede omkostninger til emnerne gøres som et procenttillæg til værditilvæksten for det enkelte produkt og udføres i simuleringen også i tre trin,

- 1)summering af samtlige de omkostninger som betragtes som værende afhængig af værditilvæksten,
- 2)beregning af procentsatsen samt
- 3)multiplikation af procentsatsen 2) med værditilvæksten 1).

De to første trin er baseret på de årlige budgetterede omkostninger, hvorimod tilregningen til emnerne i tredje trin gøres per styk på grundlag af de konkrete faktiske omkostninger på det tidspunkt emnet er færdigt. Dermed bliver denne tilregning afhængig af, hvordan produktet de facto har anvendt de forskellige maskiner og andre ressourcer der er medgået i processen.

Første Trin:

Når $C^{IL}(j)$ udtrykker alle de indirekte lønsomkostninger for emne j , $C^{SO}(j)$ udtrykker softwareomkostninger for emne j og $C^{SE}(j)$ udtrykker serviceomkostninger for emne j , så er den samlede sum af de omkostninger som skal fordeles efter de totale value-added-omkostninger som cost driver $C^{VA}(j)$ ligmed:

$$C^{VA}(j) = C^{IL}(j) + C^{SO}(j) + C^{SE}(j) \quad (5:41)$$

Andet Trin:

Som udgangspunkt er her valgt blot at lade samtlige andre omkostninger danne dette udgangspunkt, dvs. direkte løn, huslejeomkostninger, andre omkostninger samt

²⁹⁾F.eks. vil mere komplekse produkter med et større antal funktioner og anvendelsesmuligheder og større videnindhold ofte have en større produktionsmæssig værditilvækst end mere simple produkter, jvf. også Cooper & Kaplan (1991b).

værktøjslageromkostninger. Dermed er der tre undtagelse, direkte materialer, transportomkostninger (MHS) samt venteomkostninger³⁰⁾. Heri indgår således også anvendelsen af de fælles maskiner, loading og unloading samt SPC-måling. Dermed bliver tilregningssatsen $C_{\%}^{VA}(j)$ for emne j , som følger:

$$C_{\%}^{VA}(j) = \left\{ \frac{C^{VA}(j) \cdot 100}{(\overline{C}^{VO}(j) + \overline{C}^{TI}(j))} \right\} \quad (5:42)$$

idet $\overline{C}^{VO}(j)$ udtrykker de samlede volume-orienterede omkostninger for emne j eksklusiv direkte materiale og $\overline{C}^{TI}$ udtrykker de samlede tidsmæssige omkostninger for emne j eksklusiv transport omkostninger.

Tredie Trin:

Her multipliceres procentsatsen i trin 2 med emnernes totale stykomkostninger. Herved fåes den del som skal tilregnes hvert emne som udtryk for tillægget for de value-added-orienterede omkostninger. Dette kan også udtrykkes på følgende måde. Når $C_{st}^{VA}(j)$ udtrykker de value-added-orienterede stykomkostninger for emne j eksklusiv materialeomkostninger, $\overline{C}_{st}^{VO}(j)$ udtrykker de volume-orienterede stykomkostninger for emne j eksklusiv transportomkostninger og $\overline{C}_{st}^{TI}(j)$ udtrykker de tidsmæssige stykomkostninger for emne j , så kan de totale value-added-stykomkostninger for de færdige enheder beregnes som:

$$C_{st}^{VA}(j) = C_{\%}^{VA}(j) \cdot \{ \overline{C}_{st}^{TI}(j) + \overline{C}_{st}^{VO}(j) \} \quad (5:43)$$

Dermed gøres også $C_{st}^{VA}(j)$ *dynamisk*, idet dette procenttillæg afhænger af det til enhver tid faktiske ressourceforbrug for de enkelte emner over tiden i simuleringen.

Dermed kan de totale stykomkostninger for hver emnetype C_{st}^{TO} , eksklusiv justeringsomkostninger og omkostninger for ikke-udnyttet kapacitet beregnes som summen af hver af de tre omkostningstyper i overstemmelse med de tre cost drivers eller som:

$$C_{st}^{TO} = C_{st}^{TI}(j) + C_{st}^{VO}(j) + C_{st}^{VA}(j) \quad (5:44)$$

³⁰⁾Det kan diskuteres om transportomkostningerne fra MHS skal anses for at være en value-added-omkostning eller ikke-value-added-omkostning, jvf. også tidligere, idet de er nødvendige for at transportere emnerne rundt på conveyer-systemet. Her anses de for at være en *ikke-value-added-omkostning*.

5.10 Produktions-Flow-Modulet for OSM

Dette modul indeholder de nærmere forudsætninger for hvordan det fysiske flow foregår for de forskellige emner igennem hele FMS/CIM-systemet.

5.10.1 Forudsætninger for Processen

Dette segment beskriver hvordan det dynamiske flow i produktionsprocessen for de to emner er bygget op i simuleringsmodellen. Samtlige nedenstående forudsætninger er basisforudsætninger.

Hvert emne følger forskellige operationssekvenser for de forskellige processer; loading, bearbejdning, inspektion etc. samt unloading, jvf. tabel 5-3.

TABEL 5-3
EMNE OG MASKINER

Proces	Emne 1	Emne 2
Loading	En Fælles Maskine for Begge Emner (Samme som Unloading)	
NC-Bearbejdning	2 Maskiner	4 Maskiner
ECM-Bearbejdning	1 Maskine	0
Rengøring	1 Maskine	0
SPC-Måling	En Fælles Maskine for Begge Emner	
Assemblering	1 Maskine	0
Fin-Bearbejdning	0	2 Maskiner
Måling	1 Maskine	0
Unloading	En Fælles Maskine for Begge Emner (Samme som Loading)	

Herudover gælder generelt følgende basisforudsætninger,

- ingen break-down af maskiner eller andet,
- startlageret er nul såvel af råmaterialer som af færdigvare samt
- ingen mangel på råmaterialer på noget tidspunkt i processen.

Antal af maskiner, paletter etc. er også som udgangspunkt konstante.

5.10.2 Loading-Segment

Dette segment repræsenterer processen for loading og palletticering af hvert emne. Loading sker på samme anlæg og samme sted for begge emner, men med forskellige forudsætninger. Udgangspunktet for loading af emner er vist nedenfor i tabel 5-4.

TABEL 5-4
LOADING-FORUDSÆTNINGER INDENFOR 24 TIMER

Proces	Emne 1	Emne 2
Antallet af Paletter	20	10
Antallet af Loadings per Pallet	2.8	2.8
Udnyttelsestiden	80%	80%
Antallet af Emner på en Pallet	16	4

Kombinationen mellem antal paletter og antallet af loadings per pallet er valgt således, at dette svarer til det samme antal styk som faktisk blev genereret hos IBMJ³¹⁾. Den gennemsnitlige loadingtid svarer derfor til den tid det tager en operatør at placere et bestemt antal emner på palletten. Loading-processen bestemmer dermed også emnestrømmen eller *IAT* til maskinerne og videre ud på MHS. Genereringen af emner i loading-området veksler mellem emne 1 og emne 2, alt efter tidsintervallerne.

Hvis den først-prioriterede proces er ledig, går paletten direkte ind her. Er processen optaget »venter« paletten på transportbåndet ved at cirkulere rundt på MHS.

5.10.3 Transport-Segment

Da ventetiden i integrerede produktionssystemer ofte er relativt høje ofte mellem 70-80% jvf. Bennett *et al* (1987), er der også gode muligheder for at reducere disse. Til dette formål findes forskellige filosofier og koncepter, f.eks. JIT. Transportsegmentet i OSM definerer hvordan transporten mellem de forskellige bearbejdningseenheder dvs., maskiner

31) Dette giver her i gennemsnit ca. 69.9 paletter af emne 1 ($(1440 \cdot 0.80) / (20 \cdot 2.8)$) ligmed en pallet per 20.6 min. eller ca 69.9 paletter indenfor 24 timer) og ca. 34.8 paletter af emne 2 per dag. De samme tal hos IBMJ er 70 af emne 1 og 35 af emne 2. Disse tal blev også anvendt hos IBMJ til produktkalkylen. Hos IBMJ startede man med 8 styk på en pallet af emne 2. Dette skabte problemer i systemet. Herefter prøvede man med 6 styk per pallet af emne 2, men sluttede med gennemsnitlig 4 styk per pallet. Dette for dels at undgå stop i systemet, dels for at få en hurtig feedback. I den stabile situation her er valgt 16 emner af 1 på et pallet og 4 af 2 på en pallet. Hvordan den konkrete produktion de facto foregår har - som anført tidligere - ingen indvirkning på IBMJ's kalkyle.

foregår. Programudformningen vedrørende processerne følger prioriteten i selve produktionen som igen er i overensstemmelse med routingskemaet og operationslisten fra virksomheden. Såvel i processen som i transporten har hver pallet eller transaktion sin egen parameter angivet ved Pj i GPSS-programmet.

Derved kan man præcist følge det pågældende emne's karakteristik, f.eks. loadingtiden eller procestiden. Dette er specielt relevant når der er forskel i behandlingen af emnerne som tilfældet er her.

Nedenfor i tabel 5-5 er vist de forskellige tranporttider mellem procserne for de to emner udtrykt i minutter.

TABEL 5-5
TRANSPORTTID MELLEM PROCESSERNE

EMNE 1: Fra->Til	Tid (Min)
Loading->NC-Bearbejdning	0.62
NC-Bearbejdning->ECM-Afgratning	1.5
ECM-Boring->Vask	0.25
Vask->SPC-Måling	0.75
SPC-Måling->Assemblering	0.25
Assemblering->Måling	0.25
Måling->Unloading	0.25
<i>TOTAL TRANSPORTTID</i>	3.87
EMNE 2:	
Loading->NC-Bearbejdning	1.2
NC-Bearbejdning->SPC-Måling	1.83
SPC-Måling->Fin-Bearbejdning	3.75
Fin-Bearbejdning->Unloading	1.25
<i>TOTAL TRANSPORTTID</i>	8.03

Transporttiden mellem maskinerne svarer til det konkrete layout af maskinerne i FMS/CIM-linien hos IBMJ. Nogle procesbehandlinger er - iflg. flowet fra IBMJ - forholdsvis langt fra hinanden, hvilket medfører at transporttiden forøges og at ventetiden dermed kan blive forholdsvis høj. Emnerne kan kun transporteres »venstre om« på MHS.

5.10.4 Bearbejdnings-Segment

Procesområdet er hovedkernen i programmet og i omkostningsberegningerne, idet denne angiver forudsætningerne for bearbejdningen i produktionsprocessen. De forskellige emner har en fast routing, dvs. at de to typer af emner skal følge en bestemt procesbehandling. Denne routing kan ikke umiddelbart ændres.

Derfor kan et emne heller ikke indgå i en bestemt proces, selvom denne er ledig, hvis ikke processen er ledig præcist på det tidspunkt, og indpasset i den rækkefølgen hvori emnet skal behandles. Det samme er tilfældet hvis der kommer to emner af samme type til samme proces, hvoraf den ene har en lavere procestid end den anden. Også her gælder at rækkefølgen er det afgørende³²⁾.

I dette segment gælder at processen starter straks når et emne går ind i maskinen.

Hvis tiden mellem de forskellige processer er længere end taktiden, dvs. tiden mellem to processer, vil der ophobe sig emner på transportbåndet, som igen skaber VIA. Dette kan evt. forhindres ved,

- at nedsætte tiden mellem loading af palletterne,
- formindske procestiden (forøge intensiteten) eller nedsætte taktiden eller
- indsætte flere maskiner på de steder hvor procestiden er højere end taktiden.

Når en pallet er færdig i en proces transporteres denne videre til næste forudbestemte proces.

Nedenfor i tabel 5-6 er vist tiderne på de forskellige processer for hver pallet.

Den totale procestid betragtes her som en ren *value-added-tid* idet der konstant sker en forarbejdning så længe emnet befinder sig i en maskine. Når en hel pallet er færdigbehandlet i en bestemt proces går denne videre til næste prioriterede proces, hvis denne er ledig. Er den optaget, cirkulere palletten rundt på MHS indtil processen er ledig. Når alle palletter er færdigbehandlet, fortsætter de til unloading-området som her er det samme område som loading-området.

Endelig skal bemærkes, at SPC-målingen (Statistical Proces Control) for emne 1, udgør 10% af det samlede antal emner som løber igennem denne proces, medens alle 100% af emne 2 bliver kontrolleret. Da SPC-målingen samtidig er en fælles proces betyder dette, at den samlede procestid for SPC-målingen bliver et vejet gennemsnit af disse forhold.

32) Dette kaldes for FIFO eller »first come first served« i simuleringssprog.

TABEL 5-6
PROCESTID FOR EN PALLET

EMNE 1:	Tid (Min)
NC-Bearbejdning	10
ECM-Afgratning	8.5
Vask	4.0
SPC-Måling (10%)	16
Assembling	8.5
Måling	8.5
<i>TOTAL PROCESTID</i>	<i>55.5</i>
EMNE 2:	
NC-Bearbejdning	76
SPC-Måling (100%)	36
Fin Bearbejdning	12
<i>TOTAL PROCESTID</i>	<i>124.0</i>

5.10.5 Vente- og Unloading-Segment

Dette segment vedrører forudsætningerne for venteprocessen foran hver proces, nærmere betegnet på de transportbånd som går direkte ned til selve maskine, også kaldet satelitten. Idet der kun kan foretages bearbejdning på et emne ad gangen, vil der normalt opstå ventetid hvis flere forsøger at blive bearbejdet i samme maskine på samme tid. Ventetid er derfor lig med den tid et emne cirkulere rundt på MHS og venter på at blive bearbejdet. Ventetid er dermed den tid der går ud over procestid og transporttid. Transporttiden har første prioritet, forstået på den måde, at først sker der en transport, derefter kan der opstå en ventetid.

Unloading Segment:

Når en pallet med emne 1 eller emne 2 er færdigbehandlet ved sidste maskine, går palletten videre til unloading. Hvis unloading er ledig sker unloading straks. Hvis unloading er optaget, f.eks. hvis der loades nye emner, venter palletten foran unloading.

I unloading-området sker der stort set det samme som i loading-området. Her frigøres hvert emne fra fikstur og pallet (af-pallettering). Det pågældende emne kan således nu betragtes som et færdigbehandlet emne. Også dette sker manuelt.

5.11 Data-Output-Modulet for OSM

Ovenfor blev beskrevet hvordan de forskellige omkostningsarter og omkostningstyper er defineret i forskellige cost pools. Disse omkostninger er defineret én gang først i GPSS-programmet som konstanter eller parametre i form af »control statements«. Hvis man f.eks. ønsker at forøge kapaciteten ved at forøge antallet af maskiner fra 1 til 2 ved en bestemt proces, kan dette nemt gøres, idet man blot ændre den pågældende parametre for antallet af maskiner fra 1 til 2.

Næste skridt i simuleringsfasen bliver derfor at bestemme, hvilke data og informationer man ønsker at få ud på et givet tidspunkt i simuleringen. I output-modulet kan det være nødvendigt at definere visse outputs samt konkret at definere hvordan og hvornår disse skal udskrives.

Hele output-modulet består af 2 output-segmenter,

- 1. output-segment er baseret på forskellige reale størrelser beregnet efter 1152 minutter, dvs. efter at loading er afsluttet samt
- 2. output-segment er baseret på forskellige omkostningsdata efter 1152 minutter, dvs. efter at alle reale beregninger er foretaget.

Første Output-Segment:

Dette segment genereres i tiden $1152 \leq t \leq 1440$ og i sidste run, dvs. efter det 25. run.

Dette segment består af tre hovedtyper af informationer,

- antallet af emne 1 og 2 som har gennemløbet hele produktionsprocessen samt beregning af satserne til den ikke-udnyttede kapacitet,
- processtatistikker, dvs. kapacitetsudnyttelse, procestider, leadtider, antallet af emne 1 og 2 etc. samt
- kø-statistikker for hver maskine.

Operatørløn er imidlertid her kun relateret til loading- og unloadingcellen, dvs. til palleticering og af-palleticering. Dette fordi at dette er operatørens hovedaktivitet.

Andet Output-Segment:

Dette segment er det mest omfattende, og udskrives efter tre skift. Dette segment er bygget op som en matrise med 44 rækker og 8 søjler(44x8).

Indlæsningen i matrisen påbegyndes fra en nul-matrise - som kun indeholder nuller - hvorefter der simuleres 25 gange. Grunden til at simulere 25 gange er bl.a. for at få elimineret evt. effekter af de forskellige tilfælde tal genereres. Sådan som GPSS-programmet er bygget op her betyder, at det er gennemsnittet af de 25 simuleringer som bliver det endelige resultat. Dette gøres i tidsrumme $1152 \leq t \leq 1440$. Dermed fås også omkostningsforløbet af de forskellige omkostninger over hele dette tidsrum, hvorved man kan se hvordan omkostningerne betes sig.

I tidsrummet $1152 \leq t \leq 1440$ udskrives følgende fem typer af data,

- de akkumulerede omkostninger for hver proces for emne 1 og 2,
- de totale gennemsnitlige procesomkostninger per styk, for emne 1 og 2,
- de totale gennemsnitlige venteomkostninger, MHS-omkostninger, areal-omkostninger, volume-orienterede omkostninger og værktøjsomkostninger per styk for emne 1 og 2,
- de totale justeringsomkostninger for emne 1 og 2 samt
- de gennemsnitlige udnyttelsesgrader for samtlige maskiner for emne 1 og 2.

For overskuelighedens skyld, vises i kalkulationslayouttet kun de samlede gennemsnitlige stykomkostninger for de to emner.

Ud over de omkostninger som allerede er beregnet under »Omkostningsestimations-Modulet«, foretages visse specielle omkostningsberegninger specifikt i output-modulet. Det drejer sig om de såkaldte komplementære omkostninger eller omkostninger for ikke-udnyttet kapacitet.

5.11.1 De Komplementære Omkostninger

I dette modul er det hensigtet, at få et skøn for hvad den ikke-udnyttede kapacitet koster. Disse omkostninger kan behandles forskelligt alt efter ønske. F.eks. angiver Cooper & Kaplan (1992) forskellige muligheder til behandlingen af disse omkostninger. Her nævnes bl.a.,

- søge at få nye emner eller produkter ind i produktionsprogrammet, som kan anvende den ledige kapacitet,
- revidere de oprindelige produktkalkyler ved at tillægge disse omkostninger,
- betragte disse omkostninger som en periodeomkostning,
- nedskrive anlæggets oprindelig anskaffelsessum en gang for alle, hvis man ikke på længere sigt kan udnytte den ledige kapacitet, eller
- man kan påtage sig underleverandørarbejde.

Det afgørende er, jvf. også Cooper & Kaplan (1992), at dette bliver tilgængeligt og synligt i kalkulationerne. Dette må siges at være langt vigtigere for MPU, idet der her hersker langt flere muligheder for en »optimal udnyttelse«. Ligesom ved bearbejdningsomkostningerne, beregnes omkostningerne for ikke-udnyttet kapacitet efter tre skift, dvs. et døgn.

I beregningen af disse ikke-udnyttede kapacitetsomkostninger, anvendes de ovenfor nævnte udnyttelsesprocenter som også er et resultat af 2. outputsegment. Disse multipliceres blot med processens eller maskinens samlede afskrivnings- og renteomkostninger for en 24 timers periode. Da dette ikke er noget større beregningsarbejde, er her valgt blot at udføre dette manuelt efter en simulering.

5.12 Afsluttende Kommentarer

I dette kapitel er redegjort for samtlige af de forudsætninger som berører input og output i OSM, dvs. såvel det reale fysiske flow i FMS/CIM cellen som hvilke omkostninger der indgår i kalkylen.

Det har været hensigten her, så præcist som muligt, at lade ressourcer og omkostninger afspejle det fysiske produktionsflow som dette de facto har været beskrevet og observeret hos IBMJ, dog med tilføjelse at der her forudsættes en vis stokastik. Når de ovenfor nævnte omkostninger lægges sammen, fås hvad man kunne kalde produktets forventede »gennemsnitlige særømkostning«. Disse forventede gennemsnitlige særømkostninger fremkommer ved at der simuleres 25 gange.

Problemet er at de stringente mikroøkonomiske særømkostninger hos IBMJ kun består af omkostninger for råmaterialer. I visse tilfælde vil det af informationsøkonomiske grunde, heller ikke være rimeligt at udfinde disse. Derfor betragtes produktets forventede gennemsnitlige særømkostninger som en form for et udvidet og mere glidene omkostningsbegreb i forhold til det stringente kausalorienterede særømkostningsbegreb. Også begreberne direkte og indirekte omkostninger har været anvendt.

En virksomhed behøver måske ikke længere at lægge begrænsninger på hvilke produkter og varianter man ønsker at producere, hvilken produktionsmetode eller teknologi der skal anvendes, hvilket ofte har været tilfældet under mere traditionelle produktionsformer. Under disse former var det også lettere at definere sine omkostningsbegreber³³⁾. Fleksibiliteten har dermed i realiteten forøget vanskelighederne med at udfinde de »sande« marginalomkostninger. Som et resultat af forandring af teknologien, har afskrivninger og andre maskinrelaterede omkostninger også erstattet en væsentlig del af de direkte lønomkostninger.

33)Se f.eks. Schweitzer & Küpper (1986).

6 SIMULERINGSRESULTATER

I dette kapitel gøres et antal simuleringer for at teste modellen hvis forudsætninger blev gennemgået i kapitel 5. De alternativer som testes her, er hvad man kunne kalde en mere »praktisk-orienteret synsvinkel« forstået på den måde, at dette også afspejler de muligheder IBMJ de facto kunne have overvejet, og som kunne have været gennemført indenfor forholdsvis kort tid.

6.1 Introduktion

En del af de forudsætninger som en simulering hviler på stammer fra køteoretiske betragtninger. Køteoriens forudsætninger og begreber har dog ikke samme vægt i dette studie som i mere teoretiske studier¹⁾.

Der findes forskellige typer af måle- og præstationsparametre, som kan anvendes til beskrivelse af hvor god en given model er, jvf. også Sellstedt (1994b)²⁾. Disse er gengivet i nedenstående tabel 6-1.

TABEL 6-1
UDVALGTE PRÆSTATIONSPARAMETRE

Type
Ankomststid
Bearbejdningstid
Ventetid
Varer i arbejde (VIA)
Totale leadtid
Kapacitetsudnyttelsen
Totale Stykomkostninger
Omkostninger for
Ikke-Udnyttet Kapacitet

Når der er tale om stokastiske størrelser, kan de forskellige præstationsparametre udtrykkes både som en forventning $E(\cdot)$, som en varians $Var(\cdot)$ eller som en standardafvigelse $Std(\cdot)$.

Nedenfor i tabel 6-2 er vist den procentwise fordeling af IBMJ's omkostningsstruktur for emne 1 og emne 2 det første år.

1)I køteorien beregnes ofte størrelser som $Pr(\text{afvisning})$, $Pr(\text{forsinkelse})$, $Pr(\text{straksekspedition})$ etc. jvf. Hall (1991).

2)Betegnelsen »præstationsparametre« anvendes her i stedet for betegnelsen »præstationsmål eller præstationsnøgletal« (performance measurements, nonfinancial indicators, jvf. Cooper & Kaplan (1991b,p 200f), som er den betegnelse der anvendes indenfor internt regnskabsvæsen. Dette skyldes, at simuleringen her angiver parametren af en afhængig variabel, som kan ændres over tiden (ikke en konstant). Parametren kan også bestemmes, som en »target eller Benchmark« hvorefter andre størrelser kan bestemmes residualt.

TABEL 6-2
OMKOSTNINGSSTRUKTUR FOR EMNE 1 OG EMNE 2

Cost Pool	Emne 1	Emne 2
<i>Cost Driver: Volumen</i>		
Direkte Materialer	1%	1%
Værktøjsomkostninger	2.2%	3.3%
Andre omkostninger	5.4%	6%
<i>Cost Driver: Tiden</i>		
Afskrivninger	44.1%	25%
Direkte Løn	29.6%	43.2%
Huslejeomkostninger	6.3%	7.5%
<i>Cost Driver: Value Added</i>		
Indirekte Løn	7%	8.7%
Service	3.4%	4.3%
Software	1%	1%
<i>Total</i>	100%	100%

Som det kan ses, består langt den største del af omkostningerne fra FMS/CIM-cellen af afskrivninger og direkte lønninger³⁾.

Dette kapitel er disponeret på følgende måde. For at få et grundlag for vurderingen af resultaterne er kort i afsnit 6.2 beregnet de statistiske og køteoretiske størrelser med udgangspunkt i afsnit 5.4.

I resten af dette kapitel gøres følgende simuleringstest.

- 1.I afsnit 6.3. gøres en test af den givne anlægsdimension hos IBMJ under et deterministisk og stokastisk udgangspunkt. Resultaterne angives i udvalgte præstationsparametre i afsnit 6.3.1 og omkostninger i afsnit 6.3.2., og sammenlignes med IBMJ's egne oprindelige resultater.
- 2.I afsnit 6.4 gøres en test af forøgelsen i volumen simultant for emne 1 og emne 2 under den givne anlægsdimension hos IBMJ. Også her angives resultaterne i udvalgte parametre i afsnit 6.4.1 og i omkostninger i afsnit 6.4.2. Der gøres endvidere en sammenligning over til den oprindelige anlægsdimension.
- 3.I afsnit 6.5 gøres det samme som under 2, dog indsættes yderligere en SPC-målemaskine for at forøge kapaciteten. Herefter testes også forøgelsen i volumen simultant for emne 1 og emne 2.

3)Sammenlignes over til Wildeman's (1989) undersøgelse i kapitel 1 ses, at såvel kapitalomkostningerne som de samlede lønomkostninger hos IBMJ i procent ligger lidt over Wildeman's resultater omkring FMS.

I dette afsnit sammenlignes de deterministiske og stokastiske resultater, ligesom der sammenlignes over til den forrige simultane test i afsnit 6.4 og det oprindelige IBMJ-tilfælde i afsnit 6.3.

4.Og endvidere gøres i afnit 6.6 en test af skævheden, dvs. af *k-værdiens* betydning i Erlangfordelingen for stykomkostningerne for emne 1 og emne 2.

Focus er langt på en analyse af de totale stykomkostninger.

6.2 Beregning af de Statistiske Forudsætninger

Formålet her er kort, at beskrive de statistiske og køteoretiske forudsætninger for den givne anlægsdimension under såvel deterministiske som stokastiske forudsætninger, givet de forudsætninger som blev beskrevet i afsnit 5.4.

Nedenfor i tabel 6-3 er opstillet udgangspunktet for samtlige beregninger i udgangspositionen, idet der kun er fire punkter som adskiller sig fra hinanden. Når andet derfor ikke er angivet gælder disse basisforudsætninger.

TABEL 6-3
BASISFORUDSÆTNINGER FOR SIMULERINGEN

Deterministisk	Stokastisk
Kalkylerente 10%	
Simuleringstid 3 skift, svarende til 24 timer	
VIA skal være afsluttet senest ved, $t=1440$	
Oprindelig dimensionering af maskiner, palletter etc.	
(1)Generering af palletter sker med konstante tidsrum	(1)Generering af palletter er Erlangfordelt, $k=9$
(2)Procestiden er deterministisk	(2)Procestiden er Erlangfordelt, $k=9$
(3)Proceskontrollen er deterministisk	(3)Proceskontrollen er estimeret via en Statistisk »goto statement«
(4)Transportprocessen er deterministisk	(4)Transportprocessen er Erlangfordelt, $k=9$

Det deterministiske tilfælde her betyder, at ingen sandsynlighedsfordeling anvendes på nogen del af produktionssystemet hvorfor $Var(t)=0$. Det deterministiske tilfælde svarer derfor til udgangspunktet for virksomhedens egen model, blot med den forskel, at der her er

inkluderet en kalkylerente, og at der anvendes den omkostningsmodel som er indbygget i OSM via de tre »cost pools« og de tre »cost drivers«. For illustrative formål er også angivet virksomhedens egne data såvel med som uden en kalkylerente på 10%⁴⁾.

Det er vigtigt i *fortolkningen af omkostningsforløbene* at notere sig, at resultaterne heraf er fremkommet, dels via produktionsforudsætninger, dels via omkostningsmodellen og dens forudsætninger. Stykomkostningerne er derfor en kombination eller produkt af disse områder.

For det stokastiske tilfælde er anvendt Erlangfordelingen for såvel ankomsttid, bearbejdningstid samt transporttid med en $k=9^5)$. En test af forskellen mellem normalfordelingen og Erlangfordelingen med $k=9$ giver i GPSS en forskel i de totale omkostningerne for begge emnetyper på kun ca. 1.5%.

Den måde som de forskellige fordelinger anvendes på i GPSS jvf, også afsnit 5.4, er at forventningen blot multipliceres med den enkelte fordeling idet der i GPSS forudsættes at $\lambda = 1$. På denne måde kan λ beregnes rekursivt. Er f.eks. tiden mellem én ankomst og tiden til den næste ankomst, også kaldet *InterArrival Time(IAT)* Erlangfordelt med en forventning på 20.6 minutter, kan denne beregnes på følgende måde, jvf. også afsnit 5.4:

$$E(T_{k=9}) = \frac{1}{\lambda} = 20.6 \quad (6:1)$$

$$\Rightarrow \lambda = 0.0485.$$

Idet:

$$E(T) = \frac{1}{\lambda} = IAT \quad (6:2)$$

så kan variansen eller standardafvigelsen tilsvarende bestemmes som:

$$V(T) = \frac{1}{k \cdot \lambda^2} = \frac{IAT^2}{k} \quad (6:3)$$

$$Std(T) = \sqrt{\frac{IAT^2}{k}} = \frac{IAT}{\sqrt{k}} \text{ eller}$$

$$Std(T) = \frac{20.6}{\sqrt{9}} = 6.87$$

4)Vigtigt er også om den givne kalkulationsmodel er stabil under stabile og deterministiske produktionsforudsætninger. For eksempel ville det ikke være troværdigt at produktion og produktionsprocessen var stabil over tiden - altså en »stady-state-situation« - hvis produktomkostninger begynder at stige eller falde over samme tidsrum.

5)Son & Park (1990) anvender udelukkende Poissonprocessen, jvf. også kapitel 2.

Når $k=1$ i Erlangfordelingen - dvs. en eksponentialfordeling - fås en standardafvigelse på 20.6, givet en forventning på 20.6. Sættes f.eks. $k=9$ i Erlangfordelingen, fås en standardafvigelse på 6.87, givet en forventning på 20.6.

FORVENTNING FOR TIDEN FOR FÆLLESANLÆG:

Idet loading/unloading og SPC-målingen er fællesmaskiner og anvezz7ndes dermed af begge produkter, beregnes et vejet gennemsnit for forventningen på disse to fællesanlæg. Det forudsættes således også, at tiden for unloading er den samme som for tiden for loading.

Idet der anvendes 20 palletter for emne 1 og 10 palletter for emne 2 - som er konstant i alle simuleringer - samt at disse i udgangssituationen bliver loaded/unloaded 2.8 gange (I GPSS-programmet er disse angivet ved betegnelsen A-ANPA 2.8 & B-ANPA 2.8) samt at den effektive produktionstid er sat til 80%, af et døgn på 24 timer eller 1152 minutter ($24 \cdot 60 = 1440$ min. $\cdot 80\%$), fås følgende generering af ankomster af palletter til systemet:

$$E(T) = \frac{1440 \cdot 0.8}{20 \cdot 2.8} = 20.6 \text{ min for emne 1} \quad (6:4)$$

$$E(T) = \frac{1440 \cdot 0.8}{10 \cdot 2.8} = 41.1 \text{ min for emne 2} \quad (6:5)$$

Da såvel de 1440 minutter - den effektive procestid på 80% - samt antallet af palletter er konstant i alle simuleringer, er *ANPA-størrelsen* synonym med ankomstintensiteten. Samtidig er det vigtigt i det stokastiske tilfælde at skelne mellem input og output. I GPSS-programmet er ANPA-størrelsen en *input-størrelse*, hvorimod antallet af palletter som det anvendes her, er en *output-størrelse*. I det deterministiske tilfælde er disse to af samme størrelse. I det stokastiske tilfælde derimod, vil der ofte være forskel i input og output på grund af stokastikken.

Dette er vigtigt, idet stykomkostningerne reelt kan bevæge sig, såvel i opadgående som i ned adgående retning, afhængig af variationen i det stokastiske tilfælde. Det er derfor muligt at forøge ankomstintensiteten for et emne, uden at samme antal palletter kommer igennem systemet totalt set.

Nedenfor i tabel 6-4 er de separate procestider og de vejede gennemsnit for fællesmaskiner vist.

Den statistiske proceskontrol på 10% for emne 1 betyder, at der eksisterer 2 muligheder for emne 1 og dermed to leadtider; en leadtid for de emner som kontrolleres og en leadtid for de emner der ikke kontrolleres. I programudformingen beregnet blot ét gennemsnitsestimat for samtlige emner, dvs. såvel for de emner som kontrolleres som for de emner som ikke kontrolleres. I output fås én samlet gennemsnitstid heraf. Derfor indgår tiden for SPC-målingen for emne 1 som 10% af den tid det tager at kontrollere en pallet, dvs. 16 minutter ($(E(T)=16, Std(T)=5.3)$) eller 10%, svarende til 1.6 minutter ($(E(T)=1.6, Std.(T)=0.53)$)

TABEL 6-4
SEPARATE OG VEJEDE GENNEMSNITSTIDER

EMNE 1:	Forventning	Std.
Loading/Unloading (Generering)	20.6	6.9
SPC-Måling (Fælles)(10%)	16.0	0.53
EMNE 2:		
Loading/Unloading (Generering)	41.1	13.7
SPC-Måling (Fælles) (100%)	36.0	12.0
<i>VEJEDE GNS. SOM DE VISES I GPSS</i>		
Loading/Unloading	27.4	9.1
SPC-MÅLING	32.7	10.9

Da SPC-målingen samtidig sker på en fællesmaskine, bliver tiden heri reelt et vejet gennemsnit, dels af de to emner, dels af den valgte proceskontrol-procent for emne 1.

Det vejede gennemsnit for forventningen på tiden i SPC-målingen kan derfor beregnes som:

$$E(t_{1+2}^{spc}) = \frac{E(Pal_1) \cdot \% \cdot E(t_1^{spc}) + E(Pal_2) \cdot \% \cdot E(t_2^{spc})}{E(Pal_1) \cdot \% + E(Pal_2) \cdot \%} \quad (6:6)$$

Indsættes de konkrete tal fås:

$$E(t_{1+2}^{spc}) = \frac{447 \cdot 0.1 \cdot 16 + 223 \cdot 1.0 \cdot 36}{447 \cdot 0.1 + 223 \cdot 1.0} = 32.7 \text{ min.} \quad (6:7)$$

På samme måde sker loading og unloading fælles for de 2 emner. Loading og unloadingtiderne er sat til samme tid som genereringen af emner, jvf. ovenfor. I GPSS-programmet fås derfor også her et vejet gennemsnit beregnet som:

$$E(t_{1+2}^{lo/ul}) = \frac{447 \cdot 20.6 + 223 \cdot 41.1}{670} = 27.4 \text{ min.} \quad (6:8)$$

FORVENTNING FOR ANTAL PALLETTER:

Det følger dermed, at når ankomsttiden eller IAT mellem to pallerter er stokastisk, bliver antallet af pallerter som genereres også stokastisk. Dette hænger sammen med det forhold, at selve loading og unloading som foretages af en operatør hos IBMJ er stokastisk, idet tiderne for disse skifter og varieres over tiden, bl.a. afhængig af om det er emne 1 eller emne 2, som loades eller unloads. Da det på forhånd er fastlagt hvor mange pallerter der i gennemsnit skal igennem FMS/CIM-cellen indenfor et døgn, er der her blot beregnet et gennemsnit af dette⁶⁾.

På grund af sammenhængen mellem Poisson-, eksponential- og Erlangfordelingen, er det forventede antal pallerter i løbet af et givet tidsrum - her et døgn - dvs. 3 skift eller i 1152 minutter:

$$E(Pal_1) = \frac{1152}{20.6} = 56 \text{ pallerter} \quad (6:9)$$

$$E(Pal_2) = \frac{1152}{41.4} = 28 \text{ pallerter} \quad (6:10)$$

Sidstnævnte er en afgørende størrelse, idet der som tidligere nævnt i hvert døgn er en »setuptid« eller »setdowntid« på 20% eller 288 minutter. Denne tid bruges bl.a. til at få alle pallerter ud af FMS-systemet, således at VIA er nul.

FORVENTNING PÅ PROCESTID OG TRANSPORTTID:

Nedenfor i tabel 6-5 er vist forventning og standardafvigelse på de forskellige processer med hensyn til tiden.

Idet der forudsættes uafhængighed mellem de enkelte procestider, og idet forventningen af summen af to eller flere procestider t , jvf. også Blom (1984,p 151) er lig med summen af disses forventninger, fås følgende:

⁶⁾Et andet alternativ kunne være, at ankomsttiden er deterministisk og at bearbejdningstid og transportid er stokastisk. Her er forudsat at såvel ankomst-, transport- samt bearbejdningstiden er stokastisk.

TABEL 6-5
FORVENTNING OG STANDARDAFVIGELSE FOR DE SEPARATE
PROCESTIDER FOR ÉN PALLET

EMNE 1:	Forventning	Std.
NC-Bearbejdning (2 Mask.)	10.0	3.3
ECM-Afgratning	8.5	2.8
Vask	4.0	1.3
Assemblering	8.5	2.8
Måling	8.5	2.8
<i>TOTAL PROCESTID</i>	39.5	13.2
EMNE 2:		
NC-Bearbejdning (4 Mask.)	75.8	25.3
Fin Bearbejdning (2 Mask.)	12.0	4.0
<i>TOTAL PROCESTID</i>	87.8	29.3

$$E(t_1 + t_2 + \dots + t_n) = E(t_1) + E(t_2) + \dots + E(t_n) \quad (6:11)$$

$$= \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda} + \dots + \frac{1}{\lambda} = \frac{n}{\lambda} \quad (6:12)$$

hvor n er antal processer.

Tilsvarende kan variansen for uafhængige stokastiske variable beregnes som:

$$Var(t_1 + t_2 + \dots + t_n) = Var(t_1) + Var(t_2) + \dots + Var(t_n) \quad (6:13)$$

$$= \frac{1}{k\lambda^2} + \frac{1}{k\lambda^2} + \dots + \frac{1}{k\lambda^2} = \frac{n}{k\lambda^2} \quad (6:14)$$

Det skal påpeges, at selvom de enkelte transport- eller procestider er Erlangfordelt, kan der *ikke siges noget* om hvilken sandsynlighedsfordeling summen af de enkelte transport- eller procestider følger. Dette skyldes at λ -størrelsen i de forskellige processer og transporter er forskellige. Det kan derfor heller ikke konkluderes at, f.eks. den samlede procestid eller leadtid skulle være Erlangfordelt⁷⁾.

Derimod kan summen for forventningen og variansen, jvf. også ovenfor, for henholdsvis emne 1 og emne 2 beregnes på traditionel facon, dvs. uden angivelse af hvilken fordeling den akkumulerede procestid følger. Gøres dette fås:

7) Sandsynligvis følger de akkumulerede størrelser en ikke-standardfordeling.

$$E(t_1^{po}) = 39.5 \text{ min} \quad (6:15)$$

$$Std(t_1^{po}) = 13.2 \text{ min}$$

$$E(t_2^{po}) = 87.8 \text{ min} \quad (6:16)$$

$$Std(t_2^{po}) = 29.3 \text{ min}$$

Det ses af tabel 6-5 ovenfor at procestiden for emne 2 er lidt mere end dobbelt så lang som for emne 1.

Tilsvarende beregninger er foretaget for forventning og standardafvigelse for transportprocessen for emne 1 og emne 2.

$$E(t_1^{ta}) = 3.77 \text{ min} \quad (6:17)$$

$$Std(t_1^{ta}) = 2.7 \text{ min}$$

$$E(t_2^{ta}) = 8.03 \text{ min} \quad (6:18)$$

$$Std(t_2^{ta}) = 1.5 \text{ min}$$

Nedenfor i tabel 6-6 er angivet fordeling, forventning og standardafvigelse for samtlige transporttider.

Også her ses, at transporttiden for emne 2 er lidt mere end dobbelt så lang som for emne 1.

Det skal dog samtidig bemærkes, at forudsætningerne for transportfunktionen kun har ringe betydning for den totale leadtid og for omkostningerne. Det skyldes, dels de relativt små transporttider i forhold til procestiderne, dels den *dynamiske lagring* hvor emnerne blot »venter« udenfor hver prioriteret proces. Så lang tid processen er rimelig stabil, er valg af sandsynlighedsmodel for transportfunktionen derfor af mindre betydning set i forhold til det samlede system.

FORVENTNING PÅ LEADTIDEN:

For at få information om et samlet forløb der også kan sammenlignes fra gang til gang, er den samlede forventning på leadtiden $E(LT)$ samt den totale standardafvigelse herpå $Std(LT)$ beregnet for emne 1 og emne 2.

Den samlede leadtid for et emne i produktionssystemet defineres som:

$$Leadtid = Loadingtid + Procestid + [Ventetid] + Transporttid + Unloadingtid.$$

TABEL 6-6
FORVENTNING OG STANDARDAFVIGELSE FOR TRANSPORTTID

EMNE 1: Fra->Til	Forventning (min)	Std. (min)
Loading->NC-Bearbejdning	0.62	0.21
NC-Bearbejdning->ECM-Afgratning	1.5	2.0
ECM-Boring->Vask	0.15	0.05
Vask->SPC-Måling	0.75	0.25
SPC-Måling->Assembling	0.25	0.08
Assembling->Måling	0.25	0.08
Måling->Unloading	0.25	0.08
TOTAL TRANSPORTTID	3.77	2.7
EMNE 2:		
Loading->NC-Bearbejdning	1.2	0.4
NC-Bearbejdning->SPC-Måling	1.83	0.6
SPC-Måling->Fin-Bearbejdning	3.75	1.25
Fin-Bearbejdning->Unloading	1.25	0.4
TOTAL TRANSPORTTID	8.03	1.5

Som tidligere nævnt, er her tale om uafhængige stokastiske tidsstørrelser idet proces-tiden for den ene proces er uafhængig af procestiden for næste proces. Derimod vil leadtiden - specielt i opstartfasen af produktionsprocessen - være afhængig af samtlige ovenfor nævnte tider. Leadtiden vil derfor aftage og stabilisere sig efterhånden som systemet har været i gang en vis tid, idet systemet vil nærme sig en situation hvor sandsynligheden for at finde systemet i mulige initialtilstande (ofte kaldes 0 eller 1 alt efter om systemet er ledigt eller optaget) vil være uafhængig, både af initialtilstandene og af tiden. Når denne tilstand er indtrådt siges systemet, at befinde sig i *statistisk ligevægt*, jvf. Hall (1991,p 133). At et system er i statistisk ligevægt fortæller derimod ikke om de enkelte processer er afbalancereret i forhold til hinanden.

Forventning og standardafvigelse for emne 1 og for emne 2 for den totale leadtid bliver dermed, jvf. tabel 6-5 og tabel 6-6:

$$E(LT_1) = 39.5 + 3.77 = 43.27 \text{ min} \quad (6:19)$$

$$Std(LT_1) = \sqrt{174.3 + 7.3} = 13.5 \text{ min}$$

$$E(LT_2) = 87.8 + 8.03 = 95.8 \text{ min} \quad (6:20)$$

$$Std(LT_2) = \sqrt{858.5 + 2.3} = 29.3 \text{ min}$$

De ovenfor beregnede totale leadtider, kan anses som den totale minimumstid et givet emne befinder sig i produktionssystemet, når ventetiden er nul.

Da der imidlertid her er tale om *et samlet produktionssystem* med flere forskellige procestider og med serieforbundne maskinenheder, hver især med forskellig procestider samt evt. ventetider, er det ikke den samlede procestid eller leadtid μ som er afgørende for hvor mange emner der kan produceres. Den faktor som er bestemmende herfor, er derimod procestiden på den maskine som kræver den længste bearbejdningstid, her kaldet maskine k μ_k . Denne udgør således det enkelte emnes flaskehalse.

I det determinisk tilfælde beregnes leadtiden i et samlet produktionssystem som procestiden for den maskine som har den længste procestid jvf. også Sellstedt (1994b,p 14):

$$LT \leq K \cdot \left[\text{Max} \frac{1}{\mu_k} \right] \quad \text{hvor} \quad k = 1, 2, 3, \dots, K \quad (6:21)$$

Ved at multiplicere med K , dvs. antallet af samtlige maskiner der indgår, betyder at samtlige maskiner i realiteten »tillægges« den længste bearbejdningstid.

Dermed kan også ses den væsentlige virkning det har, om et emne skal bearbejdes i en enkelt maskine med forholdsvis høj bearbejdningstid, eller i flere maskiner med tilsvarende lavere separate bearbejdningstider. I sidstnævnte tilfælde fås et langt bedre flow og en bedre udnyttelse og dermed mindre VIA.

På samme måde som tidligere vedrørende summen af de enkelte procestider, kan der heller ikke siges noget om, hvilken fordeling den totale leadtid følger, idet denne også er en sum af flere uafhængige Erlangfordelte stokastiske variable.

Med de ovennævnte forudsætninger kan yderligere to præstationsparametre beregnes, VIA samt kapacitetsudnyttelsen ρ for hele systemet.

FORVENTING AF VIA:

VIA er her beregnet som summen af de områder hvor der kan opstå VIA:

$$VIA = i \text{ proces} + [\text{som venter}] + \text{som transporteres}$$

Hvis systemet er afbalanceret, og der derfor ikke eksisterer kø samt at der ses bort fra transportens ringe betydning, jvf. også tidligere, så er VIA i det deterministisk tilfælde lig med det antal emner som på et givet tidspunkt befinder sig ved de enkelte maskiner K i produktionssystemet under forudsætning af at alle maskinenheder anvendes eller, jvf. også Sellstedt (1996b,p 25):

$$VIA \approx K \quad (6:22)$$

Beregnes dette i eksemplet her, idet begge emner hver anvender 6 maskiner fordelt på et forskelligt antal processer, fås:

$$VIA_1 \approx 6 \text{ stk.} \quad (6:23)$$

$$VIA_2 \approx 36 \text{ stk.} \quad (6:24)$$

For at sikre, at VIA i simuleringen ikke vokser ud over alle grænser, forudsættes det at $\lambda < \mu$, altså at loadingtiden for palletterne er mindre end procestiden for palletterne. Helt automatisk ville pladsen på MHS også sætte en øvre grænse herfor.

Dermed bliver VIA i realiteten bestemt af loadingtiden eller loadingfilosofien i et givet produktionssystem. Problemet ved denne deterministiske beregningsform er, at den ikke tager hensyn til variationer over tiden.

På samme måde som tidligere vedrørende summen af de enkelte procestider, kan der heller ikke her siges noget om hvilken sandsynlighedsfordeling VIA følger i det stokastisk tilfælde.

FORVENTNING AF KAPACITETSUDNYTTELSEN:

Kapacitetsudnyttelsen i et samlet produktionssystem med flere maskiner, må nødvendigvis bygge på det antal palletter som kan gå igennem systemet *uden*, at leadtid og VIA vokser ud over alle grænser, jvf. også Sellstedt (1994b). Da dette er en gennemsnitsbetragtning, foretaget på tidspunktet hvor genereringen af nye palletter stopper, betyder dette ikke, at der ikke igennem simuleringen *på et eller andet tidspunkt*, har været kø til en given proces. GPSS-programmet er opbygget således, at procesbehandlingen af emnerne fortsætter indtil der ikke er flere palletter i FMS-systemet, dvs at VIA er nul.

Både under deterministiske som stokastiske forhold kan den maksimale kapacitet ρ i tilfælde af anvendelsen af flere maskiner, f.eks. i et serieforbundet produktionssystem, bestemmes via kvoten mellem ankomsttiden og den laveste bearbejdningstid.

For det deterministiske tilfælde kan også skrives, jvf. Sellstedt (1994b, p 14) som:

$$\rho = \left[\frac{\lambda}{\text{Min } \mu_k} \right] \quad \text{hvor } k = 1, 2, 3, \dots, K \quad (6:25)$$

Igen skal gælde at $\lambda < \mu_k$. Dermed ses at det er den maskine - i blandt flere maskiner - som har den længste procestid per styk eller som giver den laveste værdi af ρ der afgør den maksimale kapacitet i et samlet produktionssystem. Er der flere maskiner med den samme højeste procestid, er den *første maskine i processen* som er afgørende. Anvendes denne betragtning på systemet her, er det igen EMC-afgratningen for emne 1 vedkommende og SPC-målingen for emne 2 som kommer til at bestemme den maksimale kapacitetsudnyttelse. Dermed kan kapacitetsudnyttelsen beregnes til:

$$\rho_1^{EMC} = \frac{0.0485}{0.1176} = 0.41 \quad (6:26)$$

$$\rho_2^{SPC} = \frac{0.0243}{0.0278} = 0.87 \quad (6:27)$$

I output fra GPSS-programmet fås udnyttelsesgraden på samtlige maskiner. Dog vil de resterende udnyttelsesgrader være mindre end den beregnede ovenfor. De forskellige udnyttelsesgrader anvendes også til beregning af omkostninger for ikke-udnyttet kapacitet.

I et samlet produktionssystem gælder det således om, at få bearbejdningssintensitet i alle maskiner i produktionssystemet til at ligge så tæt som mulig på ankomstintensiteten for dermed, at få den bedste totale gennemsnitlige udnyttelse af samtlige maskinenheder og dermed det mest tidsafbalancerede system. For kalkylens vedkommende, vil dette også betyde, at NAA-omkostninger konverteres til VAA-omkostninger.

Også her gælder, at der ikke kan siges noget om de stokastiske forhold, idet udnyttelsen af hele systemet er *forskellig fra summen* af udnyttelsen for hver enkelte maskine ved en given sandsynlighedsfordeling.

STATISTISK ANALYSE FRA RUN TIL RUN I GPSS:

Ud over de enkelte IAT-tider, kan der også i GPSS-programmet beregnes et samlet gennemsnit samt et 95% konfidensinterval og en standardafvigelse. Disse statistiske størrelser beregnes over det ønskede antal run i GPSS, her 25 og efter *t-fordelingen*. Årsagen til at anvende *t-fordelingen* er, at σ^2 , dvs. standardafvigelsen på populationen i praksis ofte ikke er kendt. Denne erstattes derfor af stikprøvens standardafvigelse $s^{2,8)}$

Det generelle udtryk for et konfidensinterval for *t-fordelingen* udtrykkes som:

$$\bar{x} - t_{(n-1, \alpha/2)} \cdot (s/\sqrt{n}) \leq \mu \leq \bar{x} + t_{(n-1, \alpha/2)} \cdot (s/\sqrt{n}) \quad (6:28)$$

Med et konfidensinterval på 95% samt værdien for 25 run fås:

$$\bar{x} - t_{(25-1, 0.0025)} \cdot (s/\sqrt{25}) \leq \mu \leq \bar{x} + t_{(25-1, 0.0025)} \cdot (s/\sqrt{25}) \quad (6:29)$$

Heraf ses, at ved en forøgelse af antallet af run indsnævres grænserne for μ . Er antallet af run større end 25, kan normalfordelingen anvendes som approksimation, jvf. Kmenta (1986, p 143).

FORVENTNING PÅ PRODUKTOMKOSTNINGER:

8) Standardafvigelsen s beregnes i GPSS som $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$. Denne standardafvigelse må ikke forveksles med den standardafvigelse som anvendes som moment i en given fordeling, f.eks. ved Erlangfordelingen. Sidstnævnte er konstant hvorimod den første ændre sig efter antallet af run.

Det skal også påpege, at alle analytiske løsninger beskrevet ovenfor med hensyn til forventning og varians, i realiteten forudsætter en »steady-state-tilstand« i simuleringsmæssig forstand. Dette betyder at man i realiteten *burde simulere* over et meget langt tidsinterval, i realiteten et uendeligt tidsrum $t \rightarrow \infty$. I simuleringerne her forudsættes som tidligere anført, at simuleringen foregår over 1152 minutter, hvorefter der sker et setdown for igen at starte simuleringen op ved tidspunkt $t=1440$.

6.3 Test af den Givne Volumestørrelse fra IBMJ

I dette afsnit gøres en test af den givne anlægsdimension og med den volumenstørrelse som blev anvendt da IBMJ's celle var i anvendelse. Dette betyder, at A-ANPA & B-ANPA er sat til 2.8 svarende til 56 palletter af emne 1 og 28 palletter af emne 2. Hvert stokastisk alternativ er simuleret 25 gange, hvorimod det deterministiske alternativ i princippet kun behøves at blive simuleret én gang⁹⁾. Der er beregnet et gennemsnit for de 25 run i det stokastiske tilfælde med et konfidensinterval på 95%, baseret på *t-fordelingen*.

Da de statistiske test for antal palletter og kapacitetsudnyttelse ikke kan beregnes på en enkelt måde i samme GPSS-program som f.eks. stykomkostninger og sluttider for VIA, er der af praktiske grunde anvendt tre GPSS-programmer med hver sit outputmodul. Programmerne er dog kopier af samme produktionsflow, blot er de ikke nødvendige dele taget ud af programmerne¹⁰⁾.

Ved alle simuleringer er forudsat at genereringen af emner stopper præcist på $t=1152$, men at VIA bearbejdes færdigt senest ved $t=1440$. At VIA skal være færdigt inden $t=1440$, er derfor den eneste reelle restriktion i samtlige simuleringer. Derfor sker sammeligning mellem det deterministiske og stokastiske tilfælde *alene ud fra den forudsætning*, at VIA skal være afsluttet senest i $t=1440$, hvilket betyder, at den maksimale kombination af antal palletter ofte er forskellig ved de to tilfælde, fordi stokastikken har en vis effekt idet stokastiske tilfælde.

6.3.1 Udvalgte Præstationsparametre

I resten af dette afsnit vises resultatet af de udvalgte præstationsparametre som er anvendt som grundlag for hvordan produktionssystemet hos IBMJ fungerede.

SIMULERINGSRESULTAT FOR ANTAL PALLETTER:

9)Principelt bør der ikke være forskel ved flere run i deterministiske tilfælde. Dog kan der opstå variationer, såfremt der i programmet er indsat en eller flere statistiske »goto-statements«. Da sådanne også indgår i programmet her er disse nulstillet i det deterministiske tilfælde.

10)I første trin testes det antal mulige maksimale antal palletter som kan gå i gennem produktionssystemet således, at VIA=0 senest på tidspunkt, $t=1440$. I andet trin testes procestider, leadtider, etc ved dette maksimale antal palletter. I tredje trin beregnes i en omkostningsmatrise samtlige stykomkostninger, venteomkostninger etc., for samtlige maskiner og cost pools.

Nedenfor er vist resultatet af test for antal palletter for emne 1 og emne 2.

Deterministisk Tilfælde:

$$Pal_1 = 56 \quad (6:30)$$

$$Pal_2 = 28 \quad (6:31)$$

Stokastisk Tilfælde:

For at danne sig et indtryk af hvilken betydning antal run har for konfidensintervallets grænse, er nedenfor i tabel 6-7 vist denne udvikling over et antal run.

TABEL 6-7
ØVRE OG NEDRE GRÆNSE FOR ANTAL PALLETTER
NÅR ANTALLET AF RUN VARIERES

EMNE 1:	Stokastisk ($N - G \leq \mu \leq \emptyset - G$)	Std.
Efter 2 Run	$37.4 \leq 56.5 \leq 75.6$	2.12
Efter 5 Run	$53.5 \leq 56.4 \leq 59.3$	2.30
Efter 10 Run	$54.8 \leq 56.3 \leq 57.9$	2.16
Efter 25 Run	$55.1 \leq 56.0 \leq 57.0$	2.37
Efter 50 Run	$55.5 \leq 56.2 \leq 56.8$	2.18
EMNE 2:	Stokastisk ($N - G \leq \mu \leq \emptyset - G$)	Std.
Efter 2 Run	$22.2 \leq 28.5 \leq 34.9$	0.71
Efter 5 Run	$26.3 \leq 28.4 \leq 30.5$	1.67
Efter 10 Run	$27.6 \leq 29.1 \leq 30.6$	2.13
Efter 25 Run	$27.6 \leq 28.5 \leq 29.4$	2.14
Efter 50 Run	$27.7 \leq 28.3 \leq 28.8$	1.93

Som det ses formindskes grænserne - nedre grænse (N-G) og øvre grænse (Ø-G) for μ , efterhånden som antallet af run forøges dog med relative små differencer mellem det 25. og det 50. run. Sammenlignes over til det deterministiske tilfælde ovenfor fremgår, at der ikke er væsentlige variationerne i resultaterne. Dette skyldes bl.a., at der på nuværende tidspunkt ikke er trængsel eller kødannelser i systemet.

SIMULERINGSRESULTAT FOR INDIVIDUELLE PROCESTIDER:

Nedenfor i tabel 6-8 er vist de *forskellige separate og fælles procestiders* forventning, konfidensinterval og standardafvigelse, såvel i det stokastiske som i det deterministiske tilfælde.

TABEL 6-8
SEPARATE OG FÆLLES PROCESTIDER

EMNE 1:	Stokastisk ($N - G \leq \mu \leq \emptyset - G$)	Std.	Deterministisk
NC-Bearbejdning (2 Mask)	$9.7 \leq 9.9 \leq 10.1$	0.49	10.0
ECM-Afgratning	$8.2 \leq 8.4 \leq 8.5$	0.29	8.5
Vask	$3.9 \leq 4.0 \leq 4.1$	0.19	4.0
Assemblering	$8.2 \leq 8.4 \leq 8.6$	0.45	8.5
Måling	$8.4 \leq 8.5 \leq 8.6$	0.32	8.5
TOTAL PROCESTID	$38.9 \leq 39.2 \leq 39.5$	0.75	39.5
EMNE 2:	Stokastisk ($N - G \leq \mu \leq \emptyset - G$)	Std.	Deterministisk
NC-Bearbejdning (4 Mask)	$76.2 \leq 78.4 \leq 80.7$	5.49	76.0
Fin-Bearbejdning (2 Mask)	$11.6 \leq 12.0 \leq 12.3$	0.89	12.0
TOTAL PROCESTID	$88.1 \leq 90.4 \leq 92.6$	5.42	88.0
FÆLLES:	Stokastisk ($N - G \leq \mu \leq \emptyset - G$)	Std.	Deterministisk
Loading/Unloading	$26.9 \leq 27.7 \leq 27.4$	0.7	27.4
SPC-MÅLING	$31.5 \leq 32.5 \leq 33.3$	2.6	32.0

Også her ses, at indtil videre er der ingen væsentlige forskelle mellem det stokastiske og deterministiske udgangspunkt.

SIMULERINGSRESULTAT FOR LEADTIDEN:

For leadtidernes vedkommende er disse i simuleringen målt som det tidspunkt hvor emnerne går *ind* i loading og til de *forlader* unloading.

Deterministisk Tilfælde:

$$LT_1^{Dete} = 86.8 \quad (6:32)$$

$$LT_2^{Dete} = 198.2 \quad (6:33)$$

Stokastisk Tilfælde:

$$E(LT_1^{Stok}) = 92.4 \leq 94.8 \leq 97.2(Std.5.85) \quad (6:34)$$

$$E(LT_2^{Stok}) = 219.9 \leq 226.8 \leq 233.7(Std.16.71) \quad (6:35)$$

Som det kan ses er leadtiden i det stokastiske tilfælde ca. 10% højere ved emne 1 og ca. 15% ved emne 2 end i det deterministiske tilfælde, hvilket skyldes variationen i det stokastiske tilfælde.

Sammenlignes derimod mellem den *totale procestid* og den *totale leadtid* såvel i det stokastiske tilfælde som i det deterministiske tilfælde, kan det konkluderes, at leadtiden for begge emner, ca. 2.2-2.5 gange større end den rene procestid, hvilket indikerer, at der er mulighed for at reducere NAA. Allerede her ses, at variationen begynder, at få en vis indflydelse på gennemløbstiden. Forskellen skyldes alene loading/unloading samt transporten mellem maskinerne.

Da loading/unloading samt transport normalt betragtes som »Non-Value-Added-Activities«, eksisterer der derfor gode muligheder for at fortage tiltag som kan reducere NAA uden at det går ud kvaliteten og tolerancen af emnerne.

SIMULERINGSRESULTAT FOR VIA:

I stedet for at vise VIA ved samtlige processer, er der her - og i de efterfølgende simuleringer - blot vist den samlede størrelse af VIA. VIA er målt som antallet af de palletter som befinder sig i systemet på tidspunktet hvor genereringen af palletter stopper, dvs., når $t=1152$.

Deterministisk Tilfælde:

$$VIA_1^{Dete} = 4 \quad (6:36)$$

$$VIA_2^{Dete} = 5 \quad (6:37)$$

Stokastisk Tilfælde:

$$E(VIA_1^{Stok}) = 4.3 \leq 4.6 \leq 4.9(Std.0.76) \quad (6:38)$$

$$E(VIA_2^{Stok}) = 6.0 \leq 6.5 \leq 7.1(Std.1.3) \quad (6:39)$$

Som det kan bemærkes, eksisterer der heller ingen væsentlig forskelle mellem et deterministisk og stokastiske tilfælde for VIA. Dette skyldes igen den forholdsvis stabile og lave udnyttelse af hele cellen og at der en vis buffer tilstede. Der sker derfor ingen »kædereaktion« for processerne mellem maskinenhederne i FMS/CIM-cellen selvom disse er bundet sammen tidsmæssigt.

SIMULERINGSRESULTAT AF KAPACITETSUDNYTTELSE:

Nedenfor i tabel 6-9 er vist kapacitetsudnyttelsen for hver maskine for det oprindelig udgangspunkt hos IBMJ.

TABEL 6-9
KAPACITETSUDNYTTELSE FOR MASKINER

EMNE 1:	Stokastisk ($N - G \leq \mu \leq \emptyset - G$)	Std.	Deterministisk
NC-Bearbejdning (2 Mask.)	$19.6 \leq 20.2 \leq 20.8$	1.46	21.1
ECM-Afgratning	$33.1 \leq 33.9 \leq 34.6$	1.84	35.9
Vask	$15.8 \leq 16.3 \leq 16.9$	1.33	16.9
Assemblering	$33.6 \leq 34.4 \leq 35.3$	1.99	35.9
Måling	$37.5 \leq 38.7 \leq 40.0$	3.03	35.9
EMNE 2:	Stokastisk ($N - G \leq \mu \leq \emptyset - G$)	Std.	Deterministisk
NC-Bearbejdning (4 Mask.)	$38.9 \leq 40.5 \leq 42.0$	3.76	40.1
Fin Bearbejdning (2 Mask.)	$11.9 \leq 12.3 \leq 12.8$	1.14	12.7
FÆLLES:	Stokastisk ($N - G \leq \mu \leq \emptyset - G$)	Std.	Deterministisk
Loading/Unloading	$46.8 \leq 47.5 \leq 48.2$	1.80	49.6
SPC-Måling	$76.2 \leq 78.0 \leq 79.8$	4.42	82.0

Således kan det ses, at udnyttelsen for samtlige separate maskiner *ligger under 50%*, hvorimod udnyttelsen for loading/unloading er tæt på 50%, både i det deterministiske og i det stokastiske tilfælde. Dette er de præcise kapacitetsudnyttelsesprocenter, og må betegnes som en vigtig information for et samlet produktionssystem. Der eksisterer derfor mulighed for, at supplere med nye emnetyper til de maskiner som kun udnyttes omkring 50%. En anden mulighed er også at reducere kapaciteten og dermed også reducere de direkte bearbejdningssomkostninger¹¹⁾.

Største udnyttelse har SPC-målingen med 78% i det stokastiske og 82% i det deterministiske tilfælde. Den høje udnyttelse skyldes, at denne dels er en fællesmaskine, dels at begge emnetyper har forholdsvis høje procestider på denne maskine. Selvom der således stadig er ca. 11-12% tilbage, betyder det dog *ikke*, at man uden videre blot kan forøge

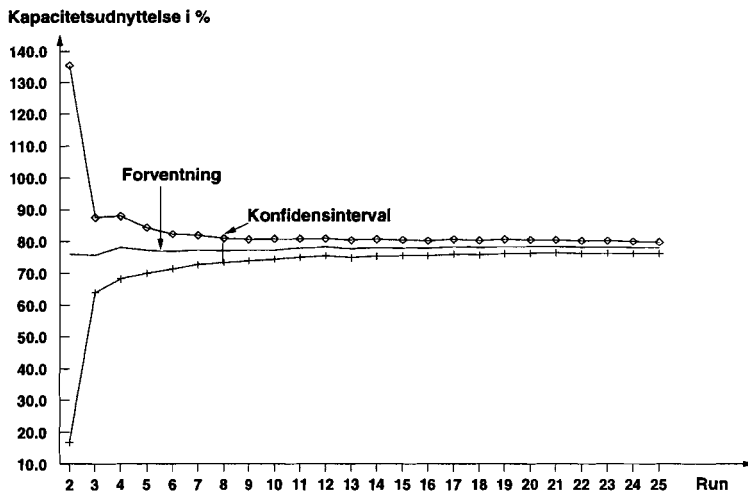
11)I den aktuelle *fysiske og praktiske* mening anses loading- og unloadingområdet hos IBMJ ikke som en flaskehals, idet en operatørs arbejdsintensitet blot forøges hvis det er påkrævet (dog indenfor visse grænser). Kan dette ikke lade sig gøre indsættes en ekstra operatør. I *programmæssig henseende* er man dog nød til, at vælge en given arbejdsintensitet for at få en tilpasning til resten af programmet. Dette er også gjort her.

udnyttelsen ved at forøge volumen tilsvarende. Skulle SPC-målingen udnyttes helt op til, eller i nærheden af kapacitetsgrænsen på 100%, ville dette betyde, at antallet af loadings, dvs. A- og B-ANPA forøges væsentligt mere end de 11-12% for at sikre at der konstant stod en ny pallet klar foran SPC-målingen. SPC-målingen karakteriseres her derfor som »*en potential eller hvilende flaskehals*«. Både stokastikken, den tvungne routing samt transporttiden på MHS har indflydelse på kapacitetsudnyttelsen.

For NC-bearbejdningen for begge emner samt for Fin-bearbejdningen for emne 2 er antallet af maskiner henholdsvis 2, 4 og 2. Dette er dermed også de *eneste steder* hvor der er mulighed for at reducere antallet af maskiner og dermed nedsætte kapaciteten, såfremt man skulle bibeholde samme type processer og routing¹²⁾.

Da udnyttelse for SPC-målingen svinger relativt meget mellem de enkelte run, er også her i nedenstående figur 6-1 vist resultatet for udvalgte stokastiske run.

FIGUR 6-1
UDNYTTELSE FOR SPC-MÅLING MELLEM HVERT RUN



Heraf ses at simuleres kun ganske få gange, f.eks. fire, fås forholdsvis høje udsving i udnyttelsesgraden, hvorved man visuelt kunne få det indtryk, at udnyttelsen er langt større end tilfældet reelt er. Dette aftager og stabiliserer sig omkring 78% efterhånden som antallet af run forøges. Stabiliseringen af kapaciteten ved en forøgelse af antal run, kunne også fortolkes som, at der sker en vis »*teknisk indlæringseffekt*« over tiden.

12) Ofte tænkes ikke på muligheden for at reducere kapaciteten, men blot at forøge kapaciteten ved at investere i nye maskiner.

Da virksomheden opererer med en justeringstid på 20%, svarende til 288 minutter af hvert døgn, er det samtidig vigtig, at vide hvornår de sidste palletter er kommet ud af produktionssystemet således at VIA er nul. Dette skal ske inden næste skift sættes igang.

I nedenstående tabel 6-10 er dette beregnet.

TABEL 6-10
SLUTTIDSPUNKT FOR VIA

EMNE:	Stokastisk ($N - G \leq \mu \leq \emptyset - G$)	Std.	Deterministisk
Emne 1	$1223.0 \leq 1238.2 \leq 1253.4$	36.9	1215.9
Emne 2	$1263.2 \leq 1381.4 \leq 1399.6$	44.1	1326.2

Som det fremgår - og måske kunne forventes - er det emne 2 som sidst forlader produktionssystemet hvorved VIA for emne 2 først bliver nul i $t=1326.2$ i det deterministiske tilfælde mod $t=1381.4$ i det stokastisk tilfælde.

6.3.2 Stykomkostninger

I figur 6-2 og figur 6-3 nedenfor, er vist de totale gennemsnitlige stykomkostninger for emne 1 og emne 2, dels efter IBMJ's model, dels estimeret via OSM i overensstemmelse med processtatistikken ovenfor. Alle estimationer er foretaget på diskrete tidspunkter, dvs for hvert døgn. De stiplede intervaller, illustrerer at der foretages en justering. Dette svarer til måden stykomkostningerne blev set på hos IBMJ.

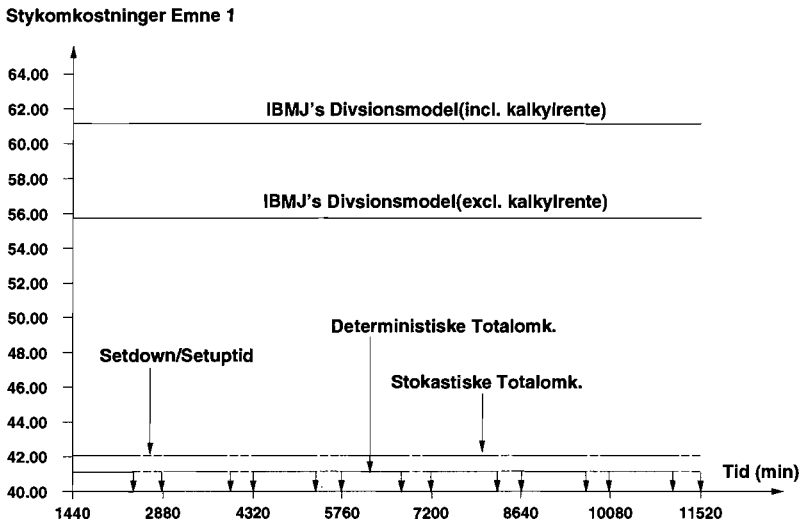
Der genereres ingen »nye omkostninger« i setdown eller setuptiden, dvs. fra $t=1152$ til $t=1440$. Det er kun et spørgsmål om at få omkostninger for allerede eksisterende ressourcer påalignet de evt. VIA som afsluttes.

Selvom IBMJ som tidligere anført *ikke* anvender nogen kalkylerente er det for sammenligningens skyld valgt også at vise IBMJ's beregninger såvel med som uden en kalkylerente. Denne er her sat til 10%, det samme som i simuleringerne¹³⁾. Kalkylerenteomkostningen for emne 1 udgør ca. 6 kr. per styk det første år.

Det kan konstateres, at for emne 1's vedkommende jvf. figur 6-2, har virksomheden *overvurderet* omkostningerne både i forhold til det deterministiske som i forhold til det

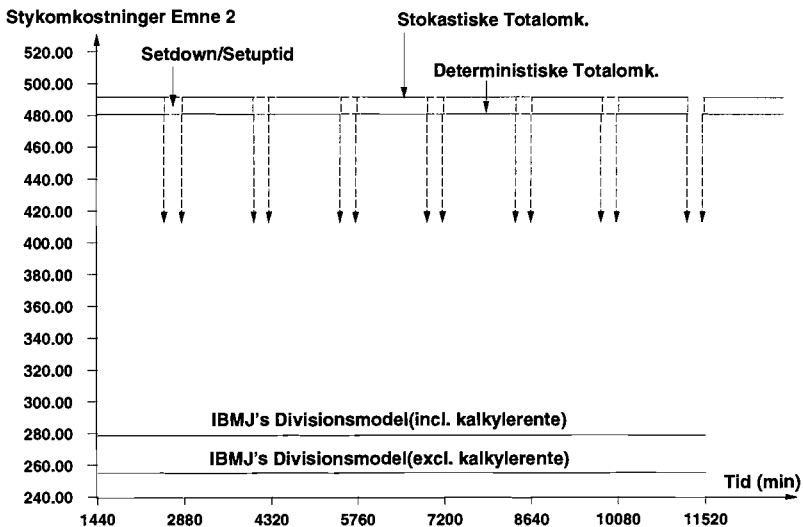
¹³⁾Kalkylerentomkostninger hos IBMJ er beregnet ud fra investeringsudgiften til de 2 emnetyper hver for sig. Størrelsen på kalkylerenten kunne i realiteten være en variabel, som kunne testes på ligefod med andre variable. Dette er ikke gjort her.

FIGUR 6-2
TOTALE STYKOMKOSTNINGER FOR EMNE 1 FRA OSM OG IBMJ



stokastiske tilfælde, når der sammenlignes til OSM. Endvidere kan det konstateres at stokastikken kun spiller en mindre rolle omkostningsmæssigt under den givne anlægsdimension og de givne forudsætninger.

FIGUR 6-3
TOTALE STYKOMKOSTNINGER FOR EMNE 2 FRA OSM OG IBMJ



For emne 2's vedkommende *undervurderes* omkostningerne hos IBMJ i relation til de simulerede omkostninger i væsentlig omfang, jvf. figur 6-3. Altså modsat emne 1. Endvidere kan det konstateres, at IBMJ's egen kalkylefilosofi såvel med, som uden kalkylerente, *kun i ringe grad* matcher de mere eksakte tal fra simuleringsmodellen som hviler på det eksakte ressourceforbrug.

Nedenfor i tabel 6-11 er vist de totale deterministiske stykomkostninger under den oprindelige anlægs- og volumendimension hos IBMJ, sammen med udnyttelsesprocenten for de respektive maskiner, alt sammen som dette er beregnet i OSM. Endelige er beregnet de samlede ikke-udnyttede kapacitetsomkostninger.

TABEL 6-11
DETERMINISTISKE STYKOMKOSTNINGER OG
OMKOSTNINGER FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET

Emne 1:		Total
Stykomkostninger		41.07 Kr.
Område	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
NC-Bearbejdning	21.1%	4,647.93
EMC-Afgratning	35.9%	1,328.61
Vask & Rengøring	16.9%	906.55
Assemblering	35.9%	559.42
Måling	35.9%	559.42
OMK. FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET EMNE 1		8,001.93
Emne 2:		Total
Stykomkostninger		480.88 Kr.
Område	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
NC-Bearbejdning	40.1%	6,534.59
Finbearbejdning	12.7%	3,047.56
OMK. FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET EMNE 2		9,582.15
Fællesmaskiner:	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
Loading/Unloading	49.6%	274.91
SPC-Måling	82.0%	628.36

En af grundene til de forholdsvise store forskelle mellem OSM og IBMJ's stykomkostninger er den meget skabelonsagtige kalkulationsmodel hos IBMJ. Stykomkostningen hos IBMJ er - som beskrevet i kapitel 4 - blot summen af alle omkostningsarter for det enkelte produkt divideret med volumestørrelsen på dette produkt.

I modsætning hertil beregnes i OSM produktomkostningerne som en funktion af det faktiske forbrug af samtlige indsatte ressourcer. Endvidere udskilles også omkostninger for de ikke-udnyttede ressourcer¹⁴⁾.

Ses samlet på resultatet af de to modeller, sker der dermed en *omkostningssubvention* mellem de to emnetyper efter IBMJ's model. Emne 1 kommer til at bære en for stor del af de omkostninger, som retmæssigt burde belaste emne 2. Da emne 2 er relativt mere kompleks, kræver flere processer og produceres i langt mindre volumestørrelse end emne 1, burde dette - efter de ressourcemæssige forhold - også bære en langt større del af omkostningsmassen som tilfældet har vist i OSM.

Det fremgår også af *kalkylelayoutet*, at det koster 8,001.93 kr. for den ikke-udnyttede kapacitet for emne 1 og 9,582.15 kr. for emne 2 samt 903.27 kr. ialt for de ikke-benyttede fællesmaskiner, penge som kunne spares eller anvendes på andre produkter. Der er således gode muligheder for - f.eks. via en forøgelse af volumen, eller via en inddragelse af nye produkter - at få disse omkostninger reduceret eller konverteret til aktiv produktion. Denne type af omkostninger fremgår ikke af IBMJ's kalkulationsmodel.

Endelig skal påpeges, at de ikke-udnyttede omkostninger for loading og unloading nogenlunde er konstante ved samtlige simuleringer, hvorfor de ikke spiller nogen væsentlig rolle.

Nedenfor i tabel 6-12 er tilsvarende vist de stokastiske stykomkostninger med tilhørende informationer. Den eneste væsentligste forskel mellem det deterministiske og stokastiske tilfælde er størrelsen på stykomkostningerne for emne 2.

Sammenlignes over til det deterministiske tilfælde er der kun mindre afvigelser. Det ses dog, at stykomkostninger for emne 1 under stokastiske forudsætninger svinger mellem 41.25 kr. og 42.77 kr., svarende til en standardafvigelse på 1.8, og for emne 2 mellem 482.36 kr. og 500.50 kr., eller en standardafvigelse på 22.0. Forskellen i standardafvigelsen på stykomkostningerne for emne 1 og emne 2 skyldes, den større kompleksitet i processen for emne 2¹⁵⁾. Kan variansen i processen nedsættes, kan også variansen på de stokastiske stykomkostninger formindskes. Dette kan f.eks. ske ved indsættelse af flere maskiner, et ændret flow for routing eller en opsplitning af én proces i flere del-processer med mindre varians.

14) Denne type af omkostningsmodel er særdeles velkendt i tysk teori og bl.a. beskrevet af Gutenberg (1983) og Heinen (1985). I amerikansk teori betegnes denne type af funktion ofte som en »hedonisk produktions- eller omkostningsfunktion«. Se f.eks. Baily & Friedlaender (1982, p. 1034).

15) Cooper og Kaplan (1991b) taler om at gøre processen mindre kompleks via DFM (Design for Manufacturability), dog uden at sætte noget mål herfor. Standardafvigelsen og variationen i stykomkostningerne, som de er beregnet her, giver et vis estimat for hvor godt dette mål er nået og kunne derfor anses for at være et benchmark for DFM.

TABEL 6-12
STOKASTISKE STYKOMKOSTNINGER OG
OMKOSTNINGER FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET

Emne 1:	Forventning	Std.
Stykomkostninger:		1.8
Nedre Grænse	41.25	
Forventning	42.00	
Øvre Grænse	42.77	
Område	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
NC-Bearbejdning	20.2	4,700.95
EMC-Afgratning	33.8	1,372.14
Vask & Rengøring	16.3	913.09
Assemblering	34.2	574.26
Måling	34.4	572.51
TOTAL OMK. FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET EMNE 1		8,132.95
Emne 2:	Forventning	Std.
Stykomkostninger:		22.0
Nedre Grænse	482.36	
Forventning	491.42	
Øvre Grænse	500.50	
Område	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
NC-Bearbejdning	40.5	6,490.95
Finbearbejdning	12.3	3,061.53
TOTAL OMK. FOR IKKE UDNYTTET KAP. EMNE 2		9,552.48
Fællesmaskiner:	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
Loading/Unloading	47.5	286.37
SPC-Måling	78.0	768.00

Nedenfor er beregnet »economies of scope« effekten eller samordningsfordelen for FMS/CIM-cellen for det deterministiske og stokastiske tilfælde efter følgende formel, jvf. også afsnit 5.3.3:

$$S_c = \frac{C(Y_1, 0) + C(0, Y_2) - C(Y_1, Y_2)}{C(Y_1, Y_2)} \quad (6:40)$$

Hvis $S_c^{Dete} > 0$ siges at *samordningsfordelene er større end specialiseringsfordelene*, hvorimod hvis $S_c^{Dete} < 0$ siges at *specialiseringsfordelene er større end samordningsfordelene*.

$C(Y_1, 0)$ er beregnet ved udelukkende at simulere den volumenstørrelse for emne 1 som er gældende, f.eks. i det deterministiske tilfælde og heraf aflæse resultatet for stykomkostningerne for emne 1. Disse er herefter multipliceret med volumenstørrelsen. Tilsvarende er

gjort for emne 2. $C(Y_1, Y_2)$ er omkostningerne i det simultane tilfælde, som er angivet i tabel 6-11 og tabel 6-12 under det deterministiske og stokastiske tilfælde. Disse er herefter også multipliceret med volumenstørrelsen for disse tilfælde.

Dette giver følgende resultater for det deterministiske og stokastiske tilfælde:

$$S_c^{Dete} = \frac{42.282,24 + 58.560,28 - 90.657,28}{90.057,28} = 0.11 \quad (6:41)$$

$$S_c^{Stok} = \frac{42.219,52 + 59.306,22 - 93.653,88}{93.653,88} = 0.08 \quad (6:42)$$

I begge tilfælde ses, at samordningsfordelen er større end specialiseringsfordelen for den nuværende FMS/CIM-celle under de givne forudsætninger altså, at det har været en fordel for IBMJ, at anvende ét samlet og integreret produktionssystem i stedet for separate maskiner til produktionen af de to emner. Grunden hertil er bl.a., at begge emner anvender en fællesmaskiner.

Sammenlignes over til de *statistiske og køteoretiske resultater* i afsnit 6-2, kan det ses, at for antal palletter, totale procestider for begge emner, VIA samt udnyttelsen, svarer disse stort set til de statistiske og køteoretiske størrelser. Derimod er der væsentlig forskel for leadtidernes vedkommende. Dette hænger sammen med, at simuleringen i stort omfang afspejler det konkrete forløb over tiden i det konkrete produktionssystem, med de muligheder og tilfældigheder der her eksisterer med hensyn til bearbejdning og transport, hvorimod de statistiske størrelser er statiske og optimale størrelser, som reelt kun kan nås, hvis man simulerer uendelig lang tid.

Sammenfatningsmæssigt for afsnit 6.3 kan det fastslås,

- at det via simuleringen har været muligt præcist at estimere ressourcforbruget til de to emnetyper samt at det via OSM også har været muligt at beregne de eksakte styk-omkostninger, givet den valgte omkostningsmodel som denne er defineret i OSM,
- at det har været muligt, via OSM at fremskaffe oplysninger om forskellige præstationsparametre herunder bl.a. procestid og leadtid samt omkostninger for den ikke-udnyttede kapacitet. Ingen af disse forhold blev beregnet i IBMJ's model,
- at stykomkostningerne for emne 1 er overvurderet og at stykomkostningerne for emne 2 er undervurderet hos IBMJ, og
- at alle separate maskiner kun har været udnyttet op til ca. 50% af kapacitetsgrænsen.

Konklusionen er derfor, at der er mulig for at få en bedre udnyttelse af hele produktionssystemet og sandsynligvis også lavere stykomkostninger, hvis volumen forøges, eller hvis der sker en udvidelse af den »hvilende flaskehals« i produktionssystemet. Nedenfor i afsnit 6.4 skal første mulighed afprøves, hvorimod sidste mulighed afprøves i afsnit 6.5.

6.4 Simultan Test under den Givne Dimensionering

Som det ses af simuleringresultaterne ovenfor, eksisterer der en del ledig kapacitet på samtlige maskiner undtagen SPC-målingen. Spørgsmålet er, om det er muligt at forbedre kapacitetsudnyttelsen i FMS/CIM-cellen som helhed, ved at forøge genereringen af emner og samtidig evt. være i stand til at få lavere stykomkostninger. Ofte vil det forholde sig sådant, at selvom emne 2 slutter så sent som på $t=1440$, vil der - på grund af emne 1's forholdsvise kortere leadtid i forhold til emne 2 - kunne komme et vist antal palletter igennem af emne 1, medens VIA for emne 2 afsluttes.

Dette er testet ved at finde det maksimale antal palletter som kan komme igennem systemet og hvis sluttid ligger tættest på $t=1440$, hvorefter dette antal palletter holdes konstant. Herefter forøges antallet af palletter af det andet emne for at se hvornår sluttiden for det første emne påvirker sluttiden på det andet emne. På den måde sikres at man finder et maksimum af antal palletter for begge emner.

6.4.1 Udvalgte Præstationsparametre

For at kunne sammenligne, bl.a. stykomkostninger, er de samme kombinationer testet under deterministiske og stokastiske forudsætninger. Disse kombinationer er udvalgt sådan, at det maksimale tilfælde under deterministiske forudsætninger også testes under det stokastiske tilfælde og vice versa. I udgangssituationen er inputmålet via A-ANPA & B-ANPA som tidligere nævnt begge sat til 2.8 svarende til det oprindelig IBMJ-tilfælde. De forskellige kombinationer er vist i nedenstående tabel 6-13.

TABEL 6-13
SIMULTANE TESTKOMBINATIONER

Kombinationer	A-ANPA	B-ANPA
Fra	2.8	2.8
Til	4.0	3.4

Der er således tale om via simulering, at teste en ($N \times N$) matrice med stokastiske forudsætninger. Da outputtet derimod er to »uafhængige« resultatvariable eller præstationsparametre, som afbildes simultant med stykomkostningerne som den afhængige variabel, kan dette vises visuelt i et 3-D-diagram. For at få glatte kurver, er anvendt en statistisk udjævnningsteknik, kaldet *NExpo* (*Negativ Exponentially Smoothing*)¹⁶.

¹⁶Sådanne teknikker er indbygget i de fleste statistiske og grafiske softwarepakker, f.eks. i SYSTAT som er anvendt her.

Loadingintensiteten i simuleringen sker som nævnt via *inputparametren ANPA*, jvf. også ovenstående tabel 6-13. I 3-D-diagrammerne afbildes derimod i det stokastiske tilfælde det konkrete *antal outputpallerter*. Dette gøres fordi der under et stokastisk tilfælde, ofte vil være forskel i input og output på grund af variationen, hvilket ikke er tilfælde i det deterministiske tilfælde¹⁷⁾.

For at få en fornemmelse af de muligheder der foreligger i forbindelse med restriktionen for sluttiderne for VIA, er i nedenstående figur 6-4 og 6-5 vist resultatet for såvel det deterministiske som det stokastiske tilfælde for emne 1 og 2. De 3-D-diagrammer for sluttiden for VIA vises her som eneste gang, idet både sluttider for VIA samt antal pallerter indgår i de forskellige tabeller for præstationsparametrene.

Aflæsningen af figurene gøres på følgende måde. Tages f.eks. udgangspunkt i de deterministiske sluttiderne i tabel 6-14 fremgår her, at sluttiderne er henholdsvis 1212.4 for emne 1 for 79.0 pallerter, og 1433.0 for emne 2 for 32.0 pallerter. Ses på sluttiden for emne 1 i den øverste del af figur 6-4, er her afmærket de kurver som skærer hinanden i kombinationen (79.0:32.0). Gåes herefter lodret op ved kombinationen (79.0:32.0) i figuren, kommer man op til skæringspunktet mellem disse inde i planet. Aflæsningen på z-aksen er derimod mere problematisk. Det skyldes, at man ikke umiddelbart i et 3-D-diagram kan se, hvor langt inde i figuren et givet punkt er beliggende i forhold til grundfladen, som her er vist ved et »gitter«. Punktet er imidlertid her beliggende i en afstand svarende til den fuldt optrukne linie, dvs. fra hvor kurverne skærer hinanden oppe i planet og ned til bundfladen i gitteret, men kunne i princippet - uden at det kunne ses af figuren - også ligge i bundpunktet af den tilføjede stiplede linie. Herefter aflæses afstanden fra bundfladen op til punktet hvor *X- og Y-linierne* skære hinanden. Endelig skal denne afstand overføres på *Z-aksen*, hvorefter sluttiden kan aflæses direkte til at være omkring 1200 til 1220. Tilsvarende kan gøres for sluttiden for emne 2.

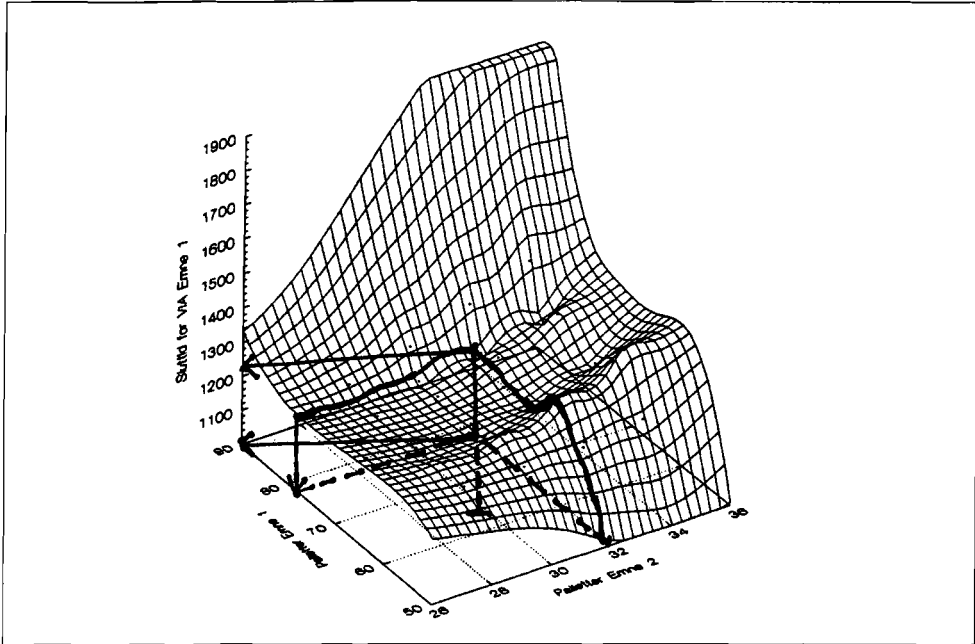
De 3-D-figurer giver dog et indblik i hvordan et givet *forløb er over et større interval* for to uafhængige variable, her de to emnetyper. Det som er vigtigt, er kurvernes udseende og forløb over disse intervaller¹⁸⁾.

Resultatet bygger på de ovenfor nævnte kombinationer af emne 1 og 2 og tæller i det stokastiske tilfælde her ialt 1400 simuleringer.

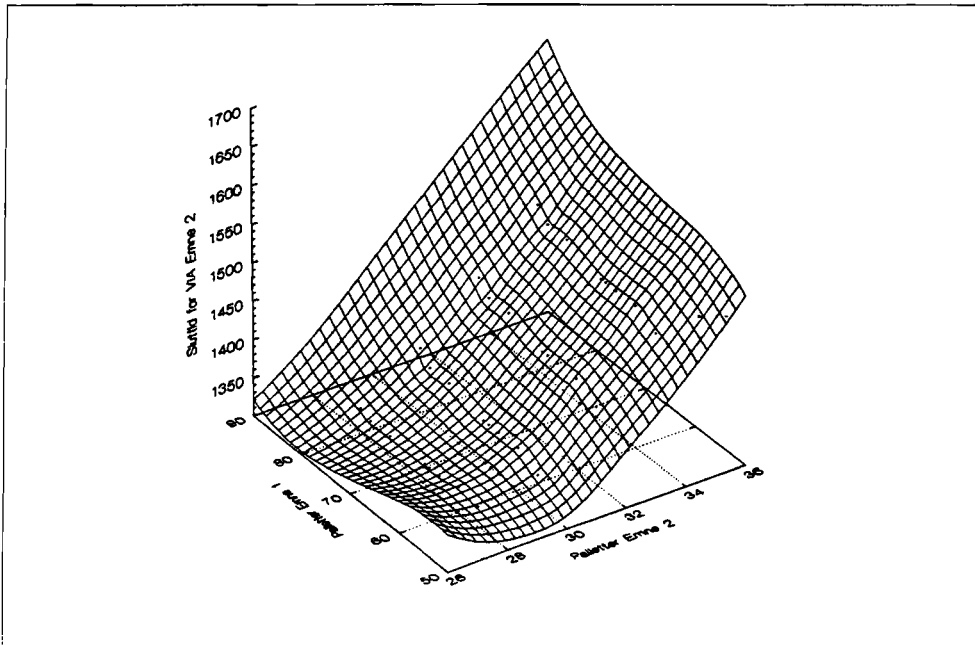
17) Det skal nævnes, at det kun er *approksimative* angivelser der kan opnås ved visuelt, at se på disse »cost surfaces«. Ønskes helt præcise estimater, kan den enkelte kombination testes, evt. i en omgivning af de visuelle stationære punkter.

18) Det kan tilføjes, at det er muligt at se de 3-D-figurer på en computerskærm fra forskellige vinkler, f.eks. inde fra, fra siden eller oppe fra. Derved kan også mere præcist aflæse de eksakte værdier på *Z-aksen*.

FIGUR 6-4
DETERMINISTISKE SLUTTIDER FOR VIA

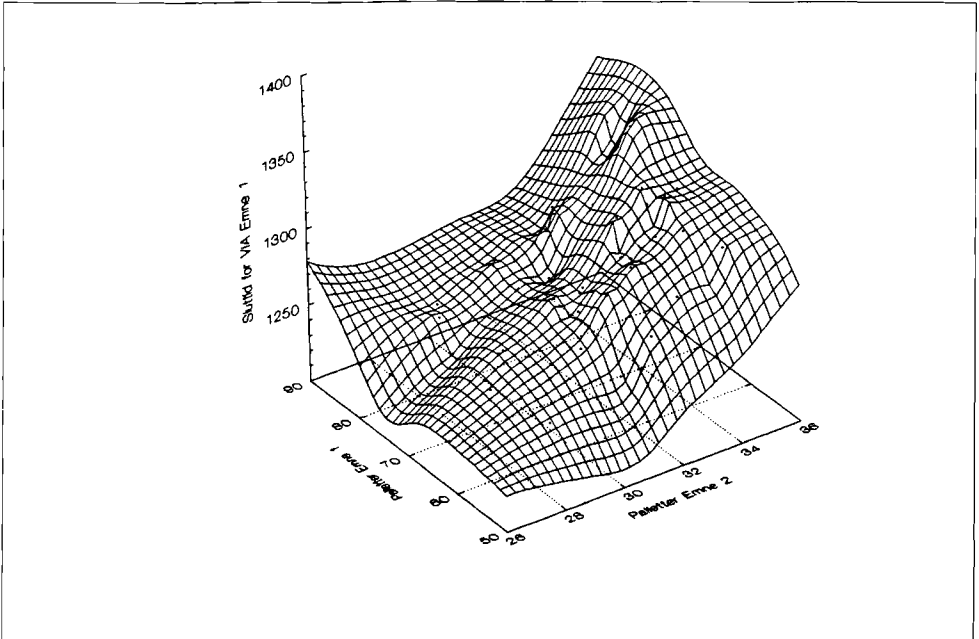


Emne 1

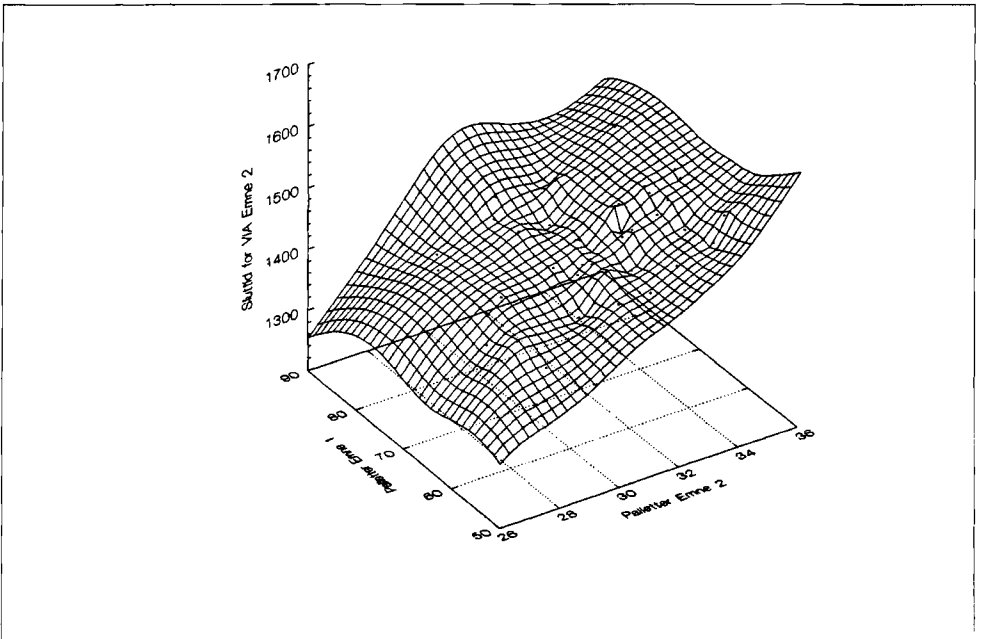


Emne 2

FIGUR 6-5
STOKASTISKE SLUTTIDER FOR VIA



Emne 1



Emne 2

Det ville også være muligt efter at simuleringerne er udført og kurverne indtegnet via *NExpo*, at konstruere et *tilnærmet matematisk udtryk* for disse funktioner af to variable. I så fald ville det også være muligt analytisk og dermed præcist at beregne evt lokale eller globale minima og maksima. Dette er ikke gjort her, idet det visuelle i kombinationen med simuleringen her i tilstrækkelig grad opfylder behovet for præcision.

At *anvende 3-D-diagrammer* er ikke blot muligt hvor der er tale om to produkter, men kan også bruges, f.eks. hvor der er tale om et produktmix med tilføjelse af et nyt produkt. I dette tilfælde kan det eksisterende produktmix holdes konstant og afbildes som den ene uafhængige variabel, medens det nye produkt kan afbildes som den anden uafhængige variabel. Det modsatte kunne også tænkes, at man ændrede i det eksisterende produktmix og holdt det nye produkt konstant. Dermed kan sådanne »pallet- eller cost surfaces« også virke som et planlægningsværktøj, ikke alene ved to-produkttilfældet, men også ved et multiproduktmix-problem.

Da samtlige kombinationer her er testet indenfor en forholdsvis snæver definitionsmængde, dvs. antal pallerter for de to emner, er der *ikke* tale om globale punkter. Derimod kan der ofte være tale om, at minimum og maksimum ligger i ekstrepunkterne, dvs. i starten eller slutningen af de værdierne som testes, også kaldet »*ekstremværdisætningen*«, jvf. Sydsæter (1987). Dvs., at der altid efter denne sætning vil eksistere mindst et minimums- og et maksimumspunkt for en given funktion af to variable, enten i det indre punkt af grafen eller som yderpunkter til grafen.

Et indre punkt (x_0, y_0) i graften f hvor begge de partielle afledede er 0, kaldes også et stationært punkt for f , uanset om der er tale om et minimums- eller maksimumspunkt.

Funktionssammenhængen i figurene kan generelt udtrykkes som:

$$z = f(x, y) \quad \text{for alle} \quad x, y \in [a, b]$$

eller i tilfældet her:

$$\text{Sluttid for VIA} = f(Pal_1, Pal_2) \quad \text{for alle} \quad Pal_1, Pal_2 \in [50, 90; 26, 36]$$

Da der er tale om sluttider for emne 1 og emne 2 samt for et deterministisk og stokastisk tilfælde, fås ialt 4 diagrammer for hver test. For samtlige simuleringstest gælder, som påpeget tidligere, at VIA skal være afsluttet senest på, $t=1440$.

Et punkt i et 3-D-diagram eller rummet angives med et tal-triplet (x_0, y_0, z_0) hvorimod en profil eller flade i rummet ofte angives, f.eks. som $(x_0, 0, 0)$ hvis værdien på *x-aksen* holdes konstant, og værdien på *y-* og *z-aksen* er nul. På samme måde kan disse forhold også afbildes i niveaukurver, som $f(x, y) = c$ hvor c kaldes projektionen af skæringskurven i *xy-planet* for

niveaukurven med højden c for funktionen f . På traditionel vis kan der også her i de grafiske 3-D-fremstillinger være et antal minimums- og maksimumspunkter, også kaldet stationære punkter¹⁹⁾.

Sammenlignes de *deterministiske* sluttider for emne 1 og emne 2 i figur 6-4 kan følgende forhold påpeges,

- den maksimale produktionsmæssige kombination fås her i det indre punkt ved ca. (79;32), hvor det er sluttiden for emne 2 på $t=1433.0$, som kommer tættest på grænsen af $t=1440$, idet planet her er konstant stigende ved en udvidelse af emne 1 og 2. Derimod ville det være muligt, at forøge antallet af palletter for begge emner langt videre, *hvis* man alene så på sluttiderne for emne 1, idet langt flere kombinationer her ligger under $t=1440$ samt
- at alle sluttider for emne 1 har en tendens til at stige når emne 2 forøges.

Sammenlignes de *stokastiske* sluttider for emne 1 og emne 2 i figur 6-5 kan følgende forhold påpeges,

- den maksimale produktionsmæssige kombination fås her i det indre punkt (67.4;31.6), hvor det også er sluttiden for emne 2 på $t=1426.1$ som kommer tættest på tidsgrænsen $t=1440$. Her ville det også være muligt at udvidde antallet af palletter helt ud til ekstrempunktet (90;36), hvis man *alene* så på sluttiden for emne 1,
- i modsætning til det deterministiske tilfælde, findes der her i det stokastiske tilfælde flere lokale maksimums- og minimumspunkt både for emne 1 og emne 2, hvor det er muligt at formindske sluttiderne, trods at man udvider antallet af palletter. Dette er f.eks. tilfældet for emne 2 omkring (60;30), (62;32), (65;33), noget som ville være vanskeligt umiddelbart at gennemskue uden et 3-D-diagram,
- endelig kan også ses, at det kan lade sig gøre at få et større antal palletter af emne 1 igennem i det stokastiske tilfælde, når emne 2 holdes konstant - f.eks. fra (50;28) til (78;28) og samtidig få mindre sluttider, noget som ikke er muligt under deterministiske forudsætninger i det niveaukurverne er voksende når antal palletter holdes konstant på 28.

Grunden til at sluttider i det stokastiske tilfælde under *visse kombinationer* bliver reduceret, selvom antallet af palletter forøges skyldes, bl.a. at,

- ved at forøge antallet af palletter får man mulighed for i samme proces at få flere af samme emne 1 igennem efter hinanden, hvorefter den samlede sluttid reelt bliver mindre samt
- når emnerne - som tilfældet er - har forholdsvis forskellige procestider, kan disse supplere hinanden forskellige steder i produktionssystemet.

¹⁹⁾For mere analytiske betragtninger og andre grafiske fremstillingsformer kan henvises til Edwards & Penny (1990).

Samlet omkring sluttiderne kan siges, at det bliver vanskeligt at få greb om hvordan disse varierer og hvordan disse påvirker hinanden, uden at anvende en form for simulering. Dette skyldes den samvariation der eksisterer, når der fremstilles flere emnetyper i samme produktionssystem.

Nedenfor i tabel 6-14 er angivet resultatet for de udvalgte præstationsparametre i det deterministiske og det stokastiske tilfælde.

TABEL 6-14
FORVENTNING OG STANDARDAFVIGELSE FOR UDVALGTE PARAMETRE
(A-ANPA 3.95 & B-ANPA 3.2 & A-ANPA 3.35 & B-ANPA 3.1)

EMNE 1:	Forventning ($N - G \leq \mu \leq \emptyset - G$)	Std.	Deterministisk
VIA ($t=1152$)	$4.8 \leq 5.2 \leq 5.7$	4.8	5
Sluttid for VIA	$1250.2 \leq 1276.4 \leq 1302.6$	63.6	1212.4
Antal Palletter	$66.3 \leq 67.4 \leq 68.4$	1.9	79
Procestid (min)	$39.2 \leq 39.4 \leq 39.7$	0.6	39.5
Leadtid (min)	$93.4 \leq 98.0 \leq 102.7$	11.3	91.6
EMNE 2:	Forventning ($N - G \leq \mu \leq \emptyset - G$)	Std.	Deterministisk
VIA ($t=1152$)	$6.7 \leq 7.5 \leq 8.3$	1.9	8
Sluttid for VIA	$1399.7 \leq 1426.1 \leq 1452.5$	64.0	1433.0
Antal Palletter	$30.9 \leq 31.6 \leq 32.2$	1.5	32
Procestid (min)	$85.0 \leq 87.1 \leq 89.2$	5.1	88.0
Leadtid (min)	$230.3 \leq 241.4 \leq 252.6$	27.0	244.4

Sammenlignes de to tilfælde kan det beregnes, at i det simultane tilfælde »koster« stokastikken et vist antal palletter:

$$Pal(j_1)^{Dete} - Pal(j_1)^{Stok} = 79 - 67.4 = 11.6 \quad \text{Palletter} \quad (6:43)$$

$$Pal(j_2)^{Dete} - Pal(j_2)^{Stok} = 32 - 31.6 = 0.4 \quad \text{Palletter} \quad (6:44)$$

Dette kan også fortolkes som den maksimale mulighed der eksisterer ved, at kunne reducere stokastikken og dermed forøge antallet af palletter for emne 1 evt. successivt.

Det ses endvidere at der ikke er væsentlige forskelle i proces- og leadtiderne for de to emnetyper i det deterministiske og stokastiske tilfælde. I det stokastiske tilfælde ses, at konfidensinterval og standardafvigelserne er relative høje, 11.3 for emne 1 og 27.0 for emne 2. Med andre ord, det er ikke variationen i den samlede procestid som er problemet, men differencen mellem proces- og leadtiden, f.eks. på grund af prioriteten eller transporten mellem maskinerne.

Oprindelige IBMJ-Tilfælde vs. Nuværende Tilfælde:

I det *stokastiske tilfælde* - som også minder om det deterministiske tilfælde ses - at det nu er muligt at forøge antal palletter for emne 1 med ca. 40% (fra 56.0 til nu 67.4) og for emne 2 dog kun med ca. 12% (fra 28.5 til 31.6). Dette kan ske *blot* ved en forøgelse i loadingintensiteten for begge emner. Det ses dog nu, at leadtiderne er forøget fra 94.8 til nu 98.0 for emne 1 og fra tidligere 226.8 til nu 241.4 minutter for emne 2. Der er derfor stadig mulighed for at reducere NAA med ca. 60% for emne 1 og med ca. 65% for emne 2 via de høje totale leadtider sammenlignet med de rene procestider.

6.4.2 Stykomkostninger og »Cost Surfaces«

I nedenstående to tabeller 6-15 og 6-16 er de totale stykomkostninger, udnyttelsesprocenter samt omkostninger for ikke-udnyttet kapacitet vist for henholdsvis det deterministiske og det stokastiske tilfælde.

TABEL 6-15
DETERMINISTISKE STYKOMKOSTNINGER OG
OMKOSTNINGER FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET
(A-ANPA 3.95 & B-ANPA 3.2)

Emne 1:		Total
Stykomkostninger		33.35 Kr.
Område	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
NC-Bearbejdning	27.6	4,265.02
EMC-Afgratning	46.9	1,100.61
Vask & Rengøring	22.1	579.27
Assemblering	46.9	463.42
Måling	46.9	463.42
OMK. FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET EMNE 1		6,871.74
Emne 2:		Total
Stykomkostninger		465.41 Kr.
Område	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
NC-Bearbejdning	42.4	6,283.68
Finbearbejdning	13.4	3,023.13
OMK. FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET EMNE 2		9,306.81
Fællesmaskiner:	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
Loading/Unloading	45.9	295.09
SPC-Måling	88.2	411.93

Sammenlignes de to tabeller for de to tilfælde kan følgende forhold påpeges:

- for begge emner ses, at stykomkostninger i det stokastiske tilfælde er lidt højere end i det deterministiske samt
- at i det deterministiske tilfælde fås højere kapacitetsudnyttelsesprocenter og dermed lavere total omkostninger for ikke-udnyttet kapacitet, ca. 10%.

Selvom kapaciteten for SPC-målingen, fra et deterministisk til et stokastisk udgangspunkt, kun forøges ca. 3%, bør dette ses i lyset af, at disse beregninger blot er gjort *indenfor 24 timer*. Hvis virksomheden således ønsker en bedre udnyttelse af den potentielle flaskehals skal man reducere stokastikken yderligere.

Beregnes også her »economies of scope« effekten for de to tilfælde, giver dette følgende resultat:

TABEL 6-16
STOKASTISKE STYKOMKOSTNINGER OG
OMKOSTNINGER FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET
(A-ANPA 3.35 & B-ANPA 3.1)

Emne 1:	Forventning	Std.
Stykomkostninger:		
Nedre Grænse	37.03 kr.	
Forventning	37.72 kr.	1.8
Øvre Grænse	38.42 kr.	
Område	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
NC-Bearbejdning	23.7	4,494.76
EMC-Afgratning	39.8	1,247.77
Vask & Rengøring	19.0	883.64
Assemblering	40.6	518.40
Måling	40.0	523.64
OMK. FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET EMNE 1		7,668.21
Emne 2:	Forventning	Std.
Stykomkostninger:		22.2
Nedre Grænse	463.92 kr.	
Forventning	472.96 kr.	
Øvre Grænse	482.00 kr.	
Område	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
NC-Bearbejdning	41.5	6,381.86
Finbearbejdning	13.4	3,023.13
OMK. FOR IKKE UDNYTTET KAPACITET EMNE 2		9,404.99
Fællesmaskiner:	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
Loading/Unloading	46.7	290.73
SPC-Måling	84.9	527.13

$$S_c^{Dete} = \frac{46.704,80 + 64.968,96 - 101.726,88}{101.726,88} = 0.10 \quad (6:45)$$

$$S_c^{Stok} = \frac{44.559,49 + 64.197,30 - 100.459,39}{100.459,39} = 0.08 \quad (6:46)$$

Oprindelige IBMJ-Tilfælde vs. Nuværende Tilfælde:

Sammenlignes over til det oprindelige simulerede deterministiske IBMJ-tilfælde ses, at stykomkostningen for emne 1 nu er faldet ca. 20% (fra 41.07 kr. til 33.35 kr.) og for emne 2 ca. 3% (fra 480.88 kr. til nu 465.41 kr.). IBMJ's egne stykomkostninger udgjorde henholdsvis 55.75 kr. for emne 1 og 255.00 kr. for emne 2. Selv med en væsentlig større forøgelse

i volumen for emne 2 under deterministiske forudsætninger, bliver det ikke - under de givne produktionsmæssige forudsætninger - muligt at nå samme stykomkostningsniveau for emne 2 som IBMJ's model tilsiger.

Sammenlignes derimod over til det oprindelige IBMJ-tilfælde under stokastiske forudsætninger, er det dog lykkedes at reducere stykomkostningerne for emne 1 med ca. 10% (fra 42.00 kr. til 37.72 kr.) og for emne 2 med blot ca. 4% (fra 491.42 kr. til 472.96 kr.). Analyseres de enkelte omkostningsarter nærmere for emne 1, kan det fastslås at det er MHS-omkostningerne samt VAA-omkostninger som tilregnes som en procentdel af de samlede produktionsomkostninger som forårsager reduktionen²⁰⁾.

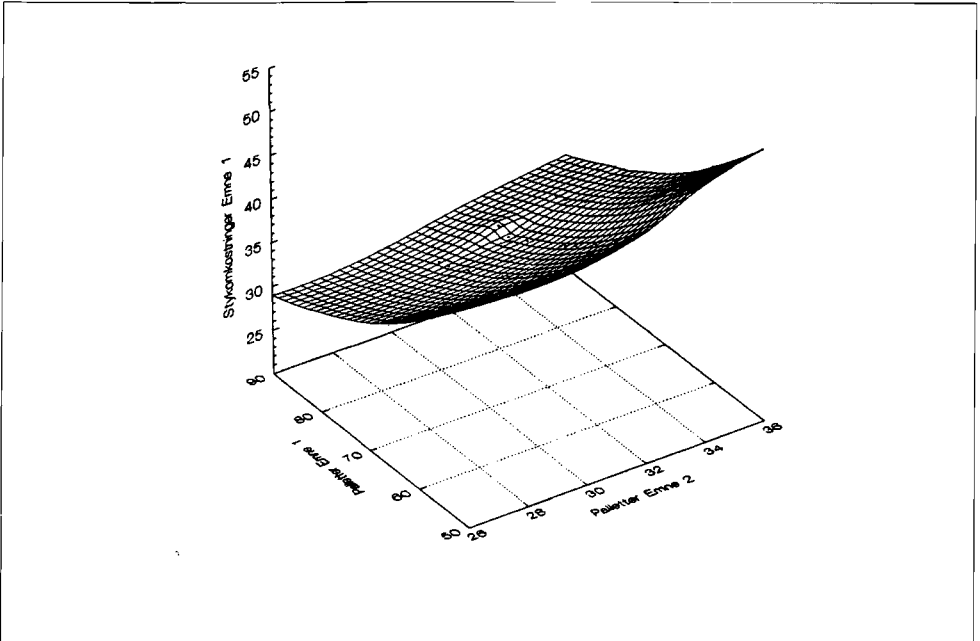
Ses på de samlede omkostninger for den ikke-udnyttede kapacitet under stokastiske forudsætninger, er disse faldet fra 8,132.95 kr. til nu 7,668.21 kr., hvorimod disse for emne 2 blot er faldet fra 9,552.48 kr. til 9,404.99 kr. Samme mønster ses i det deterministiske tilfælde. Med andre ord er der ikke mange kroner at spare i kapacitetsomkostninger alene ud fra det synspunkt at udvide produktionsvolumen, hvis der ikke sker en *bedre samlet udnyttelse* af hele produktionssystemet. Men som påpeget tidligere, fås dog lavere stykomkostninger.

Ses på »economies of scope« effekten, er der både for det deterministiske som det stokastiske tilfælde sket en mindre forringelse. Dette hænger sammen med, at faldet i stykomkostningerne for de separate test, ikke har medført så store reduktioner som det måske kunne forventes.

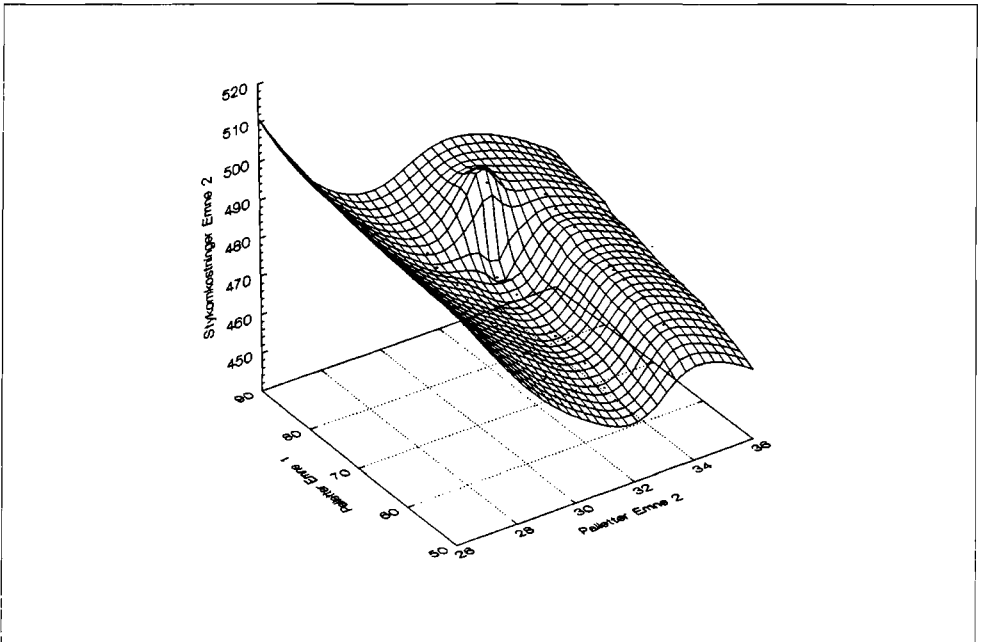
Ses over et vist interval af paletter, kan forløbet derimod ændre sig. Nedenfor i figurene 6-6 og 6-7 er vist stykomkostningerne via »cost surfaces« ved forskellige kombinationer. Resultatet bygger på forskellige kombinationer af emne 1 og 2 og tæller ialt 1800 simuleringer.

20) Som et eksperiment er beregnet, at for at *nå op* på IBMJ's stykomkostning for emne 1 på 55.75 kr., skal der 30 paletter igennem af emne 1, og for at *nå ned* til IBMJ's stykomkostning på 255.00 kr. for emne 2, skal der 66 paletter igennem. Samtidig skal den samlede simuleringstid forøges til 48 timer uden nogen form for setuptid.

FIGUR 6-6
DETERMINISTISKE STYKOMKOSTNINGER

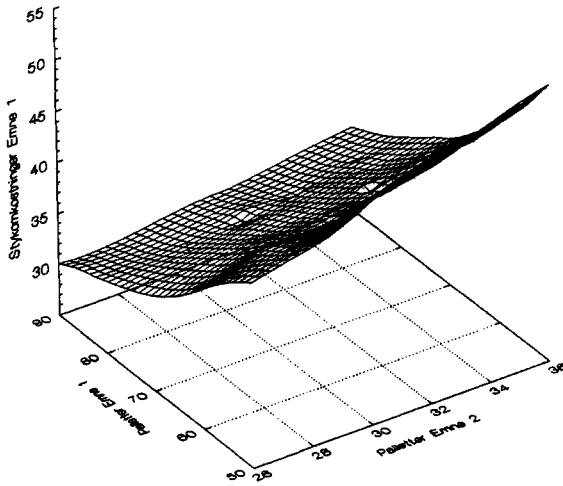


Emne 1

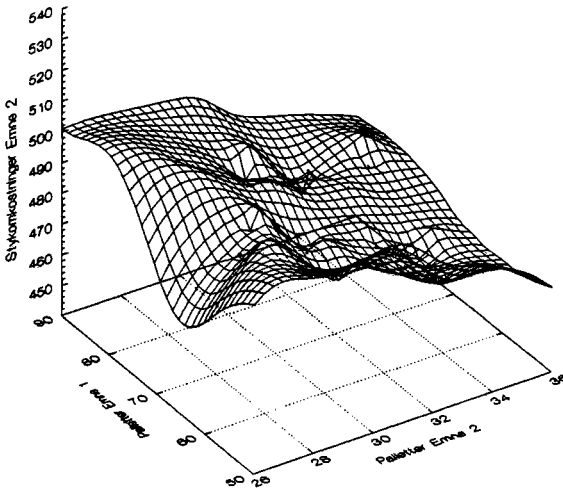


Emne 2

FIGUR 6-7
STOKASTISKE STYKOMKOSTNINGER



Emne 1



Emne 2

Sammenlignes de *deterministiske* stykomkostninger for emne 1 og emne 2 i figur 6-6 kan følgende forhold påpeges,

- for emne 1 ses at stykomkostningerne er rimelig konstante, dvs. relative flade »cost surfaces« og stigenede efterhånden som begge emnetyper forøges,
- for emne 2 ses at der findes flere minimums- og maksimumspunkter for stykomkostningerne. De højeste omkostninger for emne 2 findes i ekstrempunktet omkring (90;26), hvorimod de laveste stykomkostninger for emne 2 fås i en kombination fra omkring (31 til 33) for emne 2 og fra (50 til omkring 80) for emne 1 samt
- at der for emne 2's vedkommende findes et maksimumspunkt for stykomkostningerne omkring (85;32), hvor også stykomkostninger for emne 2 ændres fra at være konvekse til at være konkave.

Sammenlignes de *stokastiske* stykomkostninger for emne 1 og emne 2 i figur 6-7 kan følgende forhold påpeges,

- at for emne 1 er der ingen væsentlige forskelle fra det deterministiske tilfælde,
- at for emne 2 findes igen flere lokale maksimums- og minimumspunkter for stykomkostningerne, men at minimum for omkostningerne findes i ekstrempunkterne,
- at der findes et indre stationært punkt, omkring (60;27) som minder om et saddepunkt,
- at stykomkostningerne for emne 2 påvirkes relativt meget af specielt små værdier af emne 1 (fra omkring 50 til 55). Modsat ses også, at holdes emne 1 fast omkring 70, fås forholdvis stabile stykomkostninger for emne 2 over intervallet for emne 2.

Sammenlignes figurene, kan det ses, at det er emne 2 som man specielt skal være opmærksom på i produktionsmæssig sammenhæng, idet dette udviser størst ustabilitet.

Som tidligere nævnt, kan det deterministiske tilfælde ses som *benchmark* for et stokastisk tilfælde forstået sådan, at netop det deterministiske resultat af simuleringen, udgør de absolutte minimums- eller maksimumsstørrelser, som kan opnåes under de givne produktionsmæssige forudsætninger, når stokastikken er elimineret. Derimod kan det deterministiske tilfælde ikke anses som nogen optimal løsning. En optimal løsning er samtidig svær at definere under komplekse produktionsmæssige forudsætninger, indeholdende relativt mange variable, idet dette bl.a. afhænger af virksomhedens præferencer, hensyntagen til ændringer i værkstedslayout, maskinernes placering, OSM etc.

Ses derimod på *stykomkostningerne*, er disse igen et produkt af, dels de produktionsmæssige forhold, dels de forudsætningerne som er indbygget i OSM. Er figurene f.eks. relative flade, så er dette et udtryk for konstante gennemsnitsomkostninger. At disse er konstante, kan igen hænge sammen med flere forhold, f.eks. udformningen af OSM, eller at der ikke er nogen større variation i produktionen.

At man i visse tilfælde kan få flere palletter igennem til lavere sluttider og dermed også lavere stykomkostninger bekræfter imidlertid også det forhold, at *man kan* reducere stokastikken, uden at skulle ændre processer, antal maskiner etc., men blot sørge for, at pro-

duktionen sker på en særdeles vel tilrettelagt måde. Dette kunne f.eks. bestå i, at udforme transporten via MHS-systemet sådan, at man konstant sørger for at visse maskiner er permanent aktive eller man kunne tillægge det ene emne en prioritet i produktionen således, at dette rykkede frem i køen. Dermed ville man også tilgodeses en JIT-filosofi.

Sammenfatningsmæssigt for afsnit 6.4 kan siges, at der er sandsynlighed for at få endnu flere palletter igennem FMS-systemet, reducere stokastikken samt at få mindre stykomkostninger, *hvis kapaciteten udbygges* på den eksisterende nuværende »fælles flaskehals« og langt flere igen hvis variansen på leadtiden kan reduceres. Nedenfor skal ses på hvad der sker hvis kapaciteten udbygges med en ekstra SPC-maskine.

6.5 Simultan Test for Yderligere en Fælles Maskine

Som det fremgik af resultatet af den eksisterende anlægsdimension, er udnyttelsen forholdsvis lav på de specifikke maskiner, ofte under 50%, men høj på den fælles SPC-maskine.

Spørgsmålet er derfor, om der kan opnås en bedre afbalancering og dermed en bedre *udnyttelse af hele systemet*. Skal dette gøres i produktionssystemet her, kan dette enten ske ved:

- at reducere antallet af maskiner for de processer der anvender flere maskinenheder, eller
- ved at forøge antallet af maskiner for en evt. »hvilede flaskehals« eller kommende flaskehals.

Det er sidste mulighed som afprøves her²¹⁾. Reduktion eller forøgelse for antallet af maskiner får også betydning på stykomkostningen, og for forholdet mellem NAA og VAA. Forøges antallet af maskiner fra 1 til 2, fordobles således også størrelsen på denne proces samlede kapitalomkostninger, alt andet lige.

Problemet ved SPC-målingen kan blive, at en forøgelse i antal palletter for den ene emnetype medfører at antallet af palletter af den anden emnetype reduceres, når man nærmer sig kapacitetsgrænsen. Som det er konstateret ovenfor, er der derfor ikke tale om, at man pludselig opnår fuld kapacitetsudnyttelse, hvorved stykomkostningerne falder eller stiger, men et spørgsmål om at en potentiel flaskehals bliver mere og mere aktiv og dermed successiv bestemmende for hele produktionsprogrammet, dvs. både for leadtid og stykomkostninger.

I nedenstående tabel 6-17 er vist de kombinationer som testes under en udvidelse af den givne anlægsdimension for det deterministiske og stokastiske tilfælde.

21) Skulle første mulighed afprøves, kunne dette kun ske her ved NC-bearbejdningen for emne 1 (2 maskiner), NC-bearbejdningen for emne 2 (4 maskiner) samt ved Fin-bearbejdningen ved emne 2 (2 maskiner).

TABEL 6-17
TESTKOMBINATIONER FOR DET UDVIDEDE SIMULTANE TILFÆLDE

Input	A-ANPA	B-ANPA
Fra	2.8	2.8
Til	8.5	6.6

For at kunne sammenligne til det forrige oprindelig simultane tilfælde, indgår også her de maksimale kombinationer fra dette tilfælde såvel for det deterministiske som for det stokastiske tilfælde.

6.5.1 Udvalgte Præstationsparametre

I nedenstående tabel 6-18 er angivet værdierne på de udvalgte parametre for det deterministiske og stokastiske tilfælde.

TABEL 6-18
FORVENTNING OG STANDARDAFVIGELSE FOR UDVALGTE PRÆSTATIONSPARAMETRE
(A-ANPA 8.1 & B-ANPA 6.4 & A-ANPA 7.7 & B-ANPA 4.1)

EMNE 1:	Forventning ($N - G \leq \mu \leq \emptyset - G$)	Std.	Deterministisk
VIA ($t=1152$)	$30.5 \leq 32.4 \leq 34.3$	4.6	34
Sluttid for VIA	$1411.3 \leq 1430.4 \leq 1449.5$	46.3	1434.6
Antal Palletter	$152.8 \leq 154.3 \leq 155.8$	4.6	162
Procestid (min)	$39.0 \leq 39.2 \leq 39.5$	0.5	39.5
Leadtid (min)	$161.5 \leq 170.3 \leq 179.0$	21.3	169.8
EMNE 2:	Forventning ($N - G \leq \mu \leq \emptyset - G$)	Std.	Deterministisk
VIA ($t=1152$)	$6.5 \leq 7.0 \leq 7.4$	1.1	14
Sluttid for VIA	$1411.3 \leq 1430.4 \leq 1449.5$	46.3	1434.6
Antal Palletter	$40.2 \leq 41.1 \leq 42.0$	2.2	64
Procestid (min)	$86.1 \leq 87.5 \leq 88.9$	3.4	88.0
Leadtid (min)	$183.0 \leq 185.3 \leq 187.7$	5.7	210.7

Sammenlignes parametrene for de to tilfælde, kan det konkluderes, at der kun er væsentlig forskelle for emne 2's vedkommende, idet antallet af gennemløbne palletter i det deterministiske tilfælde her er forøget med 12.9 palletter (fra 64.0 til 41.1), dog på bekostning af at den samlede totale leadtid er steget fra 185.3 til 210.7 minutter for samme emne.

Skal stokastikken reduceres yderligere i produktionen kræves en mere langsigtet tilpasning, f.eks. flere maskiner, et ændret værkstedslayout eller en anden produktionsteknologi.

Forrige Simultane Tilfælde vs. Nuværende Simultane Tilfælde:

Sammenlignes over til det forrige simultane tilfælde, kan følgende påpeges,

- for det deterministiske tilfælde ses nu en væsentlig forøgelse i leadtiden for emne 1 fra 91.6 til nu 169.8 minutter, hvorimod leadtiden for emne 2 er reduceret fra 244.4 til nu 210.7 minutter,
- det ses endvidere for det deterministiske tilfælde, at forskellen mellem den direkte procestid og leadtiden specielt for emne 1 er forøget væsentligt. Samme mønster ses for det stokastiske tilfælde. Det har således *ikke* været muligt med indsættelse af en yderligere SPC-maskine på flaskehalsen, at forbedre overensstemmelsen mellem procestid og leadtid væsentligt for nogen af emnetyperne samtidig samt
- at det også har været muligt at reducere standardafvigelsen for leadtiden for emne 2 fra 27,0 til 5.7, men på bekostning af, at denne er forøget for emne 1. Begge disse forhold indikerer, at processen nu er bedre synkroniseret, men at der stadig er langt ned til de deterministiske størrelser.

Da VIA fortrinsvis står foran første proces, ville en forbedring af loadingfilosofien betyde, at disse 30 palletter kunne reduceres. I så fald ville der også blive en bedre afbalancering af ankomst- og bearbejdningstiderne.

Hermed kan det marginale antal palletter ved en forøgelse af kapaciteten på 100% for SPC-maskine beregnes til:

$$Pal(j_1)_{MA}^{Dete} = Pal(j_1)_{MA-NUV}^{Dete} - Pal(j_1)_{MA-OPR}^{Dete} = 162 - 79 = 83 \text{ Palletter} \quad (6:47)$$

$$Pal(j_2)_{MA}^{Dete} = Pal(j_2)_{MA-NUV}^{Dete} - Pal(j_2)_{MA-OPR}^{Dete} = 64 - 32 = 32 \text{ Palletter} \quad (6:48)$$

Og for det stokastiske tilfælde:

$$Pal(j_1)_{MA}^{Stok} = Pal(j_1)_{MA-NUV}^{Stok} - Pal(j_1)_{MA-OPR}^{Stok} = 154.3 - 67.4 = 86.9 \text{ Palletter} \quad (6:49)$$

$$Pal(j_2)_{MA}^{Stok} = Pal(j_2)_{MA-NUV}^{Stok} - Pal(j_2)_{MA-OPR}^{Stok} = 41.1 - 31.6 = 9.5 \text{ Palletter} \quad (6:50)$$

Det kan derfor konkluderes, at udvidelsen med yderligere en SPC-maskine af samme type og teknologi har haft størst virkning for emne 1²²⁾. Forøgelsen i den global skalaøkonomi

22) Det skal påpeges, at det stadig er samme antal palletter som cirkulerer rundt på MHS-systemet.

- altså ændringen i omkostninger når kvantiteten for to eller flere produkter forandres - giver derfor en væsentlig mulighed for hurtigere, at få produceret en given seriestørrelse, når der er tale om en form for lukket køsystem²³⁾.

Oprindelig IBMJ-Tilfælde vs. Nuværende Tilfælde:

Sammenlignes over til det oprindelig IBMJ-tilfælde, kan følgende forhold påpeges,
 -det er lykkedes, selv under stokastiske forudsætninger, at forøge antallet af palletter for emne 1 med ca. 175% (fra 56.0 til 154.3), og for emne 2 ca. 45% (fra 28.5 til 41.1),
 -det er også lykkedes at reducere standardafvigelsen væsentligt for leadtiden for emne 2 - som har været hovedproblemet i den oprindelige proces - fra 16.7 minutter til nu blot 5.7 minutter. Dog er standardafvigelsen for emne 1 steget ca. 5 minutter, og
 -at leadtiden for emne 2 nu er reduceret ca. med 20% (fra 226.8 til 185.3 minutter).

Dog er leadtiderne for emne 1 forøget med ca. 80% (fra 94.8 til 170.3 minutter). Alt i alt en væsentlig forbedring for de vigtigste parametre.

6.5.2 Stykomkostninger og »Cost Surfaces«

Nedenfor er i tabel 6-19 og 6-20 vist stykomkostninger og omkostninger for ikke-udnyttet kapacitet i det deterministiske og det stokastiske tilfælde ved de respektive maksimale kombinationer af de to emner.

23) Den teoretiske problematik omkring åbne og lukkede kønetværk skal ikke diskuteres her, idet studiet her bygger på simulering af *et empirisk produktionssystem*. Desuden synes denne stringente opdeling svær at håndtere her. Selvom et FMS-system udelukkende er bestemt af den variation hvormed kundeordre indkommer som tilfældet er for åbne kønetværk, bliver der ofte foretages en produktionsplanlægning, således at produktionen ikke blot er tilfældig. Der findes dog forslag til visse analytiske løsninger for at kunne analysere disse kønetværk. Specielt har Buzacott & Shanthikumar (1993), som sandsynligvis er dem der er kommet længst på dette område, angivet visse *analytiske løsninger*.

TABEL 6-19
DETERMINISTISKE STYKOMKOSTNINGER OG
OMKOSTNINGER FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET
(A-ANPA 8.1 & B-ANPA 6.4)

Emne 1:		Total
Stykomkostninger		25.26 Kr.
Område	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
NC-Bearbejdning	56.5	2,562.98
EMC-Afgratning	96.0	82.91
Vask & Rengøring	45.2	43.64
Assemblering	96.0	34.91
Måling	96.0	34.91
OMK. FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET EMNE 1		2,759.35
Emne 2:		Total
Stykomkostninger		390.29 Kr.
Område	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
NC-Bearbejdning	84.8	1,647.28
Finbearbejdning	26.8	2,555.35
OMK. FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET EMNE 2		4,202.63
Fællesmaskiner:	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
Loading/Unloading	45.9	295.09
SPC-Måling	89.2	377.02

Sammenlignes mellem disse nye deterministiske og stokastiske resultater, kan følgende forhold påpeges,

- der er ingen væsentlig forskel i stykomkostningerne for emne 1 i de to tilfælde, hvorimod der er væsentlig forskel for emne 2's vedkommende, eller ca. 60 kr. til fordel for det deterministiske tilfælde,
- at omkostningerne i det stokastiske tilfælde for den ikke-udnyttede kapacitet for emne 1, er ca. 35% større (fra 2,759.35 kr. til 3,700.04 kr.), hvorimod at disse for emne 2 er ca. 87% større (fra 4,202.63 kr. til 7,875.96 kr.),
- at den »hvilende flaskehals« i det deterministiske tilfælde som tidligere var SPC-Maskinen, nu er afløst af en hvilende flaskehals på tre nye yderligere separate flaskehalse i systemet, EMC-Afgratningen, Assembleringen og den Ordinære Måling. Her ligger kapacitetsudnyttelsen nu over 90%. Skal disse elimineres kræves investering i mindst yderligere fire maskiner, en for hver af de nye flaskehalse samt yderligere en ny SPC-Maskine.

TABEL 6-20
STOKASTISKE STYKOMKOSTNINGER OG
OMKOSTNINGER FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET
(A-ANPA 7.7 & B-ANPA 4.1)

Emne 1:	Forventning	Std.
Stykomkostninger:		0.8
Nedre Grænse	25.27 kr.	
Forventning	25.59 kr.	
Øvre Grænse	25.91 kr.	
Område:	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
NC-Bearbejdning	53.7	2,727.49
EMC-Afgratning	91.3	180.33
Vask & Rengøring	42.1	631.64
Assembling	90.5	82.91
Måling	91.1	77.67
TOTAL OMK. FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET EMNE 1		3,700.04
Emne 2:	Forventning	Std.
Stykomkostninger:		16.2
Nedre Grænse	450.32 kr.	
Forventning	457.00 kr.	
Øvre Grænse	463.68 kr.	
Område	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
NC-Bearbejdning	54.3	4,985.49
Finbearbejdning	17.2	2,890.47
TOTAL OMK. FOR IKKE-UDNYTTET KAPACITET EMNE 2		7,875.96
Fællesmaskiner:	Udnyttelses %	Omkostninger for Ikke-Udnyttet Kapacitet Kr.
Loading/Unloading	46.2	293.46
SPC-Måling	60.1	1,392.87

De høje omkostninger for ikke-udnyttet kapacitet for emne 2 i det stokastiske tilfælde, hænger igen sammen med den lave kapacitetsudnyttelse på NC-bearbejdningen på 54.3.% og Fin-Bearbejdningen på 17.2%. Da NC-bearbejdningen udgøres af 4 maskiner og Fin-Bearbejdningen udgøres af 2 maskiner, eksisterer der her reelt en mulighed at reducere disse evt. til 3 og 1 maskine og samtidig få lavere stykomkostninger for emne 2²⁴⁾.

Beregnes her »economies of scope« effekten for de to tilfælde giver dette følgende resultat:

²⁴⁾Gøres dette, resulterer dette i, at stykomkostningen for emne 1 stiger med 13 øre, hvorimod stykomkostningen for emne 2 falder med 51.55 kr. til 405.45 kr. Men samtidigt overskrides tiden $t=1440$. Derfor kan denne kombination ikke anvendes uden der skal justeres andre steder.

$$S_c^{Dete} = \frac{83.514,24 + 107.607,04 - 165.388,16}{165.388,16} = 0.16 \quad (6:51)$$

$$S_c^{Stok} = \frac{77.665,28 + 76.420,72 - 138.307,39}{139.307,39} = 0.12 \quad (6:52)$$

Forrige Simultane Tilfælde vs. Nuværende Simultane Tilfælde:

Sammenlignes over til foregående simultane og deterministiske tilfælde med kun en SPC-maskine kan det påpeges, at det er lykkedes at reducere stykomkostninger for emne 1 med ca. 25% (fra 33.35 kr. til 25.26 kr.) og for emne 2 med ca. 17% (fra 465.41 kr. til 390.29 kr.). Dette skaber igen mulighed for at reducere omkostninger for den ikke-udnyttede kapacitet.

For det stokastiske tilfælde, er det lykkedes at reducere stykomkostningerne for emne 1 med ca. 30% (fra 37.72 kr. til 26.59 kr.) for emne 2 med blot ca. 4% (fra 472.96 kr. til 457.00 kr.).

Ses på den ikke udnyttede kapacitet i det stokastiske tilfælde for emne 1 er det lykkedes at reducere denne med ca. 52% (fra 7,668.21 kr. til nu 3,700.04 kr.) og for emne 2 med ca. 16% (fra 9,404.99 kr. til 7,875.96 kr.). Anses det deterministiske tilfælde igen som benchmark, skulle det være muligt, at reducere disse omkostninger for emne 1, med yderligere ca. 60% (fra 6,871.74 kr. til 2,759.36 kr.) og for emne 2, med yderligere ca. 55% (fra 9,306.81 kr. til 4,202.63 kr.), hvis variationen reduceres.

Oprindelig IBMJ-Tilfælde vs. Nuværende Tilfælde:

Sammenlignes over til OSM under IBMJ's oprindelige anlægsdimension under deterministiske forudsætninger kan det påpeges, at det nu er muligt at få bragt stykomkostningerne ned for emne 1, fra 41.07 kr. til 25.26 kr. eller næsten 40% og for emne 2 fra 480.88 kr til 390.29 kr. eller næsten 20%. Dette selvom der er taget højde for de ekstra kapitalomkostninger der er pålignet i forbindelse med den ekstra SPC-maskine²⁵⁾. Herudover ville virksomheden være i stand til, at producere på langt kortere tid, og med en langt større volumen. IBMJ havde endvidere kunnet opretholde den nuværende produktion af emne 2. Dog ligger den nuværende stykomkostning for emne 2 på 390.29 kr., stadig ca. 53% over IBMJ's egne stykomkostninger på 255.00 kr.

Under stokastiske forudsætninger er det også lykkedes at reducere stykomkostninger med ca. 40% (fra 42.00 kr. til 25.59) for emne 1, og ca. 7% (fra 491.42 kr. til 457.00 kr.), altså en langt mindre reduktion for emne 2 end i det deterministiske tilfælde.

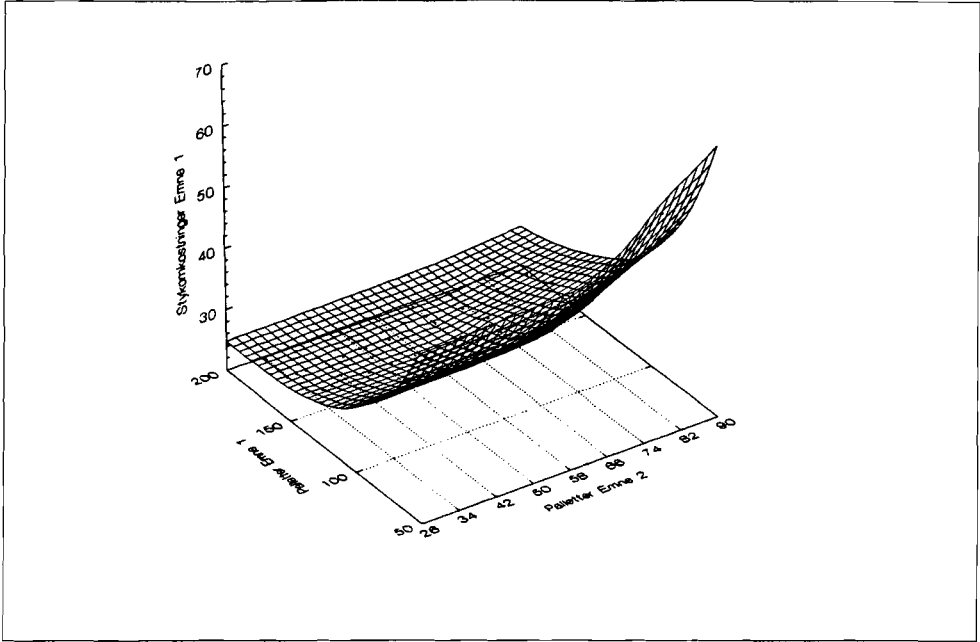
²⁵⁾Det skal påpeges, at så lang tid den samlede simuleringstid er så kort som tilfældet er her (1152 minutter), skal der forholdsvis store ventekøer til, for at få de gennemsnitlige *stykventeomkostninger* til at stige mere end *de reduktioner* der samtidig sker når volumen forøges.

Det er dog lykkedes i det stokastiske tilfælde, at reducere omkostninger for den ikke-udnyttede kapacitet for emne 1 med ca. 55% (fra 8.132.95 kr. til 3.700.04 kr.) og med ca. 18% (fra 9.552.48 kr. til 7.875.96 kr.) for emne 2. Et bedre resultat ville kunne opnås, ved at reducere kapaciteten og dermed kapitalomkostningerne for emne 2.

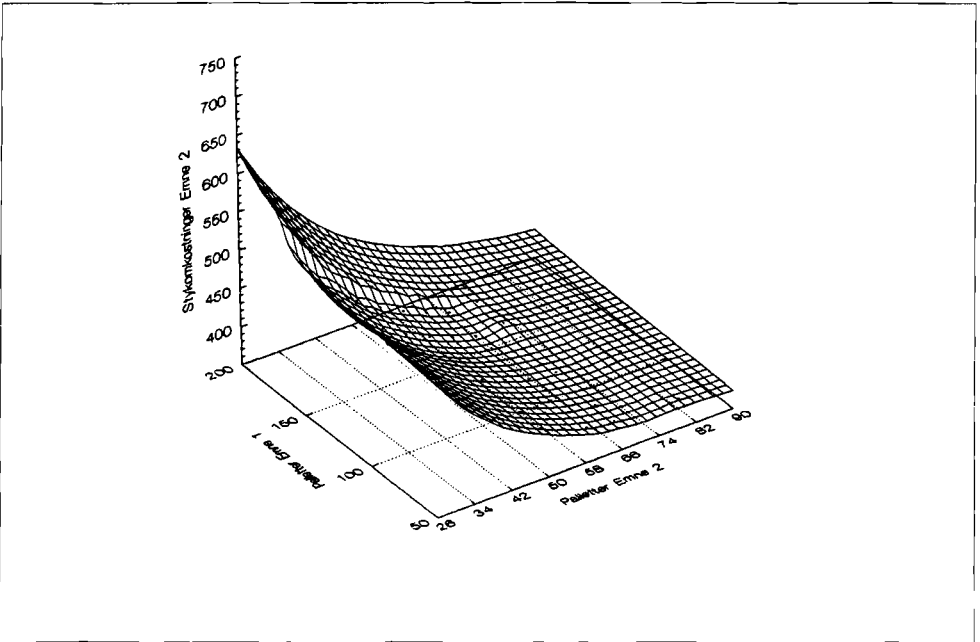
Sammenlignes »*economies of scope*« over til udgangspostionen hos IBMJ kan det ses, at der er sket en forbedring for det deterministiske tilfælde med ca. 5%, og for det stokastiske tilfælde med ca. 4%. At der er sket en moderat forbedring skyldes, at det nu er lykkedes i det simultane tilfælde, at få en væsentlig forøgelse i udnyttelsen af hele produktionssystemet i forhold til, at skulle producere de to emnetyper på separate maskiner. Grunden til at det ikke kan lade sig gøre at få en bedre effekt er, at de to emnetyper kun har loading/unloading samt SPC-maskinen til fælles. Disse er sammen med MHS-systemet, derfor de eneste processer hvor der kan blive tale om væsentlige simultane fordele. Skulle »*economies of scope*« effekten forbedres væsentligt der ud over, burde de to emnetyper *benytte flere fællesmaskiner* eller forbedre udnyttelsen på de eksisterende.

Nedenfor i figurene 6-8 og 6-9 ses forskellige »cost surfaces« ved de forskellige kombinationer. Resultatet bygger på forskellige kombinationer af emne 1 og 2 og tæller i det stokastiske tilfælde ialt 3200 simuleringer.

FIGUR 6-8
DETERMINISTISKE STYKOMKOSTNINGER

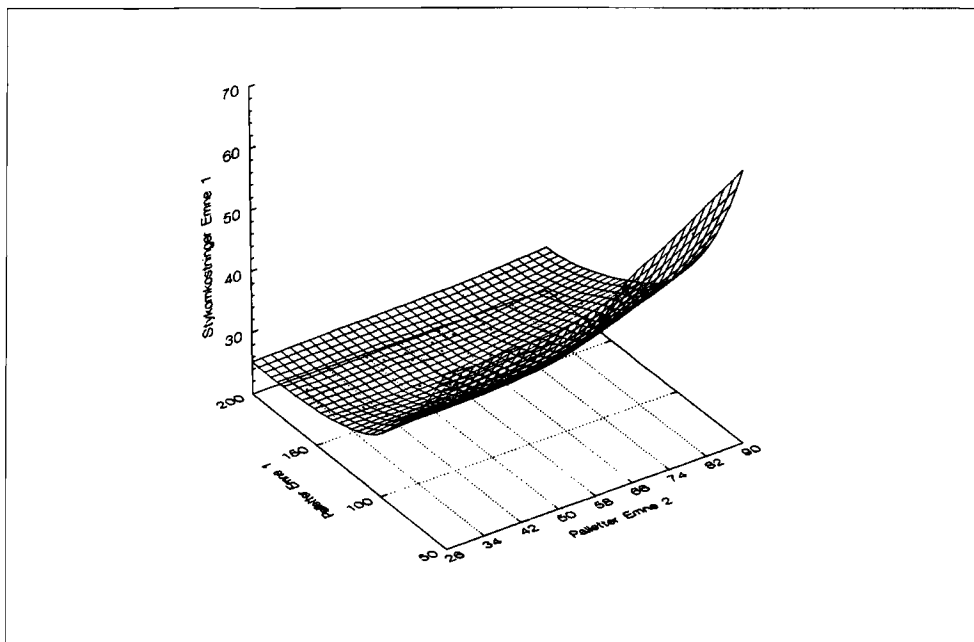


Emne 1

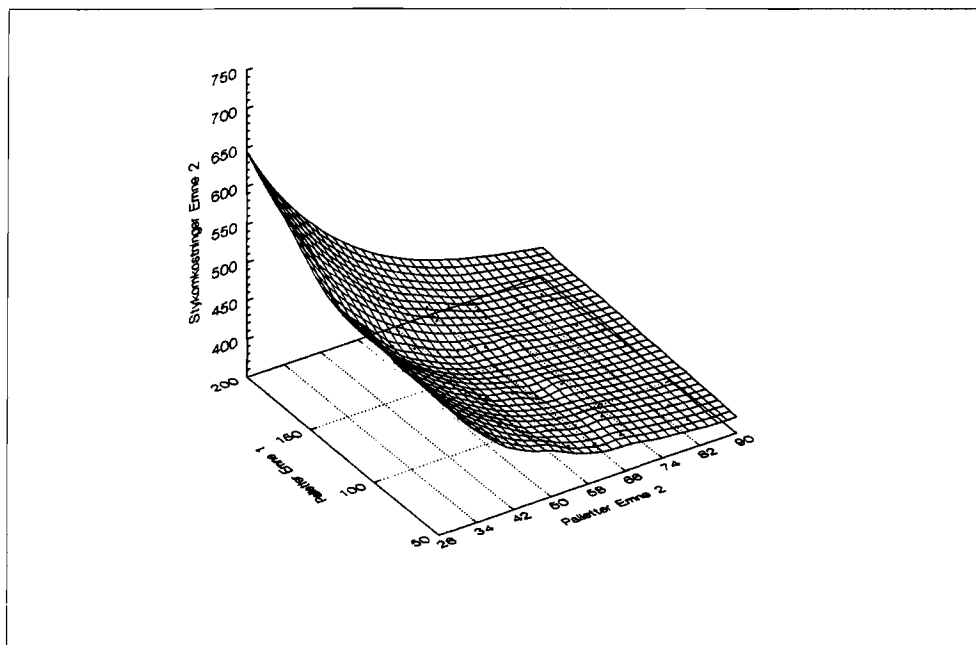


Emne 2

FIGUR 6-9
STOKASTISKE STYKOMKOSTNINGER



Emne 1



Emne 2

Sammenlignes såvel de *deterministiske* som de *stokastiske* stykomkostninger for begge emner i figur 6-8 og 6-9, kan det konkluderes,

- at det nu er lykkedes at få mere konforme stykomkostninger for begge emner i det stokastiske tilfælde i figur 6-9, således at det er lykkedes at nå en form for »benchmark« for de stokastiske omkostninger,
- at de maksimale og minimale kombinationer for begge emner ligger i ekstremværdierne i de fire »cost surfaces«,
- at for begge tilfælde for emne 1 trækkes stykomkostningerne op efterhånden som antallet af palletter for emne 2 forøges, specielt ved små værdier af emne 1. Det samme er tilfældet for emne 2.

Det kritiske spørgsmål i et stokastisk produktionssystem med ventefunktioner er derfor, hvornår *stykventeomkostningerne* vokser stærkere end faldet i samtlige andre stykomkostninger når volumen forøges. Da den samlede procestid her er forholdsvis kort, nemlig 1152 minutter, skal der forholdsvis store køer til i FMS-systemet for at opveje faldet i disse andre omkostninger. Dette skyldes at venteomkostninger udelukkende afhænger af hvor mange palletter der venter i løbet af 1152 minutter samt af køtidens længde.

Forrige Simultane Tilfælde vs. Nuværende Simultane Tilfælde:

Sammenlignes over til omkostningsforløbene i det forrige simultane tilfælde ses, at stykomkostningen for begge emner og i begge tilfælde, nu har fået et mere kontinuerligt forløb uden lokale maksima og minima. Da det ud fra et planlægningssynspunkt er en fordel at minimere antallet af minimums- og maksimumspunkter, idet muligheden for fejlslutninger dermed også bliver formindsket, er dette lykkedes relativt godt.

Sammenfatningsmæssigt for hele afsnit 6.5 kan siges,

- at det dog er lykkedes selv under stokastiske forudsætninger, at få mere konforme »cost surfaces« som nærmer sig de deterministiske stykomkostninger, som her anses som en »benchmark«,
- at det ikke alene er stokastikken som har betydning i et stokastisk produktionssystem, men også »*afhængigheden*« mellem de 2 emnetyper, specielt når man nærmer sig kapacitetsgrænsen,
- at det trods forøgede investeringsudgifter og dermed forøgede kapitalomkostninger er lykkedes, at reducere såvel stykomkostninger som standardafvigelsen for stykomkostningerne væsentlig for begge emnetyper samt
- at det ikke - uden væsentlige ændringer i FMS-produktionslayoutet og antallet af maskiner - nu kan lade sig gøre at forøge volumestørrelsen for nogen af emnerne yderligere, idet der nu eksisterer fire hvilende flaskehalse i systemet.

At standardafvigelsen for sluttiderne kan reduceres i forhold til forrige simultane tilfælde viser også, at man kan nå langt uden, at man behøver at gøre langtsigtede tilpasninger som, f.eks. ændring i selve værkstedslayoutet, blot man sørger for, at de forskellige emners standardafvigelse matches og tilpasses hinanden.

6.6 Test af Forskellige K -Værdi i Erlangfordelingen

Som et supplement til ovenstående test, er nedenfor testet værdien af forskellige k -værdier og dermed »skævheden« eller a -symetrien i Erlangfordelingen. Dette er gjort for at påvise, hvilken effekt en vis variation betyder for stykomkostningerne.

Som påpeget tidligere, har det ikke været muligt, at uddrage de eksakte empiriske variationer i processen eller at gøre sådanne tidsmålinger af det pågældende materiale, at disse variationer kunne kortlægges i detaljer. Da der imidlertid findes visse variationer i loading, men også i transporten, er her istedet gjort et simuleringseksperiment for at se hvordan variationen virker.

En anden mulighed ville være - som påpeget tidligere - at anvende en af de softwarepakker, f.eks. *ExpertFit*, jvf. Vincent & Law (1995), og dermed tilpasse en konkret sandsynlighedsmodel til det empiriske datamateriale. Dette kræver dog at der findes et empirisk materiale til rådighed vedrørende variationen, hvilket ikke er tilfældet her.

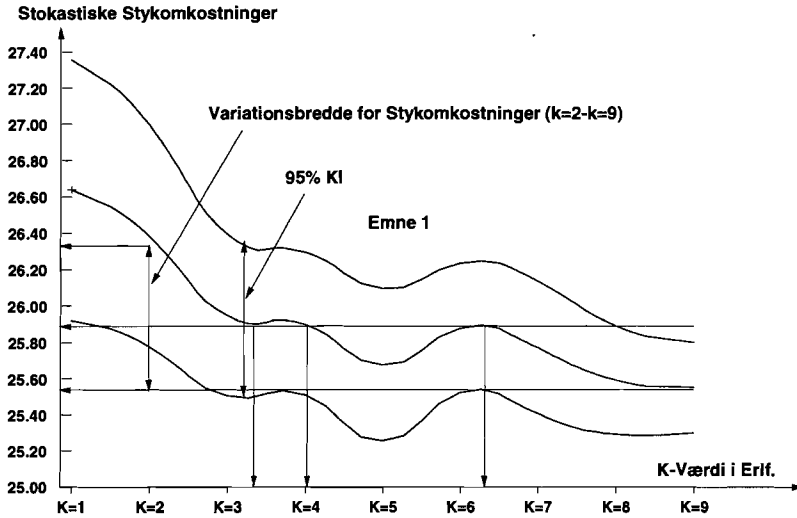
Eksperimentet nedenfor i figurene 6-10 og 6-11 er gjort for emne 1 og emne 2 for deres totale stykomkostninger og ved en A-ANPA på 7.7 og en B-ANPA på 3.9.

Af figurene ses at valget af k -værdi har en effekt på produktionsprocessen og på stykomkostningernes fordeling. Af resultaterne ses at hvis man, f.eks. sætter $k=2$, fås et resultat for stykomkostningerne for emne 1 på ca. 26.35 kr., mod en stykomkostning på 25.55 kr., når $k=9$. Ses på emne 2 fås et resultat for stykomkostningen på, ca. 472.00 kr. når $k=2$, mod en stykomkostning på ca. 460.00 kr. når $k=9$. A -symmetri for stykomkostningerne for de to emner er derfor henholdsvis 0.80 kr. og 6 kr. Sættes $k=1$ - svarerende til eksponentialfordelingen - fås derimod en stykomkostning på ca. 26.70 kr. for emne 1 og ca. 498.00 kr. for emne 2, altså relativt langt fra værdierne ved $k=9$. Dette på grund af at eksponentialfordelingen er ekstrem »højreskæv«. Samtidig indsnævres konfidensintervallet.

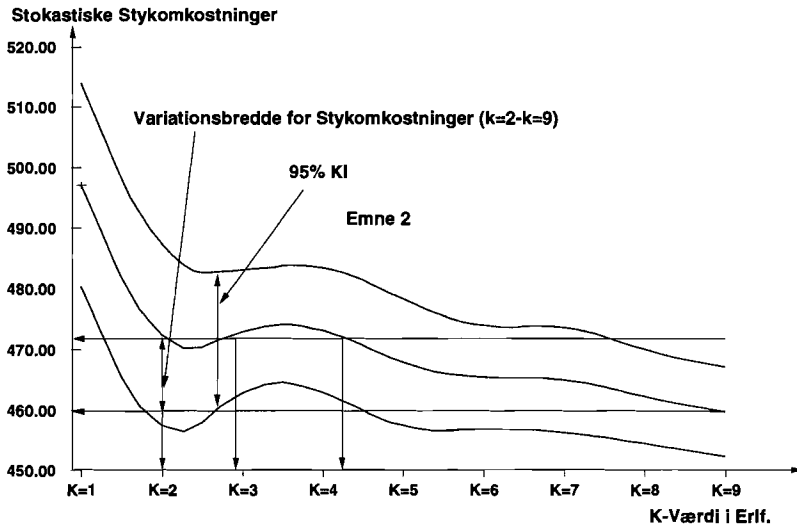
Det ses også at man ved forskellige k -værdier kan nå samme gennemsnitlig stykomkostning for de to emner. F.eks. ses, at for emne 1 fås en stykomkostning på, ca. 25,90 kr. omkring, $k=3,4,6$, og for emne 2 en stykomkostning på, ca. 472.00 kr. omkring, $k=2,3,4$.

Bearbejder en virksomhed relativt mange varianter i forskellige seriestørrelser i samme produktionssystem, kan dette også betragtes som om man blot behandler én variant men, at denne variant har varierende bearbejdningstid og variation. Det afgørende i dette studie er ikke om variationen er korrekt, nærmere at forventningerne er realistiske, idet disse er helt

FIGUR 6-10
STOKASTISKE STYKOMKOSTNINGER FOR
EMNE 1 VED FØRSKELLIGE K-VÆRDIER
I ERLANGFØRDELINGEN



FIGUR 6-11
STOKASTISKE STYKOMKOSTNINGER FOR
EMNE 2 VED FØRSKELLIGE K-VÆRDIER
I ERLANGFØRDELINGEN



afgørende for størrelsen af de forskellige præstationsparametre, som f.eks. leadtid. Herefter kan man, via en valgt sandsynlighedsfordeling, afprøve forskellige variationer hvorefter man kan indstille sig på, at der reelt eksisterer en eller anden form for variation, som man kan arbejde på at få reduceret.

Sammenfatningsmæssigt kan siges, at ved at lade $k \rightarrow \infty$ medfører dette, at $Var(*) \rightarrow 0$. Dermed kan det deterministiske tilfælde ses som et specialtilfælde af Erlangfordelingen.

Inkludering af det stokastiske element kan videre også få virkning på hvor mange maskiner man skal anskaffe til en given proces. En relativ stor stokastisk variation vil medføre, at man er nødt til at anskaffe flere maskiner for at klare en given volumenstørrelse hvis der hersker en relativ stor variation i processen. Dette bør igen få effekt på virksomhedens investeringsstrategi, idet man vil søge efter et mere kontinuerligt og synkroniseret produktionsforløb, via de maskiner man køber²⁶⁾.

6.7 Konklusion og Afsluttende Kommentarer

Formålet med dette kapitel har været, at vise resultaterne af tre forskellige test som er udført med udgangspunkt i IBMJ-anlæg, kombineret med de forudsætninger som er indbygget i OSM. For at bedømme resultaterne, er anvendt et udvalg af forskellige præstationsparametre, de totale stykomkostninger samt »cost surfaces« over forskellige kombinationer af pallerter.

- Hovedproblemet for omkostningskalkylerne hos *IBMJ*, jvf. *afsnit 6.3* har været at,
- man anvendte en særdeles skabelonsagtig divisionsmodel med ét cost pool og én cost driver efter amerikansk mønster, som ikke tog hensyn til emnernes forskellige træk på de forskellige ressourcer under produktionsprocessen,
 - der forelå en klar omkostningssubvention mellem de to emner til emne 2's fordel til trods for, at der allerede her var en mindre »economies of scope« effekt,
 - alle omkostninger har været pålignet alle emner, og man har ikke kunnet få information omkring omkostninger for den ikke-udnyttede kapacitet,
 - man anvendte ikke direkte nogen præstationsmål eller præstationsparametre til den operative styring. I så fald ville man have kunnet se, at stort alle de separate maskiner blev udnyttet under 50%,
 - man havde ikke taget højde for - eller på anden måde - inddraget nogen form for stokastiske effekt hverken i produktionsprocessen eller i virksomhedens kalkulationsmodel og
 - man har ikke afprøvet forskellige alternative ændringer i produktionen for at se, om man kunne få et mere afbalanceret eller synkront flow, og dermed også mulighed for lavere stykomkostninger.

26) En anden vigtig faktor i planlægningsfasen for et stokastisk produktionssystem er loadingprocessen.

Ved den *simultane udvidelse under det eksisterende værkstedslayout*, jvf. afsnit 6.4, lykkedes det i det stokastiske tilfælde, at forøge antallet af palletter for emne 1 med ca. 40% og for emne 2 med ca. 12%, blot ved at forøge loadingintensiteten, til trods for at der sker mindre stigninger i leadtiderne. Der er stadig mulighed for at reducere NAA i processen med ca. 60%.

Stykomkostningerne faldt også, men der eksisterer stadig relativt store omkostninger for ikke-udnyttet kapacitet. De forskellige »cost surfaces« viste, at en bestemt kombination af emne 1 og emne 2 afhænger, dels af samvariationen dels af stokastikken. Også i det deterministiske tilfælde for emne 2, reduceres svingningerne i stykomkostninger. Man kan derfor i 3-D-diagrammer søge efter et minimumspunkt for omkostningerne.

Ved *indsættelse af yderligere en SPC-maskine*, jvf. afsnit 6.5, er det lykkedes at få en langt bedre afbalancering af hele FMS-systemet via generelt højere kapacitetsudnyttelsesprocenter, reduktion af leadtiden specielt for emne 2, en reduktion af stykomkostningen for emne 2 med næsten 20% samt en forøgelse i antal palletter for emne 1 med ca. 175% og for emne 2 med ca. 45%. Samtidig er omkostningerne for den ikke-udnyttede kapacitet reduceret med cirka halvdelen.

Når kapacitetsgrænserne nåes i systemet, er det ikke alene stokastikken som får betydning, men også afhængigheden, rækkefølgen og samvariationen mellem emnerne i processen. Dette er specielt tilfældet under deterministiske forudsætninger, idet det ene emne trækker det andet med og skaber dermed en form for synergieffekt. Dette skyldes, at der ikke er nogen frigrænser som i det stokastiske tilfælde. Samtidig ses også, at »economies of scope« effekten er forbedret fra henholdsvis, 0.11 og 0.08 i det oprindelige IBMJ-tilfælde, til 0.16 og 0.12 i det udvidede tilfælde, hvilket er en relativ god forbedring.

Endelig skal påpeges *skævhedens betydningen* i en given fordeling, her Erlangfordelingen, via *k-værdien*. Denne har - som det kan ses - en relativ stor betydning, både for produktionsflowet men også for stykomkostningerne for de to emnetyper. Havde man indtaget flere varianter, hvor samvariation eller stokastikken havde været større, ville den omkostningsmæssige effekt have været langt større.

Sammenlignes over til den *mikroøkonomiske teori* omkring omkostningsforløb og omkostningskurver, er omkostningsforløbene i den *mikroøkonomiske teori* udenlukkende en funktion af volumen som cost driver. I den regnskabsmæssig OSM som her, bliver stykomkostninger ikke alene afhængig af volumen, men også af definitionen af omkostninger, omkostningsstruktur, valg af cost pool og definitionen af diverse cost drivers. Ved anvendelse af »cost surfaces« opnås yderligere kendskab til hvordan omkostningerne forløber eller betes sig over et givet produktionsinterval. I samme forbindelse kan der fås flere minimums- eller

maksimumspunkter for omkostningsforløbet. Hvornår sådanne punkter opstår, bliver vanskeligt at vurdere uden 3-D-diagrammer. I et givet produktionsprogram kan stykomkostningerne således være afhængig af, om man netop rammer ned i sådanne minimumspunkter. Tilsvarende kan man være uheldig og ramme et maksimumspunkt, uden man reelt har viden herom.

Som påpeget tidligere er de konkrete resultater i simuleringerne udelukkende et resultat af de forudsætninger som ligger bag produktionen og omkostningsmodellen. Der kunne således tænkes mange andre forudsætninger, ligesom der også kunne været inddraget helt andre forhold. Nedenfor skal et udvalg af sådanne alternativer og forhold påpeges.

- (1) Simuleringen her har været anvendt til, at anskueliggøre forskellen mellem deterministiske og stokastiske forhold på omkostningssiden, dels har simulering været anvendt til at eksemplificere et givet konkret produktionssystem og dets omkostningsforløb. Istedet kunne udelukkende kapacitetsgrænsens effekt være testet i et stokastisk produktionssystem, ved i højere grad at forsøgt flere muligheder for at reducere standardafvigelsen i processerne.
- (2) Hvis simuleringstiden på 1152 minutter blev ophævet, og man kunne producere kontinuerligt i gennem flere døgn, ville man også få helt andre muligheder og dermed helt andre stykomkostninger.
- (3) En alternativ cost driver - eller en tilføjelse til de eksisterende - kunne være den »totale leadtid« i omkostningsmodellen, hvilket også er anvendt i praksis. Leadtiden indeholder imidlertid også en stor del uproduktiv NAA-tid, hvorved dette kunne ødelægge estimaterne for de rene procesomkostninger. Dermed ville det heller ikke være muligt, at separere i forskellige processer.
- (4) I teorien er begrebet »særomkostninger« stringent og klart defineret. I en simuleringsmodel som omhandler mere end én produktvariant, skaber dette stringente begreb problemer, idet der kun er materialer og energi tilbage som en ægte særomkostninger. Derfor er her valgt, at se på de gennemsnitlige særomkostninger estimeret via OSM. Forskellige omkostningsbegrebsopfattelser kunne have testet.
- (5) Ved at anvende udelukkende en volumen-orienteret kalkylemodel som i IBMJ-tilfældet, ville samtlige omkostninger blot falde i takt med en forøgelse i volumen, og dermed signalere et motiv til at forøge volumen indenfor en given tidshorisont, som igen kunne medvirke til at skabe køerne på MHS. Forskellige typer af loadingfilosofier kunne være afprøvet, f.eks. udelukkende produktion af emne 1 indenfor et givet tidsinterval og herefter produktion af emne 2 indenfor et givet tidsinterval eller vice versa.

- (6) De to cost drivers »den volume-orienterede cost driver« og den »tidsmæssige cost driver« vil ofte trække i hver sin retning. F.eks. vil en forøgelse af volumen medføre, at de volumenorienterede omkostninger falder, mod at venteomkostninger forøges, hvis der ikke er udnyttet kapacitet. Dette bør afvejes i hver situation. Derfor bør man søge efter de kombinationer, hvor de totale omkostninger er i minimum. Inddragelse af test af forskellige cost drivers kunne være foretaget, evt. for at se hvilke fejl dette kunne resultere i.
- (7) Hvis man holder omkostningsberegningen indenfor den budgettede simuleringstid, vil der ikke opstå problemer med den samlede tilregning af omkostningerne. Kommer man ud over den budgetterede simuleringsperiode, vil der på samme måde som ved andre modeller, kunne opstå et problem med overdækning/underdækning af samtlige indirekte omkostninger. Effekterne af dette er ikke testet.
- (8) Principielt kunne alle cost drivers og omkostningstrukturer afprøves i OSM som denne er udviklet her, blot ved at ændre den relative procentvise fordeling mellem omkostningstyperne. F.eks. kunne undersøges, hvad der ville ske med stykomkostningerne, hvis der vælges fire eller flere cost drivers, i kombination med visse procentvise størrelser af faste eller indirekte omkostninger.
- (9) Selvom »kvalitetsomkostningerne« implicit er indkalkuleret i OSM her via de forskellige omkostningstyper via begrebet »yield« som her blot holdes konstant i samtlige simuleringer, ville det i OSM også være mulighed for, at teste den omkostningsmæssige effekt af en ændring af virksomhedens kvalitetsfilosofi, f.eks. ved at ændre SPC-testen fra de nuværende 10% til en mindre eller større testprocent.

Resultaterne fra OSM har vist, at blot med en specifikation af omkostningsarterne i tre cost drivers og i tre cost pools, fås en langt bedre og mere præcis kalkulationsmodel, afspejlende det faktiske ressourceforbrug i et samlet produktionsprogram. Dermed kan man konstant vurdere relationen mellem de forventede omkostninger for et givet produktionsprogram $E(\text{Omk.Prodpg.})$, de forventede omkostninger for den ikke-udnyttede kapacitet $E(\text{Ikke-Udkap.})$, salget og et givet overskud, eller som:

$$\text{SALG} - [E(\text{Omk.Prodpg.}) + E(\text{Ikke-Udkap.})] = E(\text{Overskud})$$

Ved hjælp af OSM, er det muligt kontinuerligt at overvåge denne relation samt evt. at søge efter at minimere de forventede omkostninger for den ikke-udnyttede kapacitet. Såfremt salget eller *omsætningen er konstant*, bør man søge at minimere, såvel omkostningerne for det planlagte produktionsprogram, f.eks. ved at søge efter minimumspunkter i de relevante 3-D-cost surfaces, eller at søge efter at få bragt omkostningerne for den ikke-udnyttede del ned. Sidste punkt kan f.eks. være at inddrage nye produkter, revidere priserne ændre produktmix etc.

Hvis man hertil lægger informationer omkring de komplementære forhold, som f.eks., forholdet mellem NAA og VAA, frembringes få, men relevante indikatorer for en vurdering af et givet produktionssystem. Stykomkostningen afhænger således både af produktionsprocessen, som valg af OSM.

OSM viste også, at der generelt er lave separate udnyttelsesprocenter af maskinerne. SPC-målingen har forholdsvis ringe betydning stykomkostningsmæssigt, men har relativ stor betydning produktionsmæssigt på grund af at denne er en *hvilende flaskehals* i den oprindelig anlægsdimension.

For at kunne sammenholde IBMJ og simuleringsmodellen med andre typer af produktion, gennemgås i næste kapitel 7 AUT's produktionsforhold og tilhørende kalkulationsmodel, som er montering på løbende bånd, også kaldet Flexible Assembly Line eller blot FAL.

7 ABB AUTOMATION VÄSTERÅS

På samme måde som ved IBMJ-casen, gøres her en beskrivelsesanalyse af AUT, med vægten lagt på produktion og kalkulation¹⁾.

Nedenfor gøres i afsnit 7.1 en kort introduktion til AUT. Herefter beskrives i afsnit 7.2 en analyse af den fleksible monteringslinie (FAL) med de tilhørende procesområder. I samme forbindelse gøres i afsnit 7.2.1 en beskrivelse af begreberne fleksibilitet, kapacitet og udnyttelse. I afsnit 7.3 beskrives virksomhedens kalkulationsmodel i hovedtræk med tilhørende formål og anvendelse af kalkylen. I afsnit 7.3.1 beskrives nogle opgaver for AUT's kalkylemodel. Endelig vises i afsnit 7.3.2 den konkrete kalkulationsmodel som anvendes til beregning af stykomkostningerne for et kredskort i FAL-linien.

7.1 Introduktion

Asea Brown Boveri er en verdensførende virksomhed indenfor elektronik omfattende, ca. 220.000 ansatte fordelt på ca. 1.400 virksomheder i mere end 140 lande og med en omsætning på ca. 160 milliarder SEK. i 1991/92. Hovedkvarteret er beliggende i Schweiz. Hovedområderne er kraftanlæg, krafttransmission, kraftdistribution og industri. Tilgang til moderne styrings- og overvågningssystemer som ABB-Master er af strategisk betydning for hele gruppen i forbindelse med levering til kunder i forskellige segmenter. De verdensomspændende aktiviteter er grupperet i 8 forretningssegmenter og i 50 forretningsområder (Business Areas). Hvert forretningsområde er selvstående med hensyn til ansvar for de globale strategier, forretningsplaner, fordeling af produktionsansvar og produktudvikling. ABB-Automation tilhører forretningsområdet »BA Process Automation« i industrisegmentet.

»Proces-Automation« består af et hovedkvarter, fire udviklings- og produktionscentre og et antal af lokale repræsentanter lokaliseret i forskellige lande, USA, Tyskland, Schweiz og Sverige. Hovedkvarteret er i USA. ABB Gruppen er en af de største virksomheder i Sverige. Totalt i Sverige var ca. 30.000 ansatte fordelt på 50-60 selvstændige virksomheder med en omsætning på ca. 52,6 milliarder SEK. i 1991/92. Regionalt hovedsæde for Sverige ligger i Västerås. Her er ca. 10.000 ansatte.

ABB-Automation - fremover benævnt AUT - er også en relativ stor produktionsvirksomhed set med svenske øjne indenfor den elektroniske industri. Omsætningen er ca. 1.000 millioner SEK. med ca. 1.300 medarbejdere alene ansat hos ABB Automation.

AUT fremstiller og sælger såkaldte kredskort »Printed Circuit Board (PCB)« til procesindustrien. Man tilbyder langsigtede totalløsninger indenfor alt fra projektering til igangsætning og service af komplette produktionsprogrammer og applikationsmuligheder. Produkterne er kendetegnet af høj kvalitet på kundernes præmisser og med produkttegenskaber som skal kunne løse den specifikke kundes problemer.

1)Revidering af beskrivelse og godkendelse af dette kapitel blev foretaget af AUT i juni 1993.

7.2 Den Fleksible Monteringslinie

Det *totale produktionssystem* for et kredskort består af forskellige maskineenheder, en enkelt robot i en bestemt proces, transportbånd og materialehåndteringsenheder af forskellig type med forskellig automatiseringsgrader. Værkstedet er opdelt på tre omkostningscentre, som igen er opdelt på et antal arbejdssteder. Et arbejdssted kan igen bestå af flere forskellige maskiner eller flere forskellige operations- og procesmuligheder. Hele produktionssystemet er organiseret i samme produktionshal og opstillet efter den mest hensigtsmæssige gennemløbsfilosofi for at reducere den samlede leadtid. Alle maskineenheder er DNC-styrede, dvs. at man kan styre alle maskiner via en central computer.

Produktionen hos AUT for kredskort består af en enkelt kontinuerlig linie eller transportbånd i første del af processen, som alle produktdele og komponenter skal igennem. Herefter påbegyndes en traditionel form for »batchproduktion«. Hele systemet for PCB kan karakteriseres som »Flexible Assembly Line (FAL)« efter JIT. Hvert PCB gennemløber dog ikke alle processer. Dette skyldes at visse PCB ikke tåler visse procesbehandlinger og derfor har krav på specifikke processer. Komponenternes krav til montering samt hvilken intensitet det skal benyttes ved de forskellige processer er forskellig. Også i batchproduktionen anstrenger man sig på, så langt det går, at anvende JIT-filosofien.

Den samlede produktionsproces består af et antal forskellige processer eller aktiviteter med forskellige sværhedsgrader og automatiseringsniveauer. De fire hovedmonteringsprocesser som anvendes hos AUT, kan beskrives som; mekanisk assemblering, semi-automatisk assemblering, (fuld)automatisk assemblering samt montering ved specialproces. Valget af en af disse monteringsteknologier afhænger helt og holdent af komponenternes udseende og funktion. Indenfor hver af disse fire processer styres montering og operationerne af et stregkodesystem, hvor en stregkode på PCB-kortet automatisk får maskinen til at skifte program og operation.

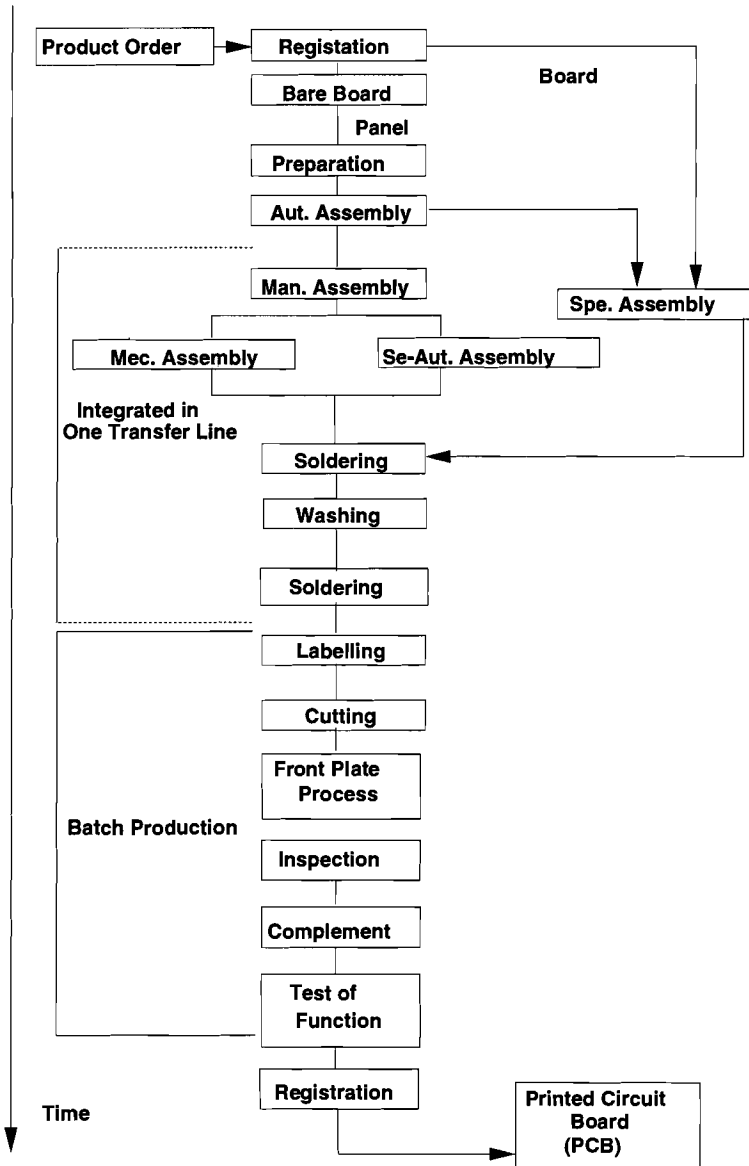
Nedenfor i figur 7-1 er vist det faktiske produktionsflow for et kredskort ved forskellige hovedoperationer²⁾. Virksomhedens kalkulationsfilosofi er at denne i så høj grad som mulig skal afspejle den faktiske produktionsproces.

Hovedtrinnene i produktionsprocessen kan beskrives som følgende.

Først kommer selve »the bare board« ind i processen som et panel og blive forberedt til første proces. »Automatic assembly process« er en forholdsvis kapitalintensiv proces. Denne proces er fuldstændig automatisk, dvs. den enkelte maskine udfører alle operationer og processer på det pågældende panel uden indblanding af operatører overhovedet. Alle komponenter ligger

2) Dette produktionsflow går på tværs af de forskellige omkostningssteder og arbejdssteder.

FIGUR 7-1
PRODUKTIONSFLOW OG FORSKELLIGE PROCESSER



i monteringsmaskinen. Der ligger i princippet fire forskellige delprocesser, opdelt på to forskellige bearbejdningssteder omkring »automatic assembly process«. Valget af maskine afhænger af udformningen af de forskellige komponenter. De fire typer af monterigssprocesser, som derfor også svarer til forskellige typer af maskiner er, Dual In-line Packet (DIP), Vertical Component Device (VCD), Service Mounting Device (SMD) samt Vertical Mounting.

»*Manual assembly*« inkluderer såvel mekanisk- som semi-automatisk montage og er reelt »manuelle operationer«. »*Mechanical assembly process*« er en del af begrebet manuel montage. I mekanisk montage monteres mekaniske komponenter, f.eks. skruer, møtrikker og transistorer med hånden.

»*Semi-automatic assembly process*« er et mix af de to foregående. Her peger en laserstråle på det sted på kredskortet, hvor komponenten skal monteres, hvorefter operatøren sætter komponenten i manuelt. Denne svarer stor set til en montering i hel-automatisk maskine blot med den forskel, at komponenterne ikke befinder sig i selve maskinen.

I »*soldering process*« sker selve lodningen hvorefter man checker denne lodning. Efter lodning sker der en løbende inspektion af processen eller en »*process viewing*«. Denne test er nødvendig af hensyn til lodningens kvalitet. Den betegnes ikke, som en traditionel operation. Operatører ser hurtigt på kortet, og hvis lodningen er utilfredsstillende, sker der en justering heraf, for at mindske efterfølgende fejl. »*Washing process*« betragtes som en »in-line-operation«, som PCB passerer igennem og bliver »børstet« eller renses med rent vand for at få håndfedt og salt fjernet.

»*Labelling process*« er en mærkning af kortet via en stregkode. Herefter betragtes kortet som unik forstås sådan, at indtil denne proces, har PCB haft karakter af et basiskort eller basisprodukt. Først efter denne proces begynder PCB-kortet at tage form af en specifikt variant eller et bestemt kort til en bestemt ordre eller kunde.

Når processen på det unikke kort begynder, betyder dette bl.a. også at de specifikke NC-programmer automatisk lagres i maskinerne til disse operationer. Denne »*labelling process*« må karakteriseres som en meget lille operation i forhold til andre operationer. Processen her, er blot at påsætte et mærke på kredskortet. »*Cutting process*« betyder, at man deler panelet til kort og kanter slibes bort. Forudsat at flere kort er sammen i et panel. I »*front plate process*« monteres frontplader på kortet. Denne er ganske kapitalintensiv og med forholdsvis små lønomkostninger. Dette er det eneste sted i processen hvor der indgår en robot i processen.

Produktionsflowet fra og med »*manual assembly*« og til og med »*process view*« kan karakteriseres som FAL med en JIT-filosofi, hvor basisproduktet skabes via forskellige monteringer. Her eksisterer der ingen lagre og ingen kapacitetsbegrænsninger. Denne kombination gør at der er en relativ stor fleksibilitet. Efter denne del af FAL-linien, produceres i serier og

med anvendelse af EOQ, hvorved der opstår setup-tider på grund af, at virksomhedens flow-filosofi ændre sig i takt med de specifikke varianter og specielt med hensyn til testfilosofi. Dette sker på grund af, at man samler alle typer af samme kredskort sammen, for at gøre testen samlet for samme type. Grunden til at man samler sammen er, at man skal skifte testværktøj for hver korttype³⁾.

»*Inspection process*«. Mellem forrige og denne proces ligger en mindre operation, hvor der i visse tilfælde sker en sortering. I denne proces kontrolleres blot at selve komponenterne findes, og at disse er monteret korrekt og korrekt loddet. »*Complement process*« kan opstå i de tilfælde hvor de enkelte komponenter ikke tåler lodningen, og derfor ikke kører igennem denne proces. I så fald, skal lodningen ske ved en simpel manuel proces. »*Test process of function*« består af IC-Test, produktionsverifikation samt funktionstest. Her prøves selve funktionen af kredskortet. »*Special assembly process*« er specielt beregnet til ældre kredskort som ofte også er lav-volumen kort.

7.2.1 Fleksibilitet, Kapacitet og Udnyttelse

Fleksibiliteten indgår hos AUT som det helt centrale i selve produktionsmulighederne⁴⁾. Produktionsteknisk afdeling, som bl.a. er ansvarlig for layoutet i produktionsområdet, er mest koncentreret omkring systemfleksibiliteten, dvs., fleksibilitet for driften i hele systemet. Resourcefleksibiliteten, dvs. fleksibiliteten for den enkelte maskine kommer i anden række.

Også AUT har eget udviklet CIM-koncept som støtter fleksibiliteten. En af de store fordele ved CIM-konceptet, herunder CAD/CAM som AUT ser det, er at man kan opretholde et bibliotek af konstruktioner. At kunne fremtage 20 årige gamle konstruktionstegninger er derfor med til at forøge servicen for såvel tidligere som nuværende kunder. Hele produktionssystemet kan derfor karakteriseres som et kontinuerligt flow-system med en vis binding mellem den menneskelige arbejdsindsats og produktionsrytmen.

AUT har en *automatiseringsgrad* når det gælder indsættelsen af komponenter på ca. 75-80%. »Automatiseringsgrad« betyder, det relative antal af komponenter som indsættes ved den fuldautomatiske monteringslinie, dvs. uden nogen form for indblanding af menneskelig hånd. En automatiseringsgrad på ca. 75-80% svarer til, at ca. 30 mio. af komponenterne monteres i den fuldautomatiske del af produktionsprocessen.

3)I modsat fald skulle man konstant skifte testværktøjet som igen ville medføre et stort slid specielt på kontakter o.lign.

4)Fleksibilitet i produktionen tolkes her, som en fleksibilitet i hele linien. Herudover tolkes fleksibilitet ved selve maskinen via softwaren, fleksibilitet i materialehåndteringen når det gælder hele linien eller fleksibilitet i operationsoplægningen, dvs. standardisering af komponentoplægningen således at alle produkter kan gå strømlinet igennem produktionen, også kaldet Design For Manufacturability (DFM).

Antallet af styk i en serie kan variere relativt meget, dog med en gennemsnitlig ordrestørrelse på 20-25. I realiteten tilstræber man en ordrestørrelse på 5-6 styk, men 12 styk anser AUT som det sandsynlige mål. At være i stand til, at producere i en ordrestørrelse ned til 5-6 styk, anser AUT for at være »meget fleksibel«. Dette forudsætter samtidig at alle råmaterialer, komponenter og detaljer er tilstede i rette tid og på rette sted i produktionen. AUT producerer ca. 1.500 forskellige varianttyper per år. For øjeblikket anvendes Wilsons Formel (EOQ) til beregning af den optimale indkøbsstørrelse af komponenter og halvfabrikata samt til optimal produktionsbatch i serieområdet⁵⁾.

I tilknytning til MPU anvender AUT en integreret produktionsplanlægningmodel. Den totale planlægning af kapacitet til maskiner og medarbejdere, gøres for et år ad gangen og anvendes *kun* i forbindelse med produktkalkulationen. Opgørelsen af kapaciteten gøres efter begrebet »normalkapacitet«.

Adskillige »normalkapaciteter« anvendes. Dette hænger sammen med at den enkelte bearbejdningssenhed må ses i relation til hvilke andre maskinen denne er tilknyttet og hvilken funktion denne har. Man er helt koncentreret om den daglige udnyttelse af maskinerne. Er behovet større end normalkapaciteten anvendes enten overtid eller der indsættes et nyt skift ved flaskehalsene⁶⁾. Da kapaciteten udelukkende bestemmes af kundens behov, som det udtrykkes, samt en leveringstid på 2-4 uger, så betyder dette, at »flaskehalsene« ofte flytter sig rundt i produktionsområdet afhængig af kundernes ønsker, også kaldet »moving bottle-necks«.

Udnyttelsen og kapacitetens størrelse, er derfor kun en relevant omkostningsvariabel, inden produktion sættes igang. Der er en ganske lav udnyttelsesgrad på maskinerne generelt. AUT påpeger, at det ikke er noget mål i sig selv at nå en 100% udnyttelse af maskinerne, nærmere et ønske om, at man skal være bedre til at håndtere og kombinere fleksibiliteten og udnyttelsen i kombination med hinanden. Man vil helst producere i så små seriestørrelser som mulig for at formindske leadtiden og dermed forøge fleksibiliteten. På den anden side skal størrelsen af serierne også være i overensstemmelse med kundens ønsker.

Den lave kapacitetsudnyttelse skyldes, at maskinerne kun kan arbejde med ét kort ad gangen i selve processen. Selve procesbearbejdningstiden er, ca. 1.5 time per kort. Hvis der ikke var nogen transport og kødannelse, burde leadtiden derfor være tilsvarende 1.5. time. Hele leadtiden er derimod ca. 3-5 dage, hvilket svarer til en køtid på ca. 90% af hele leadtiden. Der er derfor stadig gode muligheder for at reducere leadtiden eller NAA.

5) Visse parametre som anvendes i EOQ-formlen stammer fra produktkalkulationsmodellen, f.eks. setup-omkostningerne.

6) I forbindelse med kvalitetsmål som PPM og yield som også ligger til grund for kalkylerne, er erfaringseffekten dog bygget implicit ind via den permanente efterkalkulation som gøres per produkt.

Intensiteten eller proceshastigheden er ikke nogen reel eller mulig variabel. Maskinenhederne kan kun arbejde under en konstant hastighed. Hvis intensiteten skal forøges skal man investere i nye maskiner eller supplerende maskiner som kan arbejde parallelt. Dog ligger der en mindre mulighed for at forøge intensiteten, ved at anvende andre programmer til maskinerne, specielt ved fejlsøgning og kvalitetskontrol. Men dette er kun minimale justeringer som kan gøres for at forøge hastigheden.

Logistikken afhænger helt af hvilket mål man ønsker for værkstedet. Hvis man stiller større krav til produktionflowet stiller dette også krav til kortere leadtider. Som påpeget ovenfor, er intensiteten forholdvis konstant hvilket gør, at man heller ikke får mulighed for at øge transporten mellem de enkelte bearbejdningsprocesser. Dette vil i givet fald kun betyde kø eller voksende kø.

Mulighed for at styre processen er begrænset når først produktionen er sat igang. Som nævnt er alle maskiner DNC-styrede. Dette betyder at operatøren kun kan ændre lidt i selve processen, som f.eks. at vedligeholde maskinen eller at justere værktøjet.

Ved hver udvikling af et PCB gøres en automatisk produktplanlægning eller beredning (Computer Scheduling Algorithm). Samtidig anvendes CAD/CAM og det centrale Host Computer System⁷. Host Computeren anvendes for at få en optimal udnyttelse af den automatiske assemblering. Ca. 80% af positionerne ligger fast. Man udformer derfor kun programmet én gang, hvorefter hele beredningen gøres automatisk hver gang det pågældende PCB skal produceres. Operationskæden er også fastlagt en gang for alle operationer og for hver korttype.

Som nævnt ovenfor er setup-tiderne vigtige for den totale leadtid, men også i forhold til antallet af styk i en seriestørrelse. På meget små ordre - f.eks. 2 til 5 styk - kan setup-omkostningerne udgør helt op til 50% af de samlede produktionsomkostninger. Den totale gennemløbstid, dvs. fra loading til unloading, ses af den produktionstekniske afdeling som den eneste reelle »cost driver« for, at et kredskort kan blive så billig som mulig.

Den totale procestid består derimod af:

$$\text{Total Procestid} = \text{Bearbejdningstid} + [\text{Ventetiden}] + \text{Operatørtid}$$

For at reducere den samlede leadtid, har AUT focus på antallet af operationer som dette bl.a. er afspejlet i ABC-princippet. Som tidligere nævnt er den totale leadtid, dvs. fra loading til unloading for et kredkort ca. 3-5 dage, hvoraf monteringstiden (manuel, automatisk etc.) er ca. 1.5 til 2.5 dage. Herudover går der også ca. 1.5 til 2.5 dag med inspektion, test og pakning.

⁷)Host-Computeren er den primære eller styrende computer. Host Systemet er et data-processystem som anvendes til at forberede programmer og de tilsvarende omgivelser til anvendelse af andre computere eller styrende enheder, jvf. NNA Statement Number 2 (1983,p 51).

I *setup-omkostningerne* for en produktionsordre indgår justering og andre relaterede aktiviteter, så som,

- programmering,
- læsningen af diverse instruktionsskemaer,
- indbringelse og udbringelse af værktøj,
- rengøring af arbejdsbord,
- indbringning af testfikstur samt
- værktøjsskift.

Der eksisterer også aktiviteter fra det administrative område, som er relateret til setup-aktiviteten for den enkelte ordre.

Som AUT ser det, betyder en tankegang baseret på EOQ-formlen, at man i realiteten belaster værkstedet med de kort som reelt *ikke* skulle produces, altså »forkerte kort«⁸⁾. Man ønsker kun at producere det antal enheder man de facto behøver *dagen efter og som går direkte ud til kunden*. Denne filosofi nedsætter samtidig muligheden for, at der opstår kødannelser i produktionen mellem de enkelte serier, idet det er kødannelsen som reelt koster penge, også i kalkulationsmæssig forstand, både som en form for alternativomkostninger samt via selve de estimerede omkostningerne der er forbundet hermed. Produktionsteknikkerne ser derimod kun, at det koster penge såfremt der er placeret en operatør ved den pågældende maskineenhed.

En vigtig cost driver for hele produktionen som AUT ser det, er den totale leadtid. Eller som cost manageren udtrykker det;

»formindsket leadtid giver forøget fleksibilitet og forbedret markedsposition«.

AUT forsøge at mindske setup-tider og serie-størrelser, idet virksomheden mener, at høje setup-tider og store ordrestørrelser er med til at reducere fleksibiliteten.

I visse tilfælde kan det være en fordel med relativt store ordre eller serier, f.eks. hvis ordreomkostningerne er store. Dette fanges også op af virksomhedens kalkulationssystem. Kø kan opstå foran hver operation, hvis omstillingstiderne ikke synkroniseres med såvel takttiderne som bearbejdningstider. Ofte kan maskinerne omstilles simultant samtidig med at bearbejdningen foregår på en anden ordre. I så fald er maskin-setup-tiden reelt nul.

Fordelen ved at der eksisterer *ledig kapacitet* som produktionsfolkene ser det, er at setuptiden ikke påvirker andre ordre hvorved setup-omkostninger i den fysiske produktion skulle

8) På natten bestemmes hvilke produkter der skal køres i morgendagens produktion.

være nul. Derfor gøres der også store tiltag for, dels at forbedre layouttet af produktionen, dels konstant at forny maskinparken for at få det bedste og mest moderne produktionsudstyr. Derved sikres, at der konstant sker nye marginale forbedringer i den samlede produktionsproces⁹⁾.

7.3 Formål og Kalkulationsprincipper

AUT's indstilling har altid været at samtlige omkostninger skulle tilregnes produktet. Argumenten *for ikke*, at anvende et partielt princip, f.eks. bidragsmetoden konsekvent, udtrykkes med at denne ikke tager hensyn til de faste ressourcer og omkostninger på samme måde, som en effektiv selvkostmodel. Dette hænger igen sammen med, at virksomheden ikke kan se kapacitetstrækket udtrykt økonomisk for de forskellige produkttyper i en bidragsmodel. Bidragsmodellen opfattes som en yderst kortsigtet model, som ikke sikrer en indtjening på lang sigt, og som kun har et rent årsagsmæssigt sigte mellem ressourcer og omkostninger¹⁰⁾.

Selvom man har en »markedsbaseret pris« mener AUT stadig, at usikkerheden er for stor til blot at »optimere« på et dækningsbidrag, som det foreskrives i »conventional wisdom«¹¹⁾. Man ønsker at *reducere usikkerhedsmargin* fra omkostninger til pris via en fordeling af omkostningerne. Endvidere er argumentet også, at en totalmodel i længden er bedre til at sikre en re-finansiering af anlægsaktiverne. AUT's argument er derfor knyttet til en sikkerhed for at alle omkostninger, inklusiv de faste omkostninger, dækkes over tiden. Samtidig tager en bidragsmodel ikke hensyn til hvad kompleksitet og specielle designmæssige udformninger og fleksibilitet koster virksomheden. Som et resultat heraf, kan man udforme mere og mere komplekse produkter med samme dækningsbidrag til følge, eller som cost manageren siger:

»i modsat fald, ville markedet sikkert reagere ved at forøge efterspørgslen efter mere komplekse produkter som i en bidragsmodel blot ville vise samme dækningsbidrag, selvom der eksisterer relativt store forskelle i produkternes ressourceforbrug«.

Alle produkter kan i princippet udvise et positivt dækningsbidrag.

9) Dette har allerede givet sig udtryk i følgende marginale forbedringer; gennemløbstiden var i 1979 approksimativt 30 dage, gennemløbstiden i 1990 approksimativ 8 dage, gennemløbstiden i 1992 approksimativt 3-5 dage, gennemløbstiden i 1993 approksimativt 1 dag (target). For blot et par år siden, var leveringstiden ca. 25 dage for et kredkort. Idag er den ca. 2 til 4 uger. Det vigtige ved AUT's JIT filosofi er hele tiden at have ledig kapacitet i produktionen på hver maskine for at undgå flaskehalse. Dette opvejes igen af de mindre lagre og disses omkostninger. Når JIT skal anvendes sammen med mange varianter, bliver der behov for endnu mere ledig kapacitet fremover.

10) Dækningsbidrag regnes heller ikke per trængt maskine eller sektion. Dette begrundes med, at et PCB skal følge visse operationer for at komponenterne sidder korrekt, uanset om kortet går gennem en flaskehals eller ej.

11) Bed begrebet »markedsbaseret pris« mener AUT, at man skal ligge indenfor visse grænser og at man samtidig har en vis indflydelse på pris og mængde.

I visse situationer kan man dog gå ned til de marginale subsidiært variable omkostninger, men dette betragtes kun at skulle gælde i krise eller undtagelsessituationer. Man skal hurtigst mulig op på de totale omkostninger igen. Generelt må man ikke sælge under de totale omkostninger. Dog suppleres full-cost også af, at man kan se visse variable omkostninger. *Det er således mere et spørgsmål om »både og«*. Udgifternes forløb det som Cooper & Kaplan (1992) kalder »spending« og omkostningernes forløb eller »usage«, betragtes som to helt forskellige ting. Det er et spørgsmål om at gøre optimale og langsigtede omkostningsberegninger til produkterne, for såvel et kalkulationsmæssigt syn, som for at kunne vælge forskellige fremgangsmåder for fremstillingen¹²⁾.

Hvad der i givet fald skal betragtes som faste eller variable omkostninger, er fastsat centralt af økonomiafdelingen for et år ad gangen og bygger, dels på erfaringer igennem årene, dels på diskussioner, og dels på hvad der står i den »internal guideline« fra virksomheden. Der er forskellige motiver til valg af, hvor en omkostningsart hører hjemme. Opdelingen mellem faste og variable omkostninger har som sagt til dagligt ingen betydning. Den avancerede produktionsteknologi, herunder fleksibiliteten og den direkte DNC-styring af maskinerne, har medvirket til væsentlige ændringer i kalkulationssystemet, herunder bl.a. en tættere daglig styring.

Den kontinuerlige forbedring og udvikling af produktionen og produktionsprocessen gør, at også kalkulationen konstant udvikles og forbedres. Det ses som en afgørende forudsætning for en relevant og tilpasset markeds- og produktionssituation, at kalkylerne afspejler det reelle ressourceforbrug for alle produktionsfaktorer og på alle niveauer. Derfor arbejder afdelingen for »cost calculation« også i det daglige tæt sammen med produktionsteknisk afdeling, som bl.a. har ansvaret for udformningen af produktionsværkstedet¹³⁾.

I visse afdelinger er ABC-princippet implementeret. Dette gælder specielt i indkøbs- og beregningsafdelingerne, hvorimod man i selve produktionen og i værkstedet endnu ikke kan se fordelene med et »renlivet« ABC-princip. AUT mener at man med ABC-princippet får en bedre kalkylefleksibilitet, idet rutiner og ændringer heraf langt bedre kan bygges ind i kalkylen end tilfældet var i de tidligere traditionelle simple selvkostmodeller. Dermed er der også mulighed for en bedre »follow-up« og afstemning mellem det faktiske og planlagte forbrug af ressourcer og omkostninger, idet man stadig opfatter tiden og antal styk som rimelige og udmærkede cost drivers - eller kobling mellem årsag-virkning - til de indirekte omkostninger. Fremover ønsker man også at kunne se aktiviteternes variabilitet i produktionsområdet.

12) I kalkuleskemaet som fremkommer på cost managerens PC-skærm fremgår også størrelsen af de faste og variable omkostninger.

13) Organisationsmæssigt er begge »afdelinger« placeret i samme kontorlandskab med kun få meters mellemrum. Hermed skabes et forum, hvor alle relevante omkostningsmæssige og produktionsmæssige forhold diskuteres mod det forventede fremtidige behov.

ABC princippet medfører samtidig mulighed for, at konvertere flere indirekte omkostninger til direkte eller bryde de indirekte omkostninger så langt ned så mulig for at få et mere præcist udtryk for hvad produkterne koster. Her vil man dog fremover fortsætte med de traditionelle procenttillæg, dog med den afvigelse i forhold til det almindelig ABC-princip, at tillæggene beregnes på basis af aktiviteterne. ABC ses som en forbedring til den eksisterende selvkostmodel, idet man her kan vælge forskellige fordelingsbaser, direkte som indirekte, og både for de direkte og for de indirekte omkostninger.

Nedenfor i tabel 7-1 er angivet hvilke formål man er kommet overens med at kalkylen skal tilgodese fremover og hvilke forhold som derfor bør indgå i kalkulen.

TABEL 7-1
ANVENDELSESOMRÅDET FOR OMKOSTNINGSKALKULATIONEN HOS AUT

-
- Give Beslutsfattende:* Denne målsætning gælder de daglige beslutningssituationer hvor produktkalkylerne indgår, f.eks. i forbindelse med planlægningsmål, prisfastsættelse, designændringer for konstruktørerne, for værkstedsplanlægningen, lagervurderinger etc. Hos AUT anvendes som nævnt ovenfor kalkylen flere gange dagligt og i princippet af alle personer som har med tilbud, styring etc. at gøre.
 - Systematisk beslutsunderlag:* Dette gælder om at kalkylen er udformet i samme systematik eller metodik, samme beregningsteknik og metode til samme formål. Forskellige mennesker i forskellige afdelinger skal i princippet komme frem til samme resultat med samme forudsætninger.
 - Give handlingsalternativer:* Det vil sige give informationer om forskellige alternativer for samme forhold, altså variation i ressourcer og omkostninger. Heri ligger også forhold og rutiner fra administrationen, f.eks. om man skal have et funktionelt eller et flow-orienteret kontor.
 - Konsekvensanalyser:* Det vil sige at man i kalkylen skal kunne se forskellige påvirkninger, hvis man f.eks. vælger en bestemt produktionsmetode eller en bestemt produktionsteknologi etc. Heri ligger også forhold som omkostningsdifferencer ved forskellige kvaliteter, ved indkøb af komponenter, halvfabrikata, underhold og uddannelse. Et vigtigt forhold er hvilke omkostninger der fåes, hvis man investerer i forskellige maskiner. Samtidig ønsker man også at få de forskellige teknologier afspejlet i operationstider, transport etc.
 - Et momentant øjebliksbillede:* Hermed menes at omkostningerne kan henføres til en basisperiode, en given måned i et år, dvs. hvad er omkostningerne, f.eks. i september for materialer, pålæg eller arbejde. Man anvender dog indeksering af alle basisperiodens omkostninger i forkalkylen måned for måned. (April 1992)
-

Med andre ord man ønsker oplysninger om alle vigtige forhold som kommer til at indvirke på de faktiske omkostninger i produktkalkylen. F. eks. ønskes, at fikstur som er købt hjem til bestemte produktvarianter også belastes disse varianter. Idag regnes disse blot ind som et samlet procenttillæg sammen med andre omkostninger. Med gårdagens kalkulationsmetode ville, f.eks. en omorganisering af beredning *ikke medføre ændringer i omkostningerne*, da man tidligere anvendte samme cost pool. Heller ikke en bedre organisering, f.eks. flytning af folk, højere automatisering etc., ville blive afspejlet i omkostningerne i kalkylen. Med anvendelse af ABC, og en revidering af hele AUT kalkulationsfilosofi, kommer disse forhold også til at påvirke omkostningerne konkret. hertil**

7.3.1 Kalkulationssystemet

Hovedmålet for AUT's økonomistyringssystem er, at gøre så korrekte kalkyler som mulig, dvs at estimere alt medgået ressourceforbrug. Dette har ganske stor vægt, eller som det udtrykkes af økonomichefen hos ABB i Sverige.

»Att göra riktiga kalkyler är nödvändigt för ett företag så att vi vet hur stora våra kostnader är för att tillverka och sälja en produkt eller anläggning. Informationen behövs som underlag för prissättning mot kunder, liksom för resursdimensionering och effektivitetskontroll. För att kalkylerna ska bli riktiga krävs det att vi alla förstår företagets kostnadsstruktur och kalkylmodellens uppbyggnad (AUT's »Internal Guide-line« för Ny Kalkylmodell för ABB med nya Begrepp, 1992)».

Standardiserede kalkuler er samtidig nødvendigt ved en sammenligning indenfor hele koncernen¹⁴⁾. En forståelig og standardiseret kalkule, er også nødvendig hos medarbejdere, for at de kan forstå hinanden og kan sammenligne omkostninger for forskellige elementer. Den nye model som indførtes 1992, har betydning og anvendelseskraft ved salg, konstruktion, forråd og lager, produktion, indkøb efterkalkulation, ordrebehandling og regnskab.

For at pointerer hvor vigtigt AUT ser kalkulationen og dens opgaver, er nedenfor i tabel 7-2 kort beskrevet de forskellige opgaver, som AUT's cost manager har prioriteret og som denne og hans medarbejdere har ansvar for.

For AUT, spiller kalkulen en helt central rolle både for produktionen, som for de folk der arbejder med, og anvender kalkulationen.

14)Også i det tidligere ASEA, havde man disse tanker, som er udtrykt i 1992. Se f.eks. Liljeblad (1962).

TABEL 7-2
OPGAVER OMKRING KALKULATIONEN HOS AUT

»*Development of the product costing systems*« og dens metodologi, anvender Cost manageren ca. 50% af sin samlede tid på, idet denne tillægges stor værdi for det fremtidige resultat. Heri indgår også udvikling og afholdelse af interne kurser omkring kalkulation og kalkulation-metodik. Resten af tiden går til overvågning af cost managerens stab.

»*Comparing of standard product costing with actual costing*« sker en gang om måneden med ordre som kontrolenhed. Der lægges også relativ stor vægt på dette.

»*Account of defaced ordres*« udtrykker, at en ordre er annulleret, men at kunden kommer til at betale op til det som er forarbejdet for den pågældende ordre.

»*Cost estimates for current ordres*« eksisterer i de tilfælde, hvor man ikke har nogen fast pris, og hvor kunden må betale de faktiske omkostninger. Dette sker ofte for reparationer.

»*Index estimates for conversion and material costs*« gøres en gang i måneden. Denne skal afspejle omkostningsforandringer i værkstedet og for indkøbte materialer.

»*Statistics of financial and production data*« gøres til økonomisk afdeling, respektivt produktionschefen. Det er specielt kalkyldifferencer, omkostningsudvikling i Sverige kontra andre lande, samt visse præstationsmål som anses som vigtige.

7.3.2 Den Konkrete Kalkulationsmodel for FAL-Linien

Nedenfor i tabel 7-3 er den totale omkostningsmodel vist på den måde, som denne de facto anvendes på hos AUT. Denne model viser også, hvordan forskellige omkostninger opfattes og hvordan de kalkuleres og indregnet til det enkelte produkt.

$C^{MA}(j), C^{MA}(b)$ = alle variable og direkte materiale omkostninger, dvs. råmateriale, egne produkter og halvfabrikata dels på styk, dels på ordre niveau. Man har hos AUT ca. 16.000 ordre per år. Selv ved produkter købt direkte af AUT hos underleverandører, eksisterer der i mange tilfælde en ordreomkostning som AUT debiterer videre til kunden.

$CV_{\%}^M(j), CV_{\%}^M(b)$ = et procenttillæg for variable indirekte indkøbs- og oplagingsomkostninger, rente etc. på stykniveau og ordreniveau.

$CF_{\%}^M(j), CF_{\%}^M(b)$ = et procenttillæg for faste indirekte indkøbs- og oplagingsomkostninger, rente etc. omkostninger på stykniveau og ordreniveau. Der er ca. 75 hovedgrupper af komponenter.

$C^{DL}(j, d), C^{DL}(b, d)$ = de totale lønomkostninger, såvel på styk- som på ordreniveau for operation d . Der er ca. 11 arbejdssteder med forskellige satser.

TABEL 7-3
KALKYLELAYOUT OG BEREGNINGSPRINCIPPER HOS AUT

Cost Types	Unit/Volume Cost(j)	Order/Setup Cost(b)	Unit/Volume Cost(j)	Order/Setup Cost(b)
COSTS:	VARIABLE COSTS		FIXED COSTS	
Total Direct Material Costs	$C^{MA}(j)$	$C^{MA}(b)$	!	!
Total Material Overhead Costs	$CV_{\%}^M(j) \times C^{MA}(j)$	$CV_{\%}^M(b) \times C^{MA}(b)$	$CF_{\%}^M(j) \times C^{MA}(j)$	$CF_{\%}^M(b) \times C^{MA}(b)$
MATERIAL COSTS:				
Operation (d)				
Direct Labour Costs	$C^{DL}(j, d)$	$C^{DL}(b, d)$	!	!
Indirect Production Costs	$CV^{IPO}(j, d)$	$CV^{IPO}(b, d)$	$CF^{IPO}(j, d)$	$CF^{IPO}(b, d)$
.....				
Operation (D)				
Direct Labour Costs	$C^{DL}(j, D)$	$C^{DL}(b, D)$	!	!
Indirect Production Costs	$CV^{IPO}(j, D)$	$CV^{IPO}(b, D)$	$CF^{IPO}(j, D)$	$CF^{IPO}(b, D)$
Total Interest Costs	$i^{ka} \times VIA(j)$	$i^{ka} \times VIA(b)$	!	!
OTHER SPECIFIC COSTS:				
.....				
CONSTRUCTION COSTS:				
Construction (e)	!	!	$CF^{KON}(j, e)$	$CF^{KON}(b, e)$
.....				
Construction (E)	!	!	$CF^{KON}(j, E)$	$CF^{KON}(b, E)$
Production Planning:	!	!	$CF^{PLA}(j)$	$CF^{PLA}(b)$
PRODUCTION COSTS:				
TOTAL COSTS:	TOTAL VARIABLE COSTS		TOTAL FIXED COSTS	
TOTAL PRODUCTION COSTS(TPC)				
Plus a Percent Risk Charge	$C_{\%}^{RIS} \times TPC$			
TOTAL MANUFACTURING COSTS				
Sales Overhead Costs	$C_{\%}^{SAL} \times TPC$			
Administration Overhead Costs	$C_{\%}^{ADM} \times TPC$			
FULL COSTS:	Total Full-Costs			

! dette betyder at der ikke eksisterer omkostninger på dette niveau.

$CV^{IPO}(j, d), CV^{IPO}(b, d)$ = de totale variable indirekte produktionsomkostninger, såvel på styk og ordreniveau, for operation d .

$CF^{IPO}(j, d), CF^{IPO}(b, d)$ = de totale faste indirekte produktionsomkostninger, såvel på styk og ordreniveau for operation d .

$i^{ka} \times VIA(j), i^{ka} \times VIA(b)$ = de totale renteomkostninger på VIA. Disse omfatter renter på indkøbte materialer på lageret samt rente på materiale af egne produkter. Disse beregnes både på stykniveau og ordreniveau.

På samme måde, er rente også kalkuleret på setup-tiden, fordi der i setup-tiden ikke kan produceres, og materiale derfor ligger »stand-by«.

$CF^{KON}(j, e), CF^{KON}(b, e)$ = de samlede faste konstruktionsomkostninger, dels på stykniveau, dels på ordreniveau for konstruktion e .

$CF^{PLA}(j), CF^{PLA}(b)$ = de samlede produktionsplanlægningsaktiviteter såvel på styk som på ordreniveau.

Det sidste trin i den totale model, er risikotillægget $C_{\%}^{RIS}$ som er inkluderet sammen med salgs- og administrationomkostningerne, hvilke er fordelt via en procenttilæg, men som fremover også skal erstattes af ABC-princippet.

Det *marginal risikotillæg* er kalkuleret på grundlag af erfaringer indeholdende tillæg for spild, kassation, genbearbejdning etc. af enheder. Herudover er der tillæg for ordremængden, usikkerhed i omkostningsberegningerne for materiale samt usikkerhed i de indirekte produktionsomkostninger.

Som det måske er bemærket, er der ved materialeomkostninger også en omkostning som varierer på ordreniveau. Dette er typisk når AUT køber paneler eller »bare boards«, idet virksomheden også må betale for en special setup hos underleverandøren. AUT ønsker separat udskildt denne omkostning i AUT's egen kalkulation, da kunden også skal betale for dette. Derfor er AUT i stand til, at indikere hvilke omkostningstyper der indgår fra underleverandøren. Samtidig må det bemærkes, at al løn betragtes som en variable omkostninger. For konstruktionsomkostningernes vedkommende, er disse beregnet efter, at man skal have alle konstruktionsomkostningerne indregnet via produkterne. Man ser, bl.a. på hvor meget det har kostet, at udvikle produktet, hvorefter der gøres en prognose på hvor mange enheder man vil producere under livsforløbet for det pågældende produkt. Dette er en ren stykomkostning. Disse satser revideres efterhånden som nye prognoser gøres.

* Alle de variable ordreomkostninger dækker hovedsagelig operatørens direkte arbejde med setup, hvorimod de faste ordreomkostninger hovedsagelig dækker lokaleomkostninger og visse maskinomkostninger. Det sidste gælder betaling for, når maskinen står stille i en setup. Begge er relateret til den direkte arbejdstid. AUT's model er således en blanding af ABC-princippet,

og en traditionel tillægskalkulation. Samtidig anvendes ABC-princippet både for stykomkostninger og ordreomkostninger på samme niveau. Samtidig er der både faste stykomkostninger samt faste ordreomkostninger, dvs. i første tilfælde er volumen en cost driver, i andet tilfælde er ordre cost driver. Gøres en kalkulation, f.eks. på 20 styk istedet 10 styk, ændrer de variable og faste ordreomkostninger sig ikke (der er kun tale om én ordre). Dette medfører i princippet blot, at de samlede enhedsomkostninger bliver mindre, idet både variable og faste ordreomkostninger nu deles ud på 20 istedet for på 10.

Det er samtidig vigtigt at bemærke, at der kan være tale om såvel input som output størrelser.

Anvendelse af ABC-princippet, har også medført, at man er gået over til »direct charging«, altså, at man *ikke anvender* fordeling af omkostninger mellem afdelingerne, f.eks. mellem en direkte produktionsafdeling og en supportafdeling. AUT anvender »direct charging« i relation til kalkulationen, for såvel variable som faste omkostninger for de enkelte hjælpe- og supportafdelingen. Dette har samtidig medført langt mere præcise beregninger for ressourcerne i hjælpeafdelingerne. Samtidig har det dog også medført langt mere registrering af ressourcer til de enkelte ordre.

Som det kan ses, bygger standardkalkylen på opdelingen i variable og faste omkostninger. De variable omkostninger anvendes kun ved mindsteprisfastsættelse, som er yderst sjældent. De faste omkostninger betragtes som nødvendige for, at kunne identificere problemer, såvel omkostningsmæssigt som ressourcemæssigt, f.eks. ved anvendelse af for mange aktiviteter på et bestemt niveau.

Endelig skal det bemærkes, at AUT's anvendelse af begreberne »variable og faste omkostning« ikke stemmer overens med de i teorien anvendte forudsætninger. F.eks. betragtes lønnen som variabel, trods at lønnen ikke varierer direkte med volumen. Grunden til at betragte lønnen som en variabel omkostning er, at man kan separere og registrere lønninger i overensstemmelse med artikler og ordrer. Dette beror også på, hvilket sigt man ser variabiliteten over. I tilfældet her, bliver resultatet også afhængig af om man ser på den enkelte omkostningsart, eller f.eks. en volumenforandring under et år. Det samme er tilfældet for mange andre omkostningstyper og ressourcearter. Det er her tale om »en faktisk særømkostningsbetragtning« i mere regnskabsmæssig betydning, ikke hvordan udgifterne for en produktionsfaktor rent faktisk forløber. Selv i en »make or buy« kalkyle, er det »samtlige faktiske omkostninger« som kommer i betragtning, ikke det faktiske udgiftforløb.

7.4 Konklusion og Afsluttende Kommentarer

Nedenfor er der gjort en opsummering af AUT's produktionsforudsætninger i kombination med AUT's tilhørende kalkulationsmodel, samt et par afsluttende kommentarer.

- (1) AUT's produktionsform(er) kan klassificeres som »et mix« af seriebearbejdning i kombination med en FAL-monteringslinie, med eget udviklet CIM-koncept til både styring af ressourcer og omkostninger, og med en målsætning omkring et JIT-filosofi.
- (2) FAL-linien har en forholdsvis lav kapacitetsudnyttelse, hvilket til dels også er ønskelig, fordi det for AUT er mere ønskeligt at være fleksibel end have fuld kapacitetsudnyttelse. Høj fleksibilitet kan være med til at forøge antallet af produkter på markedet og dermed forbedre relationen til kunder.
- (3) På grund af det relativt store antal kalkulationer der bliver foretaget hver dag, og fordi focus bliver sat på ressourceudnyttelse, anses kalkulationen for at være et særdeles vigtigt beslutningsinstrument.
- (4) Da kalkulationen er vigtig, skal metode og kalkulationsberegningsprincipper for kalkulationen også afspejle det konkrete ressourceforbrug og samtidig være konsistent.
- (5) Virksomhedens forkalkylemodel er baseret på det konkrete ressourceforbrug og de dertil hørende omkostninger. Disse kommer bl.a. fra de produktionsmæssige registreringer via CIM-konceptet. Virksomheden anvendte flere beregningsprincipper herunder, bl.a. ABC-princippet samt procenttillægsprincippet.
- (6) Hver maskine, proces eller teknologi bliver betragtet som et selvstændigt cost pools med egen cost driver, svarende til en mere tysk orienteret tankegang. Dette gælder både bearbejdningen som monteringen. Dermed kan man få præcise omkostninger for de forskellige processer.
- (7) Relativ stor implicit hensyntagen til kapacitetens omkostningsmæssige betydning, via bl.a. fleksibiliteten. Dette bliver gjort, dels via setuptider og setupomkostninger, dels ordrenes størrelse. Hos AUT er man klar over at en rådighed af ledig kapacitet, koster penge.
- (8) Begreberne faste og variable omkostninger anvendes i kalkulationsmæssig sammenhænge, men kun i relation til styk og ordreniveau, således at man har fire omkostningsgrupper. Heller ikke hos AUT anvendte man særømkostningskalkyler. Også her er udgangspunktet at full-cost skal anvendes.
- (9) For at undgå omkostningssubvention mellem de forskellige varianter, anvendes en kalkulationsmodel bestående af flere beregningsprincipper.
- (10) Der gøres store anstrengelser for korrekt, at udskille de forskellige setup-omkostningerne, i løn-setup-omkostninger, maskin-setup-omkostninger, samt andre indirekte setup-produktionsomkostninger. Setupomkostningerne indgår i AUT's kalkulationsmodel på et detaljeret niveau.

Også i dette kapitel har formålet været, at gøre en beskrivelsesanalyse af AUT's produktionsforhold, og analysere dette i relation til virksomhedens kalkulationsfilosofi. Dette er gjort for, at få indblik i hvilke overvejelser virksomheden har gjort sig omkring sammenhængen mellem produktion og kalkulation. Som det fremgår ovenfor, har AUT gjort sig

mange tanker omkring denne sammenhæng, bl.a. ved konstant, at forbedre virksomhedens kalkulationsprincipper i takt med investeringer i ny maskiner, samt at sørge for, at disse principper også bliver ført ud i livet.

Både AUT's som IBMJ's kalkulationsfilosofi skal i næste kapitel sammenlignes med de kalkulationsforslag som har været fremme i teorier i kapitel 2.

8 ANALYSE, SAMMENFATNING OG KONKLUSION

8.1 Introduktion

Formålet med dette kapitel er, at kombinere de empiriske og modelmæssige undersøgelsesresultater i kapitlerne 4-7 med den teori som blev gennemgået i kapitel 2. Kapitlet afsluttes hermed teorianalysen omkring kalkulation under MPU-omgivelser. Under hvert af de empiriske studier i kapitel 4 og 7, blev der gjort en opsummering af de vigtigste resultater. Disse kan anses som en selvstændig analyse og vurdering af den enkelte case, og skal ikke diskuteres yderligere her. Her diskuteres kun de grundliggende sammenfald og forskelligheder der kan drages mellem teori og empiri.

Grunden til at placere teorien førend empirien var, at man via teorien fik en mulighed for at anvende de fastlagte og teoretiske begreber på de empiriske forhold.

Gennemgangen i kapitel 2 havde derfor til formål, at indkredse hvilke svagheder de eksisterende kalkulationsmodeller havde i relation til MPU, og hvilke forhold der er interessante for virksomheder med MPU i forbindelse med kalkulationsområdet. Analyse af teorien i kapitel 2 viste også, at der eksisterer visse fælles træk, men at der også hersker forholdsvis stor uenighed og variation på kalkulationsområdet, selv når produktionsforudsætninger er forholdsvis ens. Denne tvetydighed er kompliceret at håndtere set ud fra en forskers synsvinkel. Dette skyldes, at selv et så forholdsvis håndværkspræget område som produktkalkulation, i realiteten er langt mere kompleks og afhænger af langt flere variable, end hvad traditionel teori umiddelbart tilsiger.

Et andet resultat fra gennemgangen af teorien fra kapitel 2 er, at ikke alt i teorien egner sig til en sammenligning for begge case-virksomheder. F.eks., er der ingen logik i at sammenligne Kleiners model med IBMJ, idet såvel produktionsforudsætninger som markedsforudsætninger er vidt forskellige. Tilsvarende er det heller ikke relevant at sammenligne AUT med Holbrooks case-studie omkring JIT, idet opstillingen og værkstedlayoutet hos AUT er vidt forskellig i forhold til det som gælder for Holbrook.

Ses retrospektivt på det som indtil nu er fremgået af afhandlingen, kan det siges, at teorien har været anvendt som støtte for den empiriske analyse samtidig med, at det omvendte også har været tilfældet, at den empiriske analyse har været med til at påvirke fortolkningen af teorien.

Nedenfor diskuteres følgende forhold,

- sammenligning af produktionsforudsætningerne i FAL/CIM/JIT-monteringen hos AUT og FMS/CIM/JIT-produktionsprocessen hos IBMJ på den ene side mod teorien på den anden side, samt
- sammenligning af AUT's kalkylefilosofi og IBMJ's kalkylefilosofi på den ene side mod de principielle overvejelser i teorien på den anden side.

Dvs. en diskussion af, om de to case-virksomheder kan siges at have ideelle produktionsforhold og kalkyleforhold i relation til den teori som blev gennemgået i kapitel 2, eller om IBMJ og AUT går videre end det teorien tilsiger.

8.2 IBMJ's vs AUT's Produktionsproces

Som påpeget under kapitel 2, er det vanskeligt at klassificere den moderne produktionsteknologi i mere fastlagte typologier på samme måde som tilfældet har været for den traditionelle produktionsteori, jvf. også figur 2-1. Dette på grund af de mange facetter der er forbundet ved MPU, de mange anvendelsesmuligheder og ikke mindst det forhold, at MPU ofte er et sammensurium af flere forskellige produktionsmetoder og filosofier anvendt på sammen tid.

Nedenfor er diskuteret de indflydelsesfaktorer som har præget den forudgående del af afhandlingen, og som efter forfatterens mening bør anses som nogle af de vigtigste med hensyn til fastlæggelse og vurdering af kalkulation og MPU. I afsnit 8.2.1 startes med en sammenligning af AUT's og IBMJ's fællestræk omkring produktion samt relationen over til virksomhedernes kalkulationer. Herefter er i afsnit 8.3 udvalgt seks områder, hvor de to case-virksomheders kalkulationsforhold sammenholdes med teorien på området. Endvidere sammenholdes OSM med Son & Park's model i afsnit 8.3.8. I afsnit 8.4 beskrives nogle mere generelle bidrag, hvorefter der i afsnit 8.5 nævnes nogle specifikke problemer omkring kalkulation og MPU. Til sidst afrundet afhandlingen i afsnit 8.6 med nogle implikationer og refleksioner til fremtiden omkring MPU og kalkulation.

8.2.1 Fleksibel Produktion vs. Fleksibel Montering

I dette afsnit gøres en kort sammenligning af begge virksomheders produktionsforhold sammenlignet med de teoretiske argumenter og definitioner omkring de specifikke elementer i produktionsprocessen, som også har betydning i kalkulationsmæssige sammenhænge.

Såvel AUT som IBMJ kan karakteriseres som virksomheder med MPU. De to virksomheders produktionssystem er dog væsentlig forskellige fra hinanden. Begge virksomheder anvender dog et CIM-koncept i forbindelse med dataoverførsel, og begge virksomheder følger også et JIT-princip i produktionsflowet. Grunden til at præcisere CIM og JIT er, at dette i realiteten er med til at fastlægge en virksomhedens kalkylefilosofi.

Selvom produktionsforholdene er væsentlig forskellig for de to virksomheder, er der også visse fællestræk.

Fællestræk hos IBMJ og AUT:

Såvel ved IBMJ's FMS-celle som ved AUT's FAL-linie, tilstræbes en gennemløbsfilosofi som skaber synkronisering og afbalancering af hele produktionsprocessen. Dette er dog langt lettere at opnå hos IBMJ end hos AUT. Dette skyldes, at man blot producerer to emnetyper hos IBMJ i samme FMS-system, hvorimod man hos AUT producerer op til 1.500 forskellige varianter i samme FAL-linie.

Ud over disse produktionsteknologier, gør begge virksomheder også brug af integration af data fra forskellige datasystemer via CIM-konceptet samtidig med, at man søger at minimere leadtiden via pull-through, altså JIT-filosofien i produktionsområdet. Herudover anvender virksomhederne også CAD/CAM som støttefunktioner for at forbedre planlægningen og reducere setuptider og setup-omkostninger.

Produktionsforholdenes Betydning for IBMJ's Kalkulation:

Typologisk set kommer produktionen hos IBMJ tæt på betegnelsen »masseproduktion til ordre«. Helt præcist burde IBMJ's produktion karakteriseres som »masseproduktion til ordre via FMS/CIM/JIT« for at give det fulde billede af hvilke forhold en kalkulation skulle kunne håndtere. Dette kan også ses, af at IBMJ i realiteten ikke opererer med en setup på samme måde som ved ordinær serieproduktion i et FMS-system.

Problemet hos IBMJ var, at man overinvesterede i fleksibilitet, måske ud fra et fremtidigt behov, og at man dermed indirekte forøgede de eksisterende omkostningerne for de produkter man producerede i anlægningen. Fleksibiliteten blev ikke udnyttet i tilstrækkeligt omfang hos IBMJ. Et af de afgørende argumenter for IBMJ da man investerede i MPU var, at de totale stykomkostninger skulle blive mindre end de ellers ville være ved den eksisterende teknologi. Dette blev også tilfældet, men nærmere på grund af den måde man kalkulerede på, og ikke på grund af større effektivitet eller bedre produktionsmetoder.

Sammenlignes anvendelse af IBMJ's FMS/CIM-celle med den anvendelse som er gengivet hos Foster & Horngren (1988a) kan siges, at anvendelsen af FMS-systemet på forholdvise få produktvarianter, svarer ganske nøje til den anvendelse som blev gengivet her under amerikanske forhold. Her viste undersøgelsen, at man i realiteten overinvesterede i fleksible produktionssystemer, som derefter ikke blev anvendt efter hensigten samtidig med, at visse produktionsfolk ikke ønskede at anvende den nye teknologi, på grund af for høje stykomkostninger.

IBMJ havde blot én væsentlig variabel at fokusere på, nemlig kapacitetsudnyttelsen. Også en forbedring af yelden fra de nuværende 80% kunne have reduceret stykomkostningerne væsentligt. I den daværende beregning af kapaciteten indgik flere variable, f.eks. bemandet og ubemandet tid, som endvidere var forskellig ved de forskellige typer af maskiner og robotter, hvor kapaciteten også blev beregnet retrospektivt. En stor del af de reale størrelser blev der ikke taget hensyn til i emnernes stykomkostninger.

Produktionsforholdenes Betydning for AUT's Kalkulation

Tilsvarende kan AUT karakteriseres som »kunde/ordreproduktion via FAL/CIM/JIT«. Den sidste del af AUT's produktion kan karakteriseres som ordinær serieproduktion. AUT monterer relativt mange komponenter til relativt mange kredskortvarianter i FAL-linien. De forskellige kredskortvarianter havde forskellig krav til de forskellige processer og de forskellige teknologier, hvilket også blev afspejlet i de forskellige produkters omkostninger.

Hos AUT satte man relativ stor focus på fleksibiliteten, f.eks. ved at reduce den totale leadtid i produktionsprocessen. For at forfølge dette mål, blev der sat focus på styring af produktionen. Derimod havde udnyttelse af maskinerne ikke den vægt som tilfældet var hos IBMJ, trods det faktum, at disse udgjorde en stadig stigende del af produkternes totale produktionsomkostninger. Det var vigtigere at være fleksibel, end at have fuld kapacitetsudnyttelse eller rettere, det er nødvendigt at have ledig kapacitet for at være fleksibel. Derimod blev der lagt stor vægt på »yielden« for at få kvalitetssikre emner. Denne skulle helst være omkring 95-100%.

Fleksibilitet hos AUT blev defineret forskelligt i produktionsafdelingen, f.eks. som muligheden for at producere forskellige udforminger af et produkt, dvs. store og små kredskort eller f.eks. muligheden for at kunne producere under forskellige teknikker og teknologier, dvs. mere knyttet til processubstitutionens muligheder.

Det har dog vist sig, at én bestemt filosofi - f.eks. en testfilosofi eller en specifik produktionsproces - kunne forårsage flaskehalse eller produktionsproblemer for andre varianter i den serie-orienterede del af linien. Dette blev der ikke taget hensyn til i virksomhedens stykomkostninger. Setuptiden for AUT for en serie, svarer stort set til det samme som at tilvirke ét styk af en given variant igennem hele processen. Hvis man kun producerede ét styk blev den samlede monterings tid derfor i realiteten fordoblet.

I forhold til IBMJ, ligger sekvensen i en monteringslinie ikke i så faste rammer som i et procesflow. Dermed har AUT en væsentlig hovedvariabel til forbedring af produktionsflowet, nemlig en forbedring af sekvensen, dvs. ordrerækkefølgen af varianterne i produktionen. En forbedring af sekvensen i FAL-linien ville også mindske omkostningerne i kalkylen, og forbedre leadtid og dermed kapacitetsudnyttelsen. Tendensen i dag går også fra individuelle monteringslinier til mere fleksible monteringslinier, hvor vægten lægges på hvilke typer af kredskort der skal igennem monteringslinien på givne tidspunkter, idet dette vil forbedre den samlede udnyttelse

Afsluttende Kommentarer:

På et par punkter kan siges, at både IBMJ og AUT adskiller sig fra den taksonomi, som man normalt finder i produktionslitteraturen, jvf. også kapitel 2. For IBMJ's vedkommende, fordi man havde en form for masseproduktion i et FMS/CIM/JIT-celle. Dette betød at CIM

og JIT-konceptet ikke blev udnyttet til fulde, idet dette er beregnet til mere varieret produktion. For AUT's vedkommende, fordi man her har såvel JIT-produktion for første del af FAL-linien samt ordinær batch-produktion for den anden del af FAL-linien.

Når man investerer i MPU, og man samtidig ikke udnytter dette i kombination med fleksibiliteten, har det dog ofte vist sig, at stykomkostningerne reelt blev højere end hvis man fortsatte med den eksisterende teknologi eller anlæg, jfv. også tidligere.

En løsning kunne være, at lade en vis del af den ikke-udnyttede fleksibilitet og kapacitet blive udskildt i kalkulationsmæssige sammenhæng¹⁾. En anden metode er, som det er forekskrevet her at udskille disse omkostninger separat i kalkulationen.

Når empirien her sammenholdes med teorien i kapitel 2 omkring produktionstypologier etc, kan det konkluderes, at FMS hos IBMJ og FAL hos AUT principelt ikke ændre slutproduktet, men blot ændre produktionsmulighederne via hurtigere produktion og mere præcisionsorienteret produktion. På samme måde, er CIM og JIT blot med til at forbedre integration af data fra flere forskellige kilder og f.eks. forbedre leadtiden i produktionen, men ændre principelt ikke på selve dataene. F.eks. giver CIM-konceptet mulighed for hurtigt at få information om setuptider og setupomkostninger. Tidligere beregnede man disse via målinger i produktionen, evt. i et separat system men dataene er principelt de samme.

Det som MPU ændrer, og som har betydning for kalkulationen er,

- hurtigere og bedre dataindsamling fra produktionen,
- ændret omkostningsstruktur via ændrede relationer mellem de enkelte omkostningstyper og via ny omkostningsarter samt
- at måling af omkostninger for visse produktionsforhold, som tidligere var uøkonomisk at beregne, nu er gjort økonomisk forsvarlig at beregne.

Sidste punkt gælder f.eks. for i) sparede omkostninger ved at implementere et JIT-princip, uanset om dette gøres i FMS eller FAL, ii) omkostningsberegninger for kapacitet, udnyttelse og ikke-udnyttet kapacitet samt yield.

8.3 Virksomhedernes Kalkylefilosofi

Ud over forfatterne - Knoop og Kleiner - som blev gennemgået i kapitel 2, har bl.a. også Frenckner & Samuelson (1984,p 109), Schweitzer & Küpper (1986,p 182) samt Coenenberg (1992,p 92f) påpeget, at det bør være kalkylens formål sammen med virksomhedens struktur, finansiering, organisationsforhold og markedsforholdene, som afgør den konkrete

1) Dette er bl.a. foreskrevet af Cooper & Kaplan (1991b,p 169). Her anbefales det, at en evt. overinvestering i teknologi kan tages som en engangsnedskrivelse over virksomhedens resultatopgørelse, hvis man har indset at man ikke får brug for denne.

kalkylefilosofi. Man kan derfor heller ikke umiddelbart afgøre, om en given kalkulationsmodel er god eller dårlig, *førend* man har fået oplyst de nærmere omstændigheder omkring kalkylens formål.

Nedenfor i tabel 8-1 er vist nogle udvalgte parametre til bedømmelse af de to virksomheders forhold, og som også indirekte har en vis indflydelse på hvordan en given »optimal« kalkulationsmodel bør udformes.

TABEL 8-1
UDVALGTE PARAMETRE HOS AUT OG IBMJ

Forhold	AUT	IBMJ
Produktionsmodel	FAL/CIM/JIT	FMS/CIM/JIT
Henføringsprincip	Direct Charging	Direct Charging
Antal Varianter	1.500	2
Gennemsnitlig procestid	40-90 minutter	90 minutter
Seriestørrelse	20-25 stk	>10.000
Produktionensproces	4-8 processer	16 proceser
Antal Tilbud	75 per dag	2-5 Faste Ordre
Stykomkostninger	>5.000 kr	50-300 kr.

Hvor man hos IBMJ har mellem 4 og 8 forskellige processer for de to emner, har man hos AUT gennemsnitligt 16 forskellige processer. Paradoksalt nok, adskiller procestiderne sig ikke væsentligt fra hinanden som det kan ses, selvom det som nævnt tidligere i realiteten er to helt forskellige produktionsformer.

Der eksisterer dermed ligheder eller fællesholdninger på tre områder;

- begge virksomheder tilstræber et JIT-princip,
- begge virksomheder ønsker så stor udbredelse af »direct charging« som mulig samt
- begge virksomheder angiver, at det er svært at anvende og fortolke særømkostningsbegrebet, ligesom man heller ikke har speciel focus på et dækningsbidragsprincip.

På samtlige andre områder er de to virksomheder væsentlig forskellige. Det gælder, f.eks. hvis man sammenligner deres specifikke produktionsmetoder og produktionsteknologier. På dette område er det derfor umiddelbart nødvendigt, at adskille AUT og IBMJ fra hinanden, idet principperne er vidt forskellige. Dette gøres også i teorien via forskellige typologier. Derimod bliver det vanskeligere, når der henses til regnskabsteorien og til kalkulationsteorien. Kalkyleteorien har ikke samme stringente klassifikation vedrørende kalkulationsmodeller og principper, som produktionsforfatterne har på produktionsområdet.

Som det også er fremgået af kapitel 2, kan Knoop og Kleiner betragtes som de forfattere, der bedst har forstået at udarbejde de mest produktionsorienterede kalkylemodeller. Man kan derfor vælge, at se disse to forfatters modeller som en slags »benchmark på kalkulationsområdet«. Derfor kan Kleiners model anses som en »benchmark« for AUT, idet Kleiner også analyserer forholdene under FAS/L. På samme måde kan Knoops model anses som en »benchmark« for IBMJ's kalkylemodel, idet Knoop også beskriver et FMS-system. At produktionsforholdene hos Knoop og Kleiner har stor lighed med IBMJ og AUT, betyder dog ikke at også kalkyleforholdene er sammenfaldende.

At gøre en samlet vurdering af koblingen mellem de empiriske undersøgelsesresultater og vurderingen af den gennemgåede teori, kan karakteriseres som den vigtigste, men også det mest komplicerede område af forskningsprocessen. Her gælder på samme måde kravet til validitet, jvf. også Brinberg & McGrath (1988). Dette skyldes forskellige forhold, f.eks. det forhold som også fremkom under gennemgangen af teorien omkring MPU og kalkulation, at der er en relativt stor variation på området, at der anvendes forskelligartede begreber og definitioner på området samt at klassifikation og typologisering generelt er forskellig.

For at kunne sammenligne teorien med empirien, er nedenfor udvalgt fem påvirkningsfaktorer som specielt under MPU er med til at bestemme udformningen af en given kalkulation. I afsnit 8.3.1 behandles derfor anvendelsen af kalkylerne. I afsnit 8.3.2 analyseres forudsætninger hos de forskellige forfatters undersøgelser og modeller. I afsnit 8.3.3 analyseres tilpasning mellem kalkyleformål og kalkylemodel. I afsnit 8.3.4 analyseres antal cost pools og typen af cost drivers. I afsnit 8.3.5 analyseres betydningen af »direct charging« samt hjælpe og supportafdelinger og endelig i afsnit 8.3.6 analyseres design- og kalkylelayouttet i relation til omkostningsmodellen.

Under hvert af disse elementer, diskuteres såvel ligheder som uligheder på det teoretiske plan som på det empiriske plan. Specielt er forsøgt, at udskille effekten på kalkulationen fra selve produktionsmetoden, f.eks. FMS fra integreringen via CIM samt fra gennemløbsfilosofien JIT. Spørgsmålet er således, om man kan uddrage visse separate konsekvenser for kalkylen fra disse tre forhold.

Endelig er der gjort en selvstændig analyse af OSM's forudsætninger op i mod de forudsætninger, som er indbygget i den teoretiske og stokastiske simuleringsmodel af Son & Park. Dette for at påvise de konkrete forskelle mellem simuleringsmodellen her og Son & Park's forudsætninger. Samtidig er også AUT's principielle kalkylemodel analyseret op imod såvel OSM som forudsætningerne i Son & Parks model.

8.3.1 Anvendelsen af Kalkylerne hos AUT og IBMJ

Det afgørende for en bedømmelse af hvor relevante de forskellige kalkylemodeller er, må være som påpeget tidligere, hvor gode disse er til at opfylde det formål hvortil de er udformet. F.eks., vil det ikke være relevant at udforme en præcis full-cost model, f.eks. efter

det oprindelige ABC-princip, hvis man ønsker omkostningsinformation specielt for særømkostningerne til brug for fastsættelse af mindstepriser. Tilsvarende ville en kalkyle baseret alene på særømkostningerne ikke være relevant, såfremt virksomheden søgte efter de langsigtede totale stykomkostninger, f.eks. i forbindelse med prispolitikken på markedet.

Nedenfor i tabel 8-2 er udvalgt nogle af de kalkyleformål hvor der er sammenfald mellem de 2 virksomheder, jvf. også tabel 4-2 og tabel 7-1.

TABEL 8-2
UDVALGTE KALKULYLEFORMÅL HOS AUT OG IBMJ

AUT	IBMJ
Designændringer for konstruktører	Produktionsbeslutninger for et nyt produkt
Prisfastsættelse	Prisfastsættelse
Konsekvensanalyser	Cost management

Sammenlignes begge virksomheders kalkulationsformål med den konkrete udformning af kalkulationerne, ses at de daværende formål hos IBMJ ville blive svære at opfylde med den kalkulationsmetodik man anvendte hos IBMJ. Principielt - og som det fremgik af virksomhedernes »internal guidelines« - er der ikke væsentlige forskelle i formålene hos de to virksomheder på det overordnede plan, men derimod for den konkrete udformning af kalkylen.

Der synes umiddelbart at være særdeles god overensstemmelse mellem kalkyleformål og indholdet i kalkulationsmetoden hos AUT. Dette er derimod ikke tilfælde for IBMJ. IBMJ ville næppe med den daværende kalkulationsmetode have kunnet opfylde de kalkyleformål som var angivet af virksomheden. F.eks. gav kalkylen hos IBMJ ingen information omkring »in- eller outsourcing«, idet de enkelte processer slet ikke var vurderet tilstrækkeligt detaljeret omkostningsmæssigt.

Dermed kan siges, at hos begge virksomheder gælder det om, at kalkulationen skal være beslutningsorienteret men hos AUT skal kalkylen - udover at være beslutningsorienteret - også være af motiverende karakter, jvf. også Weber's (1994) tanker om en kalkulationsmodel. Her ønsker man at ingeniører og designere skal tage hensyn til hvad det koster at udforme og anvende forskellige komponenter og teknologier. Dermed får AUT konkret *indbygget egenskaberne fra MPU i kalkylen*. Dette gjorde man derimod ikke hos IBMJ, idet kalkulen her udelukkende kun kunne angive ét omkostningsestimat, dvs. de totale gennemsnitlige stykomkostninger for, hvad et emne kostede at fremstille her og nu i den pågældende FMS/CIM-celle. Kalkylen hos IBMJ var derfor ikke tilstrækkelig specificeret til at kunne gå ned i de enkelte områder og få en vurdering af, hvad f.eks. det kostede at emnerne blev transporteret rundt på MHS eller hvad en bestemt afgrætningsproces kostede.

8.3.2 Forudsætninger hos Forfatternes Undersøgelser og Modeller

En del af de tanker og modeller som var angivet under teorien, har endnu ikke været afprøvet i praksis. Disse tanker og modeller modsvarer også til en stor del af de ønsker som er fremkommet hos respondenterne i de forskellige empiriske undersøgelser på området.

Nedenfor i tabel 8-3 er de forskellige forfatters udgangspunkter opsummeret.

TABEL 8-3
UDGANGSPUNKTER FOR FORFATTERNES TANKER OG MODELLER

Forfatter/ere	Udgangspunkt
Foster & Horngren (1988a) (FMS/FAS/L)	Undersøgelse baseret på 25 konkrete virksomheder indenfor FMS/FAS/L
Foster & Horngren (1988b) (JIT)	Undersøgelse baseret på et ukendt antal virksomheder og konsulenter indenfor JIT
Holbrook (1988) (JIT)	Cascbekrivelse af en konkret virksomhed
Gosse (1993) (CIM)	Undersøgelse baseret på 4 virksomheder med traditionel produktion og 4 med CIM-produktion
Knoop (1986) (FMS)	En konkret virksomhed indenfor bilindustrien med FMS-produktion
Kleiner (1991) (FAL)	Udgangspunktet fra en hypotetisk FAL-linie med seriemontage

Skulle man ud af disse seks gennemgåede forfattere finde de produktionsforudsætninger som bedst matcher henholdsvis AUT og IBMJ, vil dette som udgangspunkt resultere i, at sammenstille AUT med Kleiner, og at sammenstille IBMJ med Holbrook. Såvel Kleiners som Holbrooks produktionsforhold og afsætningsbetingelser, minder på mange måde om AUT og IBMJ. Modsat er Foster & Horngrens undersøgelser (1988a,b) meget brede, hvorfor det ofte er svært at udlede konkrete resultater om produktionsforhold og kalkulation under FMS eller JIT. AUT's kalkyletanker kan på mange måder siges at være fremme i den teoretiske front, hvorimod Knoop's kalkylemodel nærmere kan ses som en »benchmark« for IBMJ.

Som det kan ses ud af de forskellige forfatters undersøgelsesmetoder er disse relativt forskellige. Konklusioner, resultater, forudsætninger og forslag er derfor også meget forskellige. Det samme er tilfældet med henyn til hvad der sker, eller bør ske, med kalkylerne under MPU gående fra »meget simple kalkyler« specielt hos Foster & Horngren (1988a,b) og hos Holbrook (1988), til at kalkylen skal være langt mere differentieret og derfor »bør opdeles i langt flere cost pools og cost drivers«. Dette er tilfældet hos Knoop (1986) og Kleiner (1991), men udtrykkes også som *ønsker hos respondenterne* i Gosse's (1993) undersøgelse.

Sammenlignes der generelt, f.eks. mellem Foster & Horngren (1988a,b), Holbrook (1988) og de to tyske forfattere, kan det konkluderes, at en stor del af de tanker og ønsker som blev ytret af amerikanerne i slutningen af 80'erne, f.eks. opdeling i flere cost pools og flere differentierede cost drivers og dermed behov for mere præcise kalkyler, faktisk både i 80'erne men også her i 90'erne er udviklet og anvendt i tysk teori, f.eks. af Knoop og Kleiner²⁾.

Som det også er påpeget tidligere, bl.a. af Burger (1992,p 20), eksisterer der på nuværende tidspunkt ikke nogen typologisk eller taksonomisk fastlæggelse af hvilke kalkylemodeller eller principper der bedst egner sig til de forskellige produktionsformer under MPU. F.eks. hvordan ser eller bør »den bedste eller den mest egnede kalkylemodel« se ud for virksomheden med FMS-produktion, evt. i kombination med en JIT-filosofi og en CIM-integration?

8.3.3 Tilpasning mellem Kalkulationsformål og Kalkulationsmodel

Dette synspunkt relaterer til den formålpluralisme som er påpeget hos visse forfattere specielt i den tyske litteratur³⁾. Derimod har kalkylemodel og kalkyleformål som to selvstændige begreber ikke været specielt fremhævet hos de amerikanske forfattere ovenfor, sandsynligvis fordi man i langt højere grad her, har anvendt samme principper i det interne som i det eksterne regnskab, hvor formålet ofte var lagervurderinger og opgørelse af et vareforbrug. Kalkyleformålene nævnes heller ikke eksplicit i Gosses undersøgelse, ligesom dette synspunkt heller ikke har været specielt fremhævet hos de undersøgte virksomheder hos Foster & Horngren omkring FMS, men dog i mindre grad for virksomheder med JIT.

Nedenfor i tabel 8-4 er vist hvilke kalkylemodeller der foreskrives af de forskellige forfattere samt hovedindholdet heri.

Som udgangspunkt kan fastslås, at der er forholdsvis stor variation for de forudsætninger som de forskellige forfattere opererer efter. Som det kan ses, er der også visse ligheder. Det gælder f.eks. hos Foster & Horngren omkring FMS og JIT, hvor udgangspunktet synes at være, at virksomhederne ønsker at anvende en partiel kalkulationsmodel, ofte blot bestående af direkte materialer og direkte løn, eller samtlige mulige henførbare omkostninger, som tilfældet er hos Holbrook. Ved en partiel kalkulationsmodel forstås, at man tilregner en vis del af de samlede omkostninger til produkterne og lader resten af samtlige andre omkostninger stå som en samlet blok.

2)Det skal dog tilføjes, at der findes mere tysk teori som også foreskriver disse synspunkter.

3)Dette synspunkt er også gældende i svenske kalkulationsteori, jvf. Frenckner (1954) samt i Frenckner & Samuelson (1984).

TABEL 8-4
ANALYSE OG DISKUSSION AF PRINCIPPER FOR KALKYLEMODEL

Forfatter/ere	Model
Foster & Horngren (1988a) (FMS/FAS/L)	For FMS anvendes en partiel-model For FAS/L anvendes hovedsaglig en full-cost model
Foster & Horngren (1988b) (JIT)	Model baseret på at henføre visse omkostninger til JIT-cellen
Holbrook (1988) (JIT)	Model baseret på at henføre alle omkostninger til JIT-cellen (»direct average costing«)
Gosse (1993) (CIM)	Model baseret på at henføre direkte omkostninger i to trin (»direct average costing«)
Knoop (1986) (FMS)	To trins partiel- og full cost model (Parallel-kalkulation)
Kleiner (1991) (FAL)	To trins særomkostningsmodel efter »identitetsprincippet« (variabilitetsprincippet)

Dette kan f.eks. være efter en traditionel bidrags- eller særomkostningsmodel indeholdende samtlige variable og reversible omkostninger, eller måske blot direkte materiale og direkte løn som tilfældet var hos Foster & Horngren omkring JIT, eller det kan være alle de omkostninger som kan henføres direkte til en JIT-celle, som tilfældet var hos Holbrook. Ofte anvendes betegnelserne bidrag- eller full-cost ikke eksplicit af de forskellige forfattere, men kan udledes af de betragtninger som fremsættes.

Dog skal det pointeres, at der hos Foster og Horngren omkring JIT, ikke nævnes virksomheder med FAS/L. Her er blot undersøgt JIT uden nogen differentiering af den egentlige produktionsform, hvilket igen forringer muligheden for sammenligning. Et træk er dog såvel hos Foster & Horngrens undersøgelser af JIT samt hos Gosse, at der er et *udbredt ønske* hos mange virksomheder om, at få mere omfattende og mere præcise kalkylemodeller, dvs. bedre opgørelse af ressourceforbrug og dermed bedre indregning af flere omkostninger i kalkylen.

Sammenlignes de amerikanske og de tyske tanker, er det helt klart, at den tyske teori på området er langt mere differentieret og omfattende end den amerikanske. I den nyere tyske kalkyleteori, er det også et accepteret synspunkt, at en virksomhed har behov for - ud fra det interne regnskab - *både* at kunne udfinde såvel mindstepriser eller produkternes særomkostninger samt de langsigtede produktomkostninger eller full-cost. Dette kan f.eks. være i forbindelse med prisfastsættelse. Dette princip kaldes i tysk teori også for »parallel-kalkulation«.

Det skal også nævnes, at det kun er de to tyske forfattere som anvender det mere stingente særomkostningsbegreb i forhold til kalkylerne, altså efter et årsagsprincip⁴⁾. Endvidere nævner såvel Knoop som Kleiner præcist hvad kalkyleformålet er.

Både Foster & Horngren (1988a,b) som Holbrook anvendes en form for, hvad man kunne kalde »direct average costing« eller en gennemsnitlig stykomkostningsberegning, idet så mange omkostninger som mulig henregnes til FMS eller JIT-cellen. Ofte er det vanskeligt i litteraturen at gennemskue hvilket princip der anvendes til henføring eller fordeling af omkostningerne.

Ses på teorien og de undersøgelser som blev foretaget af Horngren & Foster (1988a,b) er tendensen her, at virksomheder med FMS kombineret med JIT ikke i større omfang anvendte kalkylerne, hverken til prisfastsættelse eller generelt til ressource- og omkostningsstyring.

En del respondenter såvel hos Foster & Horngren (1988a,b) som hos Gosse (1993) viste også, at virksomhederne ikke havde tiltro til virksomhedens interne regnskab og dermed heller ingen tiltro havde til kalkulationsresultaterne. Derimod satte man mere focus på anvendelsen af forskellige præstationsnøgletal som, f.eks., leadtid, yield, kapacitetsudnyttelse og kvalitetstal.

AUT vs Teorien:

Udgangspunktet for AUT's kalkylefilosofi er som nævnt tidligere, en ABC-model hvor der er differentieret på relativt mange cost pools og cost drivers. Denne svarer i sin struktur i langt højere grad til de forudsætninger som her også er gjort omkring OSM.

Sammenlignes i første omgang AUT med Kleiners tanker skal det bemærkes, at for begges vedkommende er formålet, at kalkylen skal være i stand til at informere om alle væsentlige forhold omkring produktionens forudsætninger. For begge gælder, at kalkylerne skal kunne anvendes dagligt. F.eks. anvender AUT kalkylerne i gennemsnit ca. 75 gange dagligt i forbindelse med tilbudsgivning, hvorfor kalkulationsfilosofien spiller en helt afgørende rolle for virksomhedens indtjening. Kleiner påpeger også vigtigheden af, at kalkylen er konsistent i sin opbygning. Dette gøres hos Kleiner, bl.a. ved en konsekvent anvendelse af Riebels »identitetsprincip«.

Sammenlignes derimod AUT med Foster & Horngrens undersøgelser omkring FAS og FAL, kan det konkluderes, at AUT på samme måde som i denne undersøgelse, ønsker at signalere for designerne, hvad det koster at fremstille de forskellige produktvarianter. AUT ønsker at præcisere hvad ressourceforbruget koster for de enkelte maskiner. Dette var samtidig en begrundelse for ikke at anvende en dækningsbidragsmodel på kalkulationsformålet. På

⁴⁾I den tyske regnskabsteori er der ikke enighed om hvad begrebet »relevante omkostninger« skal indeholde. Anderledes er det heller ikke i den tyske produktionsteori, idet der ikke her synes at være entydige begrebsdefinitioner for »Relevante Kosten«, jvf. Heinen (1985,p 43).

visse punkter kan det konstateres at også AUT befinder sig - som påpeget af Gosse (1993) - i en transitorisk fase for udviklingen af produktkalkylen, specielt i relation til formålet. Dette skyldes også at ABC endnu ikke er fuldt implementeret hos AUT.

Derimod blev der hos Foster & Horngren (1988a) omkring JIT, udtrykt visse tanker om hvilket formål kalkulationerne havde. Her er bl.a. angivet forhold som prisfastsættelse, fastlæggelse af produktmix samt bedre styring af ressourcer og omkostninger, forhold som helt falder sammen med formålene hos AUT.

Selvom AUT påstår »at prisen er givet udefra« skal det ikke forstås som at AUT ikke har indflydelse på prisen. At prisen er givet, kan reelt betyder flere ting, f.eks.,

- at ens produkter har stor lighed med andre virksomheders eller konkurrenters produkter, hvorfor *man mener*, at man prismæssigt skal ligge tæt til disse via snævre prisgrænser, eller

- at ens produkter nok har et højere videninhold, sammenlignet med andre produkter på markedet, og at man dermed nogenlunde kan skyde sig ind på en pris, som man mener kunderne vil betale.

Kleiner påpeger tillige, at uanset om prisen er givet eller ej, skal en kalkulation være i stand til at informere om de *relevante omkostninger*.

I modsætning til Kleiner, sætter AUT focus på opdelingen i VAA/NAA, hvor førstnævnte bør maksimeres og sidstnævnte minimeres. Selvom AUT opererer med disse begreber i produktionen, sættes der ikke kroner herpå, ligesom disse heller ikke anvendes eksplicit hos AUT i kalkulationsmæssig sammenhæng. *Selvom prisen er givet ude fra*, mener man hos AUT at der er behov for at beregne de totale omkostninger for de forskellige kredskort man producerer. Dette stemmer derfor overens med Kleiner.

Spørgsmålet er videre, om det er Kleiners identitets- eller variabilitetstankegang for omkostningerne eller AUT's estimationsmodel som bedst opfylder formålet for kalkylen hos AUT, når en virksomhed anvender en fleksibel monteringslinie kombineret med et JIT-princip? Dette kan umiddelbart ikke besvares al den stund, at Kleiners model endnu ikke har været afprøvet i praksis. Derimod ser det ud til, at AUT's beregningsmodel fungerer efter hensigten. Principielt er der ikke noget nyt i at anvende identitetsprincippet, hvorimod det umiddelbart virker mere logisk at anvende det mere beregnede omkostningsbegreb, når der ses på de relative fleksible produktionsegenskaber. Disse kvalitative egenskaber er vanskelige at tilpasse det stringente identitetsprincip.

IBMJ vs Teorien:

Sammenlignes Foster & Horngren (1988a) og Holbrook med IBMJ-tilfældet, kan det konkluderes, at ikke hos nogen af disse tre spiller informationen om stykomkostningerne nogen særlig betydning, hverken for prisfastsættelsen, dvs. mere strategiske forhold eller for de mere specifikke forhold, f.eks. omkring algoritmen for routing af processerne i FMS-cellen, dvs. de mere operative forhold. Derimod kan det konstateres, at kalkulationsforudsætningerne

hos Foster og Horngren omkring FMS, er delvis forskellig fra IBMJ, idet IBMJ henregner langt flere omkostninger til FMS-cellen i forhold til hvad undersøgelsen af Foster & Horngren viser.

På selve kalkulationsområdet hos IBMJ, er der derimod langt større lighed med Holbrooks model for JIT. Det kan derfor også konkluderes, at der er et nært sammenfald bl.a. omkring anvendelse og forfølgelsen af en »direct charging filosofien«.

På sammen måde som hos Foster & Horngren (1988a,b) samt Holbrook, anvendte IBMJ også en simpel divisionsmodel. Selvom IBMJ kun havde ét cost pool, differentierede man dog i tre forskellige henregningsprincipper for cellen, inden man fandt den endelige stykomkostning. En sådan model kan muligvis være berettiget, såfremt de omkostninger og de beregningsmetoder der anvendes er baseret på et korrekt grundlag. En simpel kalkulationsmodel betyder heller ikke i sig selv, at modellen er ubrugelig eller ikke er tilstrækkelig korrekt. Meget tyder dog på at kalkulationsmodellen hos IBMJ var *for simpel* og dermed heller ikke var tilstrækkelig præcis til at fange de korrekte kapacitetsomkostninger. Dette skyldes at der ikke blev differentieret på de enkelte maskiner for de to emnetyper.

Hvor IBMJ producere flere emnetyper i samme JIT-celle på samme tid, foreskriver Holbrook, at man her kun producerer ét produkt ad gangen. Dette letter alt andet lige beregningen af de gennemsnitlige stykomkostninger.

Det er for både AUT som IBMJ svært separat, at udskille effekten af selve produktionsforholdene, CIM-konceptet og JIT-princippet, når det gælder selve hovedprincippet i kalkylen.

8.3.4 Typen og Antallet af Cost Pools og Cost Drivers

Nedenfor i tabel 8-5 er vist hvor differentieret de forskellige modeller er med hensyn til antallet af cost pools og cost drivers i relation til omkostningsfordelingen i kalkylen.

Såvel de klassiske forfattere som nyere forskere - specielt i Tyskland - har kontinuerligt pointeret vigtigheden af at finde relevante, forståelige og homogene cost pools samt anvendelige homogene cost drivers i relation til de homogene cost pools. Dette er - sandsynligvis - også det område for hele det interne regnskabsvæsen, hvor der er størst forskel mellem amerikansk og tysk kalkulationstradition⁵⁾.

⁵⁾Dette er også påpeget af Cooper & Kaplan (1991b,p 96) som siger »it is not unusual to see cost systems in German factories with several hundred or even several thousand cost centers to eliminate all production process diversity within a cost center.« Tilsvarende skriver Plaut (1986,p 6) omkring svagheder i den amerikanske tankegang, »Die zweite amerikanische Schwäche liegt darin, dass man drüben zumeist den Begriff der Kostenstelle nicht kennt«.

TABEL 8-5
ANALYSE AF DISKUSSIONEN OMKRING COST POOLS OG COST DRIVERS

Forfatter/ere	Cost Pool og Cost driver
Foster & Horngren (1988a) (FMS/FAS/L)	For FMS, kun ét eller få cost pools, men stort ønske om flere cost pools og flere cost drivers. For FAS/L anvendes relativt mange cost pools
Foster & Horngren (1988b) (JIT)	Kun ønske om ét eller få cost pools i relation til JIT-cellen
Holbrook (1988) (JIT)	Kun ønske om ét cost pool og en cost driver i relation til JIT-cellen (leadtiden)
Gosse (1993) (CIM)	Relativt få cost pools, men stort ønske om flere cost pools og flere cost drivers
Knoop (1986) (FMS)	Cost pools efter antal systemkomponenter og med forskellige tidsbegreber som cost drivers
Kleiner (1991) (FAL)	Begreberne cost pools og cost drivers anvendes principelt ikke (En given beslutning med tilhørende udgifter anses som én cost driver)

Den manglende hensyntagen til disse forhold, er nu indbygget i den amerikanske ABC-tankegang, som opererer med såvel 1. trins som 2. trins cost drivers, og som kraftigt pointerer, hvor vigtigt det er med homogene cost pools og homogene cost drivers. Grunden kan også findes i, at de amerikanske omkostningsmodeller nu har taget en drejning, fra en traditionel lønsomhedstanke via et dækningsbidrag, over mod et mere produktionsmæssigt udgangspunkt, jvf. også Kaplan (1995). De amerikanske tanker drejer derfor mere og mere over mod den tyske samt også den svenske tradition på området.

Det skyldes også, at man via informationsteknologien - specielt via CIM-konceptets anvendelse i produktionsområdet - har mulighed for registrering af den direkte procestid *i real tid og on-line* i relation til en produktionsserie eller en enkelte proces. Separat set har »high-tech udstyr« ikke alene gjort dette muligt, men også økonomisk forsvarligt, at registrere og spore ressourceforbruget ned til det enkelte omkostningsobjekt. På den led er en stor del af indholdet i de indirekte produktionsomkostninger også konverteret til direkte produktionsomkostninger.

For at en omkostning skal kunne klassificeres som en direkte omkostning, er det ikke nok at omkostningen *kan henføres* direkte, men at omkostningen de facto *bliver henført* direkte. Dermed er det ikke et spørgsmål om definitionen per se, men mere et spørgsmål om hvad man vælger at gøre rent praktisk. Dette betyder, at en given omkostning ikke behøver at blive registreret i virksomhedens interne bogholderi men, at man i stedet kan anvende en eller anden form for statistisk registrering⁶⁾.

Som det ses fra Foster & Horngren (1988b) samt fra Holbrook, trækker alene et JIT-princip i retning af færre cost pools og cost drivers, når der ikke er andre faktorer som indvirker herpå end blot de produktionsmæssige. For begge undersøgelser gælder f.eks., at prisen er givet og at omkostningerne derfor ikke spiller nogen rolle for prisfastsættelsen. Samtidig fremgår specielt af Foster & Horngrens undersøgelse, at virksomheder med JIT kun fremstillede relativt få produktvarianter. Også dette faktum er med til at reducere behovet for processpecifikke omkostninger.

AUT vs Teorien:

Hos AUT ønsker man, at antallet af cost pools skal tilpasses efter kompleksiteten i FAL-linien. Man har nøjet analyseret om der er væsentlige forskelle mellem de enkelte processer, og om der er behov for at opdele yderligere. F.eks., specificeres direkte løn og indirekte produktionsomkostninger på hver operation, ligesom der opgøres separate omkostninger for de forskellige konstruktioner. For hovedgruppen af komponenter, eksisterer der 75 forskellige grupper af komponenter, ligesom der er 11 forskellige arbejdssteder med 11 forskellige satser. Herudover eksisterer der 3 forskellige cost drivers, en for »risikoen«, en for salgsområdet og en for administrationsområdet. Dette minder på mange måder om principperne i den tyske kalkyleteori.

Opdelingen af omkostningerne i relation til »variable omkostninger« og »faste omkostninger« i relation til dels, styk dels til ordren har ikke tidligere været beskrevet i den eksisterende teorien. Dermed får AUT i realiteten mulighed for at opstille såvel en bidrag-smodel som en full-cost model, altså »parallel kalkulation«. Samtidig skabes der mulighed for, at se de reversible omkostninger. En sammenligning mellem AUT og Kleiner på området for cost pools og cost drivers, er principelt ikke muligt, da det hos Kleiner udelukkende er et spørgsmål om, at den enkelte omkostningsart disponeres i relation til den enkelte produkt, efter »identitetsprincippet«. Dermed bliver det i realiteten produktet som både er cost pool og cost driver.

⁶⁾I den amerikanske regnskabsliteratur defineres direkte omkostninger som »Costs that can be identified specifically with or traced to a given cost object in an economically feasible way«, jvf. Horngren & Foster (1991, p 27). Med termen »in an economically feasible way« menes på en omkostningseffektiv måde, hvilket igen betyder, at dette med at henføre en omkostning til et omkostningsobjekt, også inkluderer omkostninger i sig selv. I Sverige defineres en direkte omkostning derimod som en omkostning som de facto registreres direkte for et givet objekt.

Derimod kan det konstateres, at AUT reelt gør hvad mange virksomheder i Foster & Horngren's undersøgelse omkring FAL gør, nemlig at fordele omkostningerne, f.eks. i forhold til de enkelte processer i FAL-linien. Foster & Horngren nævner således et eksempel på en FAL-linie med 11 separate cost pools og cost drivers.

Selvom AUT også forfølger et JIT-princip, nøjes man ikke med at betragte hele FAL-linien som ét samlet cost pool, som f.eks. dette gøres hos Foster & Horngren omkring JIT eller hos Holbrook. Dette bestemmes såvel af de produktionsmæssige som de afsætningsmæssige forhold hos AUT. Differentieringen i produktionen samt de afsætningsmæssige forhold, trækker således i modsat retning end et JIT-princip, med hensyn til antallet af cost pools og cost drivers.

IBMJ vs Teorien:

Som påpeget under IBMJ-casen opererer man hos IBMJ med tre henregningsprincipper, direkte identificerede, indirekte identificerede samt fordelte omkostninger. Andet trins cost pools er blot alle omkostninger summeret og divideret med volumen. Ved 1. trin anvendes, procenttillæg, square feet samt størrelsen på de indirekte identificerede omkostninger. I forhold til Holbrook's case, har man hos IBMJ udviklet flere 1. trins cost pools.

Dette skyldes, at hos Holbrook eksisterede der kun ét produktionsområde for samtlige produktvarianter hvor alle omkostningerne fra samtlige ressourcer fra JIT-cellen henføres til. Hos IBMJ derimod, opererede man med flere produktionsområder, hvorved det bliver nødvendigt at fordele visse omkostninger for at kunne henføre en vis del til FMS/CIM-cellen. Dermed kunne IBMJ også ses som et specialtilfælde af det mere traditionelle JIT-tilfælde, nemlig når en virksomhed producerer flere produkter i samme JIT-celle *og på samme tid*. I sådanne omgivelser bliver det sværere at anvende Holbrooks model, idet man nødvendigvis på en eller anden måde bliver nød til, at holde styr på de forskellige varianter som cirkulerer rundt *på samme tid* i systemet. IBMJ komplementerer dermed Holbrooks model, ved at anvende flere 1. trins cost pools og dertil hørende cost drivers og ved at anvende tre henregningsprincipper for samtlige omkostninger. Hos Holbrook medfører JIT-princippet alene, at man kan anvende en simpel gennemsnitbetragtning for stykomkostningerne, trods det faktum, at man også anvender rimelige komplekse maskiner i produktionen.

8.3.5 Betydning af Direct Charging samt Hjælpe og Supportafdelinger

Som påpeget af Kaplan (1988b), Cooper & Kaplan (1991) samt af Horngren et al (1994,p 111f), er den store fordel ved »direct charging-princippet« eller »direct cost tracing-princippet« som Horngren et al (1994) kaldet det, at man undgår hele dette interne fordelingskompleks mellem hjælpe- og hovedafdelinger. Derved kan også spares registreringsomkostninger.

Den overordnede fordelingsfilosofi hos både AUT som IBMJ er også anvendelsen og udviklingen af »direct charging-princippet« i forbindelse med omkostningstilregningen fra hjælpe- og supportafdelingerne og videre til kalkulationsobjektet.

Betydningen af de indirekte afdelinger, dvs. - fællesafdelinger samt hjælpe- og supportafdelinger - har været nævnt som en vigtig faktor i såvel omkostningsmæssigt henseende, som i relation til integreringsgraden til virksomhedens produktkalkulation. Nedenfor i tabel 8-6 er påpeget nogle af de problemer som forfatterne har nævnt omkring »direct charging« samt antallet hjælpe- og supportafdelinger.

TABEL 8-6
ANALYSE AF DIRECT CHARGING SAMT AF SUPPORTAFDELINGERNE

Forfatter/ere	Direct Charging samt Hjælpe- og Supportafdelingeres Betydning
Foster & Horngren (1988a) (FMS,FAS/L)	Direct charging ikke påpeget Betydning af supportafdelinger ikke påpeget
Foster & Horngren (1988b) (JIT)	Forøgelsen i direkte omkostninger hvor også supportafdelingernes omkostninger indgår
Holbrook (1988) (JIT)	Problemet med direct charging eksisterer ikke, idet alle omkostninger henføres direkte til JIT-cellen
Gosse (1993) (CIM)	Direct charging har væsentlig betydning i CIM-omgivelser
Knoop (1986) (FMS)	Direct charging nævnes ikke, men målet er at henføre så mange omkostninger som muligt til produktet Antal cost pools svarer til antallet af systemkomponenter
Kleiner (1991) (FAL)	Direct charging er ikke relevant for identitetsprincippet (variabiliteten) Cost pool begrebet eksisterer ikke som begreb

Ofte diskuteres effekten eller betydningen af hjælpe- og supportafdelingerne kun indirekte, specielt i den amerikanske teori. Dette hænger igen sammen med - og som pointeret tidligere - at begrebet »omkostningssted« eller cost pool, ikke har haft den fremtrædende plads i amerikansk teori, som det har haft i tysk teori. Derimod er det et væsentligt diskussionsemne i den tyske litteratur, ikke blot hos Knoop og Kleiner, men generelt i tysk intern regnskabsteori og kalkulationsteori.

Det skal dog også tilføjes, at der principielt intet nyt er i, at man ønsker, at henføre så mange omkostninger som muligt direkte til et omkostningsobjekt, f.eks. et produkt. F.eks., har man stort set altid henført samtlige materialer og lønninger direkte til produktet. Det nye ligger nærmere i, at dette nu også pointeres i amerikansk litteratur og at CIM-konceptet har gjort det muligt og relativt billigt, at kunne spore og registrere ressourcer og omkostninger direkte i forhold til et givet omkostningsobjekt.

Som det kan ses hos både Foster & Horngren og hos Holbrook omkring JIT, har JIT-princippet en tendens til at trække i retning af færre cost pools og en forøgelse i størrelsen af direkte omkostninger og dermed en mere simpel kalkylemetode.

På den anden side sætter JIT focus på, at henhøre så mange ressourcer som mulig til et givet objekt. Selvom ressourcerne varierer med et givet objekt er det som bekendt ikke sikkert, at også omkostningerne varierer hermed.

AUT vs Teorien:

For AUT's vedkommende, blev »direct charging« allerede foretaget med implementeringen af ABC-princippet i starten af 90'erne i relation til den enkelte ordre. Også her anvendte man tidligere den traditionelle vandfaldsmetode, dvs med relativt mange cost pools og interne cost drivers mellem hjælpe- og hovedafdelinger. Med implementeringen af ABC i kombination med »direct charging«, blev det interne fordelingshieraki væsentligt reduceret og forenklet. Ses på antallet af konkrete cost pools hos AUT skal det bemærkes, at selv indenfor den enkelte operation prøver man, at henhøre så mange omkostninger som mulig direkte til produktet og er dermed mere detaljeret end teorien foreskriver. Til dette anvendes der flere typer af cost pools, f.eks. direkte løn samt indirekte produktionsomkostninger.

At man anvender direct charging hænger også sammen med, at AUT's kalkylemodel bygger, dels på ABC-princippet, dels også på mere traditionel kalkulationsteori. Separat set trækker de mange produktvarianter samt produktionens struktur hos AUT i retning af større problemer med direct charging, hvorimod CIM-konceptet og JIT trækker i retning af større anvendelse af »direct charging«. For specielt CIM-begrebet har dette medført, at omkostninger på højere produktniveauer nu er konverteret til et produktstyk niveauet, hvilket alt andet lige, forbedre udsagnet omkring de gennemsnitlige stykomkostninger.

Dette harmoniserer også med Foster & Horngrens undersøgelse omkring FAL-linien, idet man her ønskede flere cost pools også for hjælpeafdelingerne. Formålet med »direct charging« er også at få opgjort et mere præcist ressourceforbrug til det enkelte produkt. Men også dette må formodes at have en maksimumsgrænse.

På »direct charging området« kan det således konkluderes, at AUT på flere områder komplementerer den eksisterende teori inklusiv den tyske kalkyleteori, idet princippet ikke specielt har været beskrevet i den tyske teori.

IBMJ vs Teorien:

For IBMJ's vedkommende, startede anvendelsen af »direct charging« i slutningen af 80'erne, da man gjorde en samlet revidering af hele IBM-koncernens kalkulationsfilosofi⁷⁾.

7)IBMJ's interne revisionsafdeling har også påpeget, at man helst ikke så at man fordelte de indirekte omkostninger efter en værdinøgle, f.eks. lønomkostninger. Derfor ændrede man dette til at fordele efter »antallet work-load«, dvs. antallet af folk i produktionen. Men også dette er upræcist.

Hos IBMJ blev »direct charging-filosofien« anvendt i relation til det fysiske område for FMS-cellen. Før 1988 opererede IBMJ også med relativt mange hjælpe- og supportafdelinger. I forbindelse med revideringen hos hele IBM-koncernen i slutningen af 80'erne, var et af hovedmålene forenkling, dvs. at få antallet af cost pools reduceret, og i så høj grad som mulig henføre så mange omkostninger som muligt til objektet via »direct charging«. Grunden hertil var bl.a., at når produktionen når en vis størrelse, vokser disse hjælpe- og supportafdelinger væsentligt i antal, ofte uden at man næsten kan forklare hvorfor⁸⁾.

Sammenlignes FMS/CIM-cellen hos IBMJ med Holbrook's JIT-koncept, opfattes også hele cellen hos IBMJ som ét cost pool hvor alle omkostninger henføres til direkte. Grunden hertil var bl.a., at man producerede efter fastlagte ordre og kontrakter hvorfor information om separate omkostninger ikke havde nogen betydning. Dette betød dog ikke at IBMJ henførte alle omkostninger til FMS-systemet på én gang. Ved første trin blev i realiteten anvendt flere cost drivers. Problemerne opstod først, da man begyndte, at producere den nye emne 2-type *i samme produktionssystem og på samme tid*, hvor man i forvejen allerede producerede emnetype 1. Dette viste, at »direct-charging-princippet« i realiteten var simpelt og anvendeligt, men når antallet af varianter blev forøget, kunne det skabe problemer, idet princippet krævede at man registrerede samtlige ressourcer direkte og præcist i forhold til det enkelte emne, hvis man ville vide besked om det konkrete ressourceforbrug.

Med dette viste IBMJ at man ikke umiddelbart kunne slippe for at fordele omkostninger i 1. trin, når man havde flere produktionsområder og når man simultant producerede flere emnetyper i samme FMS-system, sådan som dette er påpeget hos Holbrook (1988).

Et andet sted hvor der en vis forskel, er i selve tilregningen af omkostningerne. I modsætning til Foster & Horngren (1988a) samt Holbrook (1988), som kun anvender »one stage« til udfindelsen af stykomkostninger, anvendte IBMJ to trin. »Første trins driver« var en »direct charge filosofi« hvor der var foretaget visse principielle overvejelser omkring ressourcetræk for de enkelte produkter hvor også de indirekte identificerede omkostninger blev gjort direkte og henregnet via aggregerede overheadsatser samt en »second stage driver«. Cost driveren ved sidstnævnte var volumen. Det samlede cost pool blev herefter fordelt til hver enkelt emne via et klassisk divisionsprincip som ikke afspejler et årsagsprincip, nærmere et finalprincip byggende på en total gennemsnitsbetragtning.

Spørgsmålet er, om »direct charging« i praksis også har ulemper, f.eks. i form af en forringelse af præcisionen af omkostningerne til kalkylen. Hvor præcist »direct charging« er udført hos IBMJ, kan ikke umiddelbart udledes af modellen, ligesom de enkelte cost drivers for denne henføring heller ikke kendes i detaljer. Forringelsen kan f.eks. ske, hvis der reelt eksisterer ydelser mellem hjælpe- og supportafdelingerne, idet der ikke tages hensyn hertil.

8) Samme synspunkt gør sig også gældende hos Miller & Vollmann (1985).

Det samlede billede bliver heterogene omkostningssatser. Skal det vurderes hvilke principper der har størst effekt på antallet af cost pools, er det hos IBMJ klart, at JIT har en dominerende stilling, idet det også gjaldt om at få den største kapacitetsudnyttelse.

8.3.6 Design og Layoutet for Omkostningskalkulationsmodel

Hermed menes hvad, hvordan og hvilke oplysninger der rent faktisk kommer frem på skærmen, når man udfører sine kalkulationer. Dvs. at skærmlayoutet bør være baseret på, hvad man med et moderne udtryk kunne kalde »åbne client/server relationer«. Problemet og udformningen af forskellige kalkylelayouts er først rigtig fremkommet i forbindelse med større anvendelse af personlige computerbrugere, idet man her skal definere og udforme forskellige skærmlayouts i forbindelse med forskellige økonomistyringssystemer⁹⁾.

Netop dette hvad man rent faktisk får frem visuelt - eller kan få frem - på skærmen eller en monitor anses for at være særdeles vigtigt i en beslutningssituation. I tysk kalkulationsteori gives ofte mange eksempler på dette. På samme måde som en given kalkyle bør vurderes på hvor godt denne opfylder formålet, bør også et givet kalkylelayout vurderes på hvor relevant eller ikke relevant dette er til virksomhedens beslutningssituationer. Dette kan f.eks. være beslutninger i produktionsområdet.

Også på dette punkt synes der at være forskellige opfattelser, afhængig af om man ser med amerikanske eller tyske øjne. Da dette umiddelbart er svært at beskrive i detaljer, er nedenfor i tabel 8-7 gjort et forsøg på at vurdere de forskellige modeller med hensyn til informationsværdien.

Begrebet »kalkylelayout« fremgår ikke af de to undersøgelser foretaget af Foster & Horngren (1988a,b) omkring FMS og JIT. Derimod er dette skitseret hos Holbrook som en resultatopgørelse, hvorimod det hos Knoop og Kleiner er angivet eksplicit. Den måde som angives hos Holbrook, svarer til en klassisk bidragsopstilling for en resultatopgørelse. Hos de to sidste får man mulighed for at gøre visse »simuleringer« og visuelt se den, evt. trade-off eller substitutionseffekt der måtte være mellem visse typer af ressourcer og omkostningerne. Det må udelukkende tilskrives anvendelse af EDB, at man idag kan gøre sådanne beregninger af substitution eller trade-off og samtidig er i stand til at se de omkostningsmæssige konsekvenser heraf. Dermed har EDB medvirket til at udvide beregningsområdet og indsigten for en kalkulation.

9)I fremtidens EDB-orienterede kalkulationssystemer vil udformningen af det konkrete kalkulationslayout sandsynligvis være et af de områder hvor den moderne informationsteknologi i væsentlig grad kan forbedre indsigten og sammenhængen i de forskellige ressourcer og omkostninger. Ses på det såkaldte SAP/R3-system, som fremover bedømmes til at blive et af de mest fremgangsrige økonomisystemer, anvendes her tre kalkylelayouts, »preliminary costing, simultaneous costing samt final costing«. Også Cooper & Kaplan (1991a) har indirekte påpeget vigtigheden af kalkylelayoutet, bl.a. ved den såkaldte Activity-Based-Profit-Analysis eller blot ABPA-modellen. I denne opstilles på fire niveauer og efter faldende kompleksitet.

TABEL 8-7
ANALYSE AF DISKUSSIONEN OMKRING KALKYLE-LAYOUT

Forfatter/ere	Angivelse af kalkylelayout
Foster & Horngren (1988a) (FMS/FAS/L)	Ingen speciel angivelse
Foster & Horngren (1988b) (JIT)	Ingen speciel angivelse (Reg. i Backflush Acc. Angivet)
Holbrook (1988) (JIT)	Vist som en retrograd »resultatopgørelse« i relation til et bidragsprincip
Gosse (1993) (JIT)	Problemet er påpeget, men ingen speciel løsninger er angivet
Knoop (1986) (FMS)	EksPLICIT angivet for modellen på de forskellige omkostningstyper
Kleiner (1991) (FAL)	EksPLICIT angivet for modellen på de forskellige omkostningstyper

Begge de to tyske forfattere viser hvad der kommer frem på skærmen i deres respektive modeller. Spørgsmålet er, hvordan man finder et »optimalt« layout. Vises disse effekter f.eks. meget summarisk, ses blot den samlede effekt, ikke de enkelte dele, f.eks. virkningen af den enkelte proces. Hvis f.eks. virksomheden blot summerer over alle procesomkostninger i et givet cost pool, og virksomheden f.eks. ændre en enkelte proces fra en relativ billig halvautomatisk proces til en dyr helautomatisk proces, og at dette valg samtidig medfører, at den efterfølgende proces, f.eks. en kontrolproces bliver billigere, vil dette i en summarisk model blot fremstå med ét beløb, uanset det forhold, at den første proces er blevet dyrere og den anden proces er blevet billigere. Derfor bør man kunne *få frem de enkelte processers omkostninger*.

AUT vs Teorien:

Ses på AUT's kalkylelayout, jvf. den konkrete opstillingen i tabel 7-3, kan det ses, at hver omkostningstype er opdelt, dels i relation til stykniveau og ordreniveau, dels i relation til hvad der er variabelt og fast i relation til styk og ordre niveau. Der er således fire muligheder for indplacering af en given udgift eller omkostning, hvor f.eks. setupomkostninger indgår på ordreniveauet. Dette fremgår direkte af kalkylen, når denne kommer frem på skærmen. Havde man blot valgt at vise totaler, ville alle omkostninger såvel styk- og ordreomkostninger, som variable og faste blot fremstå med ét enkelt beløb. Skal man derimod vide om der er tale om en beregnet omkostning eller en konkret udgift, kan man gå bag dette layout.

Sammenlignes dette kalkylelayout med produktionsflowet for de forskellige processer, indgår - ud over de enkelte processers omkostninger - også konstruktionsomkostninger og planlægningsomkostninger i kalkyle-designet. Dermed stemmer AUT's kalkyledesign

relativt godt overens med produktionsforudsætningerne. Med inddragelse af konstruktionsomkostninger i kalkylelayoutet, vil AUT også signalere til designerne, at deres valg af forskellige design for et produkt har sin omkostning.

Også for setupomkostningernes vedkommende udskilles disse, dels i rene lønomkostninger, dels i andre indirekte produktionsomkostninger samt også i en renteomkostning eller alternativomkostning, for den tid som der ikke produceres i. Dette er med til, at man får kendskab til de præcise omkostninger for hver setup og dermed for hver ordre. I visse tilfælde har en ordre kun lønomkostninger på grund af, at maskinen har automatisk palletveksler. Man kan dermed i kalkyleouttet også gå bag setupomkostninger.

Dermed komplementerer AUT på mange måder, både den amerikanske som den tyske teori på området for inddragelse af omkostninger for et bestemt design for et produkt samt for inddragelsen af en setupomkostning. Dermed bliver man hos AUT i stand til, at se den omkostningsmæssige effekt af en reduktion i leadtiden, f.eks. via JIT-princippet. På den anden side må det tilskrives CIM-konceptet, at det nu er muligt, hurtigt og forholdsvis billigt, at få disse forhold ind i kalkulationen.

IBMJ vs Teorien:

Ses på IBMJ's kalkylelayout, jvf. den konkrete opstilling i kapitel 4, opdeles denne kun i direkte identificerbare, indirekte identificerbare omkostninger samt fordelte omkostninger, jvf. tidligere. Samtidig opdeles blot i 8 forskellige *omkostningsgrupper*. Dette er forholdsvis få, når der henses til hvor mange forskellige *omkostningsarter* der indgår totalt. Dette betyder, at man f.eks. ikke ud af kalkylelayoutet kan se de enkelte procesomkostninger for de enkelte maskiner. Princippet falder dog for en stor dels vedkommende sammen med resultaterne hos amerikanerne f.eks. Holbrook, som opererer med syv grupper af omkostninger, hvoraf alle i realiteten er udgifter. Afskrivninger på maskiner derimod, indgår som en overhead uden at blive fordelt¹⁰⁾.

IBMJ' kalkylelayout harmoniserer derimod ikke med Knoop's tanker, idet Knoop - som tidligere nævnt - ønsker at anvende de forskellige systemkomponenter i FMS som udgangspunkt. Dette skyldes sandsynligvis, at IBMJ i modsætning til Knoop ikke har nogen direkte anvendelse af omkostningsfastsættelsen for den enkelte ordre. Da IBMJ også anvender CIM-konceptet, ville virksomheden have haft mulighed for at få flere oplysninger frem vedrørende produktionsprocessen hvis man var interesseret. Denne mulighed blev ikke udnyttet hos IBMJ¹¹⁾. Dermed kan det konstateres, at hverken produktionssystem via FMS, CIM, eller JIT har principelt haft nogen direkte indflydelse på kalkylelayoutet for IBMJ.

10) Holbrook mener samtidig, at dette er en fejl. I stedet burde de CNC-styrede fleksible maskine afskrives over antallet af »cycles« som de kunne fungere effektivt under, istedet blot over tiden.

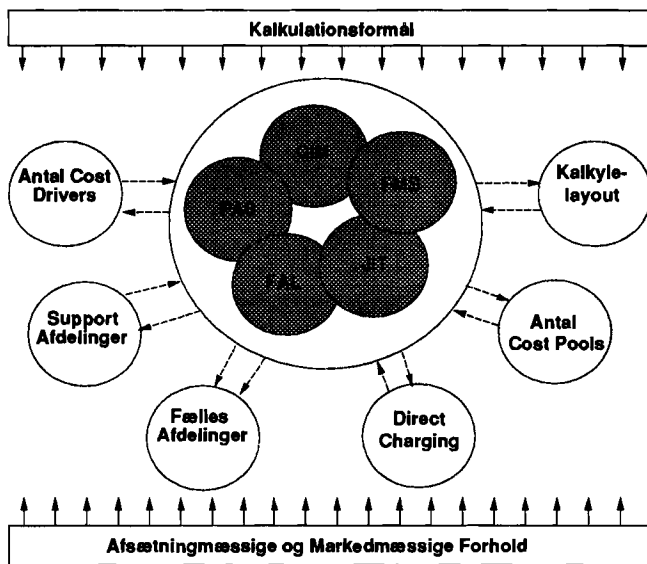
11) Forfatteren fik dette demonstreret på IBMJ, hvor man via den minicomputer som sidder på de fleste CNC-styrede maskiner, reelt kunne få samtlige tider frem i forskellig grafisk form.

8.3.7 Afsluttende Kommentarer

Ovenfor har været diskuteret nogle af de vigtigste påvirknings- og bestemmelsesfaktorer for udformningen af en kalkulation under MPU.

Dette er forsøgt skitseret nedenfor i figur 8-1, hvor bl.a. også eksterne forhold som f.eks. markedsform, antal underleverandører, etc. skal tillægges for at gøre det komplet. En vigtig pointe er også, at man kan få forskellig resultat, afhængigt om man sammenligner med tysk eller amerikansk teori.

FIGUR 8-1
PÅVIRKNINGS- OG PÅVIRKELIGE FAKTORER FOR KALKYLEN



Som det fremgår, er der visse fællesmængder mellem de forskellige elementer, hvilket skal illustrere, at fænomenerne og filosofferne til en vis grad hænger sammen, og at det ikke umiddelbart er muligt at klarlægge entydigt, hvilken effekt hvert af de diskuterende områder har på den endelige udformning af virksomhedens kalkylefilosofi.

Kombineres kalkyleteorien med empirien kan det således konkluderes, at det endelig valg for udformningen af en virksomheds kalkylemodel under MPU bliver et spørgsmål om, i hvilket retning de forskellige elementer, dvs. FMS, FAL, CIM og JIT trækker.

For IBMJ's vedkommende betød disse forhold,

- at afsætningsforholdene hos IBMJ, dvs. typen »masseproduktion« i sig selv trak i retning af simple kalkyler, da man kun solgte ganske få varianter per år,
- at produktionssystemet hos IBMJ, dvs. FMS-systemet i sig selv trak i retning af mere

differentierede omkostningsberegninger og mere detaljerede kalkyler, fordi der indgik flere forskellige procestyper,

- at integrationen hos IBMJ, dvs. CIM-konceptet, i sig selv trak i retning af mere differentierede kalkyler, i det dette gav mulighed for hurtigere og mere differentierede omkostningsinformationer og et bedre kalkylelayout, og
- at gennemløbet hos IBMJ, dvs. JIT-princippet, i sig selv trak i retning af en mere simpel omkostningshåndtering, idet JIT per se nedsatte behovet for at få differentierede omkostningsinformationer under selve produktionen.

For AUT's vedkommende betyder disse forhold,

- at afsætningsforholdene hos AUT, dvs. typen »kundestyret« i sig selv trækker i retning af differentierede kalkyler, da man sælger forholdsvis mange varianter med forskellig ressourcetræk per år,
- at produktionssystemet hos AUT, dvs. FAL-linien i sig selv trækker i retning af mere differentierede omkostningsberegninger og mere detaljerede kalkyler, idet der skal indgå relativt mange forskellige typer af komponenter med forskellige ressourcetræk,
- at integrationen hos AUT, dvs. CIM-konceptet, i sig selv trækker i retning af mere differentierede kalkyler, i det dette giver mulighed for hurtigere og mere differentierede omkostningsinformationer og et bedre kalkylelayout, og
- at gennemløbet hos AUT, dvs. JIT-princippet, i sig selv trækker i retning af en mere simple omkostningshåndtering, idet JIT per se nedsætter behovet for at få differentierede omkostningsinformationer under selve produktionen.

Dermed kommer kalkylen ikke til at afhænge blot af produktionsforholdene og markedsbetingelserne som tilfældet har været i den mere traditionelle kalkyleteori, men bliver også et spørgsmål om hvor stor en vægt virksomheden *tillægger hvert enkelt af disse forhold*. Først når disse forhold er afklaret, bør antallet af cost drivers, typen af cost drivers, registreringstidspunkter etc. bestemmes.

Det er således ikke blot et spørgsmål om, hvad FMS, FAL, CIM, og JIT giver mulighed for, men nærmere et spørgsmål om, i hvor stor en udstrækning den enkelte virksomhed ønsker, at udnytte disse begreber samlet for det enkelte produkt, eller om vægten skal prioriteres mere for det ene begreb mod mindre for et andet.

Ses f.eks. alene på JIT-princippets effekt på kalkylen som f.eks. hos Holbrook, virker det logisk under denne virksomheds forudsætninger, herunder bl.a. at prisen er givet udefra, at man henvører samtlige omkostninger til JIT-cellen og blot anvender de gennemsnitlige stykomkostninger som beslutningsgrundlag. Problemet for Holbrook ville derimod opstå i det øjeblik, man skulle producere flere varianter i samme anlæg *på samme tid* eller at man skulle gøre en in- eller outsourcing, eller at man evt. skulle anvende omkostningerne som udgangspunkt for prisfastsættelsen. I så fald blev virksomheden nødt til at differentiere kalkyleberegningen i langt større omfang end tidligere.

Imidlertid har en del af forfatterne også påpeget visse andre forhold, som evt. har betydning fremover.

F.eks. nævner Foster & Horngren (1988a), at man burde kunne producere langt flere varianter på samme FMS-system og samme måde som dette er tilfældet i Japan, ligesom man f.eks. i amerikanske og i europæiske virksomheder skal lære, at være hurtigere til at respondere på markedet. Dermed fås også en bedre udnyttelse af FMS-systemet. Endelig nævner samme forfattere omkring JIT, at man - også efter japansk mønster - burde focuere på et IR eller en kalkyle, som lægger større vægt på at informere om *mulighederne for at kunne gøre omkostningsreduktioner* i produktionen. F.eks. opererer man i Japan ofte med en reduktion i »cost target« på 25% af materialeforbruget eller lignende for procesomkostningerne for det kommende år.

Hvis de japanske FMS-virksomheder skal ses som en form for »benchmark« for europæiske virksomheder, synes der lang vej igen, jvf. også Jaikumar (1986). I Japan vurderes ofte alle væsentlige egenskaber i omkostningsmæssig henseende, via de såkaldte »cost tables«.

Tilsvarende nævner Holbrook (1988) omkring JIT, at focus bør sættes på virksomhedens kritiske faktorer og på at styre de indirekte produktionsomkostninger, istedet for blot at betragte dem som faste. Tilsvarende siger såvel Knoop som Kleiner, at der også fremover bør lægges større vægt på at arbejde med en *procesnær kalkulation*, der kan informere om et samlet dækningsbidrag for et givet produktionsprogram, ikke kun en stykkalkulation. Dette kan kun gøres, jvf. Kleiner, hvis virksomhederne anvender en kalkylemodel der er koblet on-line til produktionen. Derfor ser Kleiner denne on-line kobling, som noget af det vigtigste for fremtidens virksomheder på kalkulationsområdet.

Det kan også konkluderes, at japanerne ikke anvender særømkostningsbegrebet - forstået som 100% reversible omkostninger - under MPU. Dette skyldes, at kun ganske få ressourcer har omkostninger som er 100% reversible i forhold til aktivitetsniveauet. Som det også er fremgået, anvender AUT dog særømkostningsbegrebet ved virksomhedens forskellige beslutninger i relation til to forhold, volumen og ordren. Det synes langt vigtigere, at man kan »blive fri for visse omkostninger« ved at disse tilregnes andre processer, andre afdelinger eller andre produkter end at udgifterne falder bort som reversible udgifter.

8.3.8 OSM vs Son & Parks Stokastiske Kalkulationsmodel

Her er valgt udelukkende at sammeligne over til Son & Park fordi disse i detaljer har beskrevet deres model og forudsætninger. Som nævnt tidligere, adskiller dette simuleringsstudie sig fra Son & Park's studier på flere væsentlige områder.

Nedenfor i tabel 8-8 er de vigtigste forhold specificeret dels hos Son & Park, dels i den simuleringsmodel som denne er anvendt her.

TABEL 8-8
SAMMENLIGNING MELLEM SON & PARK OG OSM

Område	Son & Park	OSM fra IBMJ
Udgangspunkt	Stokastisk	Deterministisk og stokastisk
Produktionsanlæg	Hypotetiske	Konkret FMS/CIM hos IBMJ
Omkostningsregistrering	Ingen videre overvejelser	Registreret fra en 2-trins model
Testområde	En kalkulationsberegning	Flere test for separat og simultan produktion
Produktionen	Konstant	Ændringer i antal palletter og i kapacitet
Statistiske forudsætninger	<i>Poissonprocessen:</i> 1)Poissonfordelingen til generering af palletter 2)Eksponentialfordelingen til transport	<i>Faktiske forventningstider:</i> 1)Konkrete ankomsttider kombineret med Erlangfordelingen 2)Konkrete processtider kombineret med Erlangfordelingen
Stykomkostninger	Fleksibilitetsomkostninger Kvalitetsomkostninger (Stokastiske)	Diverse procesomkostninger Omk. for ikke-udnyttet kap. (Stokastiske vs. deter.)

Simuleringen og modellen her i afhandlingen, er baseret på en konkret FMS/CIM-anlægning med dens gennemsnitlige tider fra loading, proces og transport. Hos Son & Park foretages ingen videre specifikation af hvor omkostningerne kommer fra eller opstår, ligesom der heller ikke foretages nogen overvejelser omkring opdeling i antallet af cost pools, valg af forskellige cost drivers etc. Vægten i OSM her er lagt på en test af separate og simultane omkostningsstørrelser, både fra et stokastisk udgangspunkt som et deterministisk udgangspunkt, dels under forudsætning af den eksisterende produktion samt ved en udvidelse af kapaciteten. Son & Park anvender kun stokastiske forudsætninger i ét simuleringstest.

For omkostningsmodulet eksisterer der også forskelligheder. Disse er bl.a., at der i OSM anvendes tre cost pools med tre forskellige typer cost drivers (tidsbasis, volumebasis og value-added basis). Dvs. overvejelser om de mere regnskabsmæssige og omkostningsmæssige forhold, hvilket ikke gøres hos Son & Park.

En væsentlig forskel mellem OSM her og Son & Park's model er, at der i OSM angives omkostninger for ikke-udnyttet kapacitet specifikt i kalkulationslayoutet. Dette er en væsentlig oplysning, idet man kontinuerligt kan se den trade-off der måtte eksistere mellem anvendt og ikke anvendt kapacitet. I efterfølgende run i OSM kan man derfor søge at reducere omkostninger for ikke-udnyttet kapacitet.

På grund af de hypotetiske forudsætninger hos Son & Park, såvel i genereringen af emner som i selve processen virker det logisk, at anvende den klassiske Poissonproces, dvs. aktiviteten er Poissonfordelt medens tidsafstanden mellem processerne er eksponentialfordelt. Ud over at disse to fordelinger komplementerer hinanden, sikres også at visse emner får en længere genereringstid end andre emner.

AUT vs Simuleringsmodellen for Kalkylen:

Som nævnt ovenfor, er OSM her udelukkende udviklet i relation til IBMJ's FMS/CIM-system. Den reelle forskel mellem de forskellige emner er således blot proces-tiderne på de forskellige maskiner. *Indsættelse af en ny emnetype eller afprøvning af et »hypotetisk produkt«*, er således blot et spørgsmål om at tilføje nye tider ved de forskellige processer og maskiner i GPSS-programmet.

Anderledes ville det være, hvis OSM skulle anvendes i et kombineret bearbejdnings- og monteringsystem, f.eks. hos AUT. Her skulle således *både gøres visse bearbejdningsprocesser* samtidig med, at man *også skulle montere* eller insætte komponenter eller halvfabrikat undervejs i processen. Disse komponenter og halvfabrikata ville endvidere ofte være af forskellig type, størrelse og kræve forskellig monteringsbehandling, som tilfældet er hos AUT. Derfor ville udformningen af et simuleringsprogram i GPSS være langt vanskeligere og kræve langt mere detaljeret arbejde, end et GPSS-program i traditionel bearbejdningsproduktion. GPSS er anvendeligt for prototyping, dvs. mindre og korte modeller, hvorimod man ved større modeller bør udforme et program i et mere generelt sprog, jvf. Ståhl (1996).

Skulle et sådant program, f.eks. opstilles for AUT's FAL-linie, skulle der således kunne indgå ca. 75 forskellige hovedkomponenttyper ved ca. 15-20 forskellige processer beregnet for forholdsvis mange produktvarianter med meget forskellige processer og gennemløbsmuligheder. Dette ville kræve relativt mange ressourcer at udarbejde et sådant program.

Sammenlignes Son & Park med AUT kan følgende forskellige opfattelser påpeges:

- hos Son & Park anvendes en stokastisk simuleringsmodel som kalkylemodel, hvor alle vigtige egenskaber fra processerne er indbygget og omkostningsvurderet. AUT anvender en deterministisk ABC-model,
- hos Son & Park kvantifieres og operationaliseres fleksibiliteten via forskellige fleksibilitetsomkostninger. Disse er ikke eksplicit indbygget hos AUT samt
- hos Son & Park anvendes udelukkende tidsbegrebet som cost driver i fordelingen af procesomkostningerne, hvorimod man hos AUT anvender forskellige konstante cost drivers defineret i ABC.

En anden kombination ville være, at udforme et program i GPSS som var bygget omkring ABC, evt. med stokastiske aktiviteter og stokastiske cost drivers. Programteknisk ville dette ikke være mere problematisk end et program bygget op omkring proces-tider. Endelig kunne man også tænke sig, at kombinere det eksisterende program med ABC-tankegangen, og evt. lade en vis del af programmet være deterministisk, f.eks. ABC-delen i relation til den mere traditionelle del af produktionen, og lade den dynamiske del i programmet være stokastisk i relation til selve monteringen.

8.4 Et par Generelle Bidrag

Ved anvendelse af MPU i kombination med en virksomheds kalkulationsfilosofi kan generelt siges, at dette studie bl.a. også har vist,

- hvor kompliceret det bliver, at udforme mere præcise kalkyler under FMS og FAL når blot de mest vigtige forhold skal inddrages samt
- hvor kompliceret det bliver, at finde såkaldte »optimale« omkostningsløsninger for et samlet produktionsprogram på grund af interaktionen mellem emnerne i processen.

Dette til trods for,

- at der her blot er produceret to emnetyper,
- at FMS/CIM-cellen og de dertil hørende processer er baseret på et forholdsvis simpelt anlæg samt
- at den tilknyttede OSM som denne er udviklet i forbindelse med programmet i GPSS, også er forholdsvis simpel.

Uden en simuleringsmodel ville det være meget vanskeligt, at beregne de præcise stykomkostninger og samtidigt kunne se omkostningseffekten ved en ændring af forskellige variable, eller blot den simultane effekt mellem de to produkttyper.

De væsentligste forskningsproblemer i litteraturen og i de eksisterende undersøgelser er, at man ikke klart nok præciserer typen af MPU samt formålet med kalkulationen i relation til såvel produktionsprocessen som virksomhedens afsætningsmæssige forhold. Dette forhindrer en specifik analyse af problemstillingen. Problemet i empirien er derimod, at man ofte implementerer flere forskellige forhold samtidig, hvorved det bliver næsten umuligt at klargøre effekten af en enkelt del af MPU. Et bud på den fremtidige forskning er derfor, at der er behov for flere case-studier omkring kundskabsvirksomheder, hvor man detaljeret har præciseret produktionsforudsætninger tydeligt, og hvor kalkyleformålet samtidig er klart. Først dermed bliver det muligt, at kunne sammenligne til en »optimal« kalkylefilosofi udviklet i teorien, med det konkrete formål fra empirien.

Herefter kan typologien fra produktionsforudsætninger relateres over til de specifikke forhold i kalkulationen, og der kan opstilles en typologi svarende til figur 2-1.

8.5 Nogle Problemer Omkring MPU og Omkostninger

Gåes tilbage til kapitel 3, beskrev Brinberg & McGrath (1988) forskningsprocessen, som et studie i relationer mellem tre forskellige domæner. Det er dette som har været udgangsstudiet og processen i denne afhandling.

Undersøgelser og søgning efter nye relationer er vanskeligt, fordi virksomhederne kontinuerligt ændre deres systemer. Det er ikke muligt, blot at undersøge omkostningsforhold under en Just-in-Time-filosofi, uden også at komme til at inkludere, f.eks. CAD/CAM eller

CIM. »High-tech« virksomheder ekspanderer ofte på flere områder samtidigt. På samme tid er en stor del af disse begreber også gensidig påvirkelige, som igen gør det vanskeligt at måle effekten af ét bestemt fænomen eller filosofi.

For eksempel kan man spørge,

- hvornår skal en omkostning klassificeres som en kvalitetsomkostning og hvornår er omkostningen blot en del af de mere traditionelle procesomkostninger?
- er ressourceforbruget formindsket fordi virksomheden har fået forøget fleksibilitet eller er virksomheden blot blevet mere effektiv via f.eks. anvendelse af CAD/CAM?
- skyldes en reduktion i setup-tiderne blot en bedre produktionsplanlægning eller skyldes det en større fleksibilitet fra produktionen?
- og er det implementeringen af et JIT-koncept som har skabt formindskede leadtider eller har virksomheden været i stand til at reducere stokastikken eller blot få en bedre udnyttelse af maskinerne?

Sådanne spørgsmål vil i praksis sandsynligvis ikke kunne besvares entydigt på samme måde, som dette f.eks. gøres i den teori som er nævnt og diskuteret i kapitel 2.

En simuleringsmæssig forskningsmodel vil ofte være langt mere tidskrævende end en tilsvarende kvalitativ analyse. Dette skyldes bl.a.,

- at først skal facts omsættes til et givet program under visse restriktioner,
- herefter skal gøres - ofte - et stort antal simuleringer, inden et konkret resultat kan fremvises.

At afbilde et konkret produktionssystem med alle dets facetter og ikke mindst givne restriktioner som tilfældet har været her, kræver et relativt stort dokumentationsarbejde. At afbilde et sådant system er en hel proces for sig. Først når dette er afbildet, kan det eksisterende produktionssystem simuleres, for at se hvor godt resultatet herfra passer med virksomhedens eget resultat. Processen kunne i princippet stoppes her, idet man både vil have virksomhedens resultat og det simulerede resultat, jvf. også Son & Park. Men det interessante opstår først, når visse variable eller parametre ændres i simuleringen, hvorefter man kan se hvordan systemet betår sig, og hvorefter man igen kan sammenligne resultaterne med hinanden.

Et andet problem i en simuleringsmodel er at det ofte er vanskeligt at forklare samtlige variationer direkte. Endelig og måske det vanskeligste problem er, at man principielt *ikke kender (forsknings)resultaterne* førend man har testet, måske adskillige variable eller parametre i et stort antal run. Dvs. resultaterne foreligger først når op mod 70-80% af afhandlingen er færdig.

Dette er efter forfatterens mening, den væsentligste og mest tidskrævende proces der findes i et sådant studie.

Som påpeget tidligere, er det også muligt at give omkostningsmodellen en selvstændig fortolkning, bl.a. afhængig af valget af cost driver og cost pool. Samme produktionsforudsætninger skulle i princippet kunne anvendes på en anden omkostningsmodel eller en anden omkostningsstruktur, ligesom ændrede produktionsforudsætninger også skulle kunne anvendes på samme omkostningsmodel eller samme omkostningsstruktur. Produktionen og omkostningsberegningen hænger dog sammen, idet de konkrete tal i kalkylemodellen igen hænger sammen med valg af omkostningsbegreb, valg af cost drivers, antallet af cost pools og dermed hele virksomhedens faktiske fordelingsfilosofi for omkostningerne.

8.6 Implikationer og Reflektioner for Fremtidig Forskning

Denne afhandling har gjort et forsøg på at diskutere og give separate forskningsbidrag på tre områder,

- en OSM, dens opbygning, forudsætninger og testresultater,
- en sammenligning af to case-virksomheders kalkulationsprinsipper med den traditionelle teori på området samt
- en sammenligning mellem forudsætningerne hos Son & Park med OSM som denne er opbygget her.

I alle tre områder kan siges, at det generelle problem omkring MPU og kalkulation er, at det er særdeles vanskeligt, at skelne mellem, på den ene side om det er den konkrete implementering af MPU som skaber forandringer i kalkylerne og på den anden side, om det er forudsætningerne ved MPU som medfører ændringer, hvorefter kalkylen forandres. Er det f.eks. integreringen af CIM alene som medfører de konkrete forandringer i kalkylen eller er det den forøgede integrering som CIM er med til at skabe, som medfører forandringerne?

De primære problemer som har været behandlet for de to case-virksomheder her, har været relationerne i deres produktionsforudsætninger og deres respektive kalkulationsprinsipper. Som påpeget flere gange tidligere, er den bedste måde at afgøre dette på, at gøre rede for de forskellige formål som de kalkulerede omkostninger skal anvendes til, vurderet op mod den konkrete kalkulationsmodel. Først der kan det afsløres, om de pågældende kalkulationsprinsipper er tilstrækkelig gode og relevante. Dette studies bidrag har derfor været, at påpege hvor vigtigt det er når man både studerer litteraturen, men også når man undersøger praksis, at få klarlagt de præcise forudsætninger hvorunder kalkylen de facto skal fungere. Det bør derfor fremover anses for langt vigtigere at forstå og præcisere forudsætninger, definitioner etc. end blot at vide hvorfor omkostningerne for et styk, flere styk eller et samlet produktionsprogram når en bestemt numerisk størrelse.

Grundideen bag de kalkyletanker og den OSM som er opbygget og anvendt i denne afhandling, kan siges at stamme fra de tanker som Park & Son har haft omkring moderne produktionsudstyr og omkostninger, men udbygget på en del områder.

Refleksioner over Fremtiden:

Som allerede påpeget i afsnit 2.4 omkring en videre udvikling af kalkulationsområdet, eksisterer der en del detaljerede områder hvor kalkulationen kunne forbedres. Herudover giver såvel teorien som empirien anledning til nye mere overordnede forskningsspørgsmål på vekselvirkningen mellem produktion og kalkulation som bør efterprøves. Selvom den eksisterende teori har givet visse bidrag på området omkring relationen mellem MPU og en virksomheds kalkulationsprincipper, kan det efter gennemgangen af teorien i kapitel 2 stadig fastslås, at der er lang vej til en mere eksakt taksonomi på området. Det gælder ikke mindst hvis afsætningssiden og de markedsmæssige forhold også skal inddrages i kombination med MPU.

Hovedproblemet er, at »kalkulation« som begreb ofte blot betragtes som et samlebegreb for mange forskellige delelementer og deres forudsætninger. For at klarlægge de egentlige kalkulationsproblemer, bør man derfor gå bagom de forudsætninger og principper som ligger i bunden af enhver kalkulation. På baggrund af tanker, hentet såvel fra teorien som fra empirien, gives nedenfor nogle eksempler på mere overordnede områder, hvor den videre forskning kunne udvises.

1. Tanken omkring Kalkulation og Substitutions- eller Trade-off Effekten.

Tanken om at der i kalkylemæssige henseende bør tages eksplicit hensyn til substitutionsmuligheder i produktionen, er principelt en gammel tanke, men nævnes til stadighed også i nyere kalkulationslitteratur. På grund af den forholdsvis billige informationsteknologi kan siges, at der reelt nu er mulighed for at afprøve og beregne disse muligheder omkostningsmæssigt. F.eks. talte man hos AUT om at få ressourcer til de specifikke monterings-teknologier vurderet i omkostninger og indbygget i kalkulationen, ligesom man hos IBMJ f.eks. havde en anelse om - dog uden at vide dette præcist - at omkostningerne stiger når intensiteten forøges på visse maskiner, idet værktøjet ødelægges. Hos IBMJ diskuteredes f.eks., om man ved visse processer skulle arbejde med 8.000 eller 15.000 fræseomdrejninger per minut.

Ses på den amerikanske forskningsfront, som på dette område kan siges at blive repræsenteret af Son & Park, har disse under hypotetiske forudsætninger testet den »trade-off« der eksisterer mellem forskellige typer af fleksibilitet, kvalitet og omkostninger. Jo større fleksibilitet, kombineret med flere produktvarianter, desto større bliver problemet omkring de forskellige varianters ressourceforbrug og omkostninger. Såvel hos AUT som IBMJ spiller hele kvalitetstanken en særdeles vigtig rolle i produktionen. IBMJ fik således Svensk Industries Kvalitetspris for 1992. Kvalitetsomkostningerne betegnes ofte som en form for »skjult omkostning«. Også hos AUT spillede kvaliteten en helt central rolle.

2. Tanken om Større Interaktion mellem Investeringsteori, Produktionsteori, Kalkulationsteori og Beslutningsteori.

Dette synes måske, at være en voldsomt problemstilling. Ikke desto mindre er der mange nye tanker, som ud over produktionsforudsætningerne, også inddrager dette i debatten omkring kalkulation. Der er derfor behov for at få udviklet modeller for de forskellige produktionsteorier koblet sammen til en samlet typologi for kalkulation. Dette har til dels også været påpeget af Son & Park (1991), via begrebet »Modern Manufacturing Economics«. Men der bør gåes længere i bestræbelserne på at koble disse forhold sammene.

Hermed sikres også, at man også f.eks. kan foretage en retrograd kalkulation, altså gå fra en given »target cost« på markedet og finde hvilke typer af processer der er omkostningsmæssigt forsvarligt at anvende til det enkelte produkt. Man kan også, via en given target cost på markedet, gå tilbage i OSM og beregne hvad en given maskine med en given teknologi må koste, altså den samlede investeringudgift. Dette kunne, f.eks. gøres ved at frakoble de faste omkostninger for produktet og se hvad der er tilbage i et samlet dækningbidrag til en given investering. Forskningspørgsmålet er således, at få afdækket mere præcist hvilke omkostninger og hvilke informationer der skulle indgå i sådanne beregninger.

3. Tanken omkring Kalkulation og en Ekstension af Omkostningsbegrebet.

Problemet er hvilket omkostningsbegreb der skal anvendes, og hvilke typer af omkostninger skal indgå i relation til en bestemt beslutningssituation i en produktkalkyle, eller om man bør anvende flere forskellige definitioner af omkostninger? De variable omkostninger er ofte konstante og kendt for mange typer af produkter, og bliver derfor næsten uinteressant ved bedømmelse af produktets totale omkostninger. Det der adskiller produkterne fra hinanden omkostningsmæssigt er reelt trækket på de faste ressourcer. Netop de faste omkostninger opfattes i den klassiske bidragsmodel, som konstante eller uinteressante eller som »sunk costs«. Problemet er, at i princippet vil alle produkter eller emner kunne udvise et positivt dækningsbidrag, hvilket ikke øger indsigten i hvordan ressourcerne forbruges.

Argumentet for fuldfordeling er netop at man ønsker at belaste produkterne med de omkostninger som også er forårsaget af det enkelte produkt og fra det pågældende omkostningssted. For at påpege vigtigheden heraf er kort medtaget hvad den klassiske lære og den mere moderne tankegang siger om begrebet »sunk costs«. Dette relaterer også til forrige punkt omkring investering og kalkulation.

Direkte modsat hævder Kaplan & Atkinson (1989):

»Conventional wisdom advocates ignoring fixed factory overhead and general and administrative (G&A) costs when making product mix and pricing decisions. These costs are considered »fixed« and »sunk« with respect to such decisions. But they

Herom skriver Schneider (1970):

»Welche »Kosten« sind insgesamt mit einer Anlage je Abrechnungsperiode verbunden? Ausgaben fallen nur im Anschaffungsjahr an; für die späteren Abrechnungsperioden sind die Anschaffungsausgaben versunken und vergessen...Es ist üblich, einer Anlage je Abrechnungsperiode »fixe« Kosten (Abschreibungen) anzulasten. Welchen Unternehmungspolitischen sind das? Keinen, denn auf leistungswirtschaftliche Optima nehmen die fixen Kosten keinen Einfluß« (Schneider 1970, 477)".

are not sunk with respect to decisions about introducing and maintaining products. These costs are incurred because they help the firm produce, design, market, or service its products...« (Kaplan & Atkinson 1989,p 181)

Hvilket synspunkt man støtter er ofte et helt personligt valg. Men man må på mange måder give Kaplan ret i, at moderne maskiner i høj grad ikke kan betragtes som en »sunk cost«. På grund af fleksibiliteten kan maskinerne ofte anvendes til anden produktion eller andre produkter end dem man fra starten havde tænkt sig samtidig med, at der også findes et brugtmarked for disse maskiner.

Spørgsmålet er, som det også viste sig for AUT, at investering i MPU ofte medfører at stykomkostningerne for et givet produkt forøges ud over de omkostninger man ellers ville have fået, hvis man havde fortsat produktionen af produktet på en eksisterende maskine eller med den eksisterende teknologi. Dette skyldes at reduktionen i lønningerne, som ofte indgår i investeringskalkylen for MPU som den vigtigste sparede omkostning, ikke er tilstrækkelig til at retfærdiggøre investeringen. En løsning herpå kunne være, at opdele de fleksible investerings omkostninger i minimum to dele, dels en operativ del som belaster virksomhedens nuværende produkter, og dels en strategisk del som aktiveres og som skal belaste fremtidige, men stadig ukendte produkter. Det er derfor vigtigt, at virksomheden gør en bedømmelse af hvilke nøglefaktorer eller produktionsmomenter den vil konkurrere på. Forskningsspørgsmålet skulle derfor i højere grad være, at få afdækket hvordan virksomhederne behandler problemet med højere stykomkostninger i forhold til den eksisterende teknologi ved implementering af MPU.

4. Tanken omkring flere Kalkulationsmodeller Parallelt.

Dette blev også nævnt hos IBMJ, idet man her anvendte seks forskellige modeller. Det er ikke blot en diskussion om for eller imod full-cost tanken eller parallelkalkulation, men også om anvendelsen af forskellige typer af særomkostningsmodeller og om full-cost modeller. Dette hænger sammen med, at der undervejs, fra planlægning til produktion, skal træffes beslutninger om, bl.a. hvilke processer der skal anvendes, valg af underleverandører, dvs. hvilke typer af processer der skal in- eller outsources.

Også tidspunktet for hvornår der skal foretages en kalkulation, er flyttet frem til designstadiet ofte benævnt som »costing up-front«. Allerede på dette tidspunkt skal der tages hensyn til hvilke underleverandører der skal anvendes, og om virksomheden skal anvende in- eller outsourcing. Den stadig større integration til underleverandører er også påpeget flere gange i litteraturen. Spørgsmålet er hvilke kalkyleprincipper og hvilke omkostningstyper der bør indgå i en sådan kalkulationsform? I den klassiske lære foreskrives blot produktets særomkostninger. Men spørgsmålet og problemet i praksis er ofte, hvilke ressourcer og omkostninger skal betragtes som marginale? Forskningsspørgsmålet skulle således være, at få afdækket anvendelsen af flere kalkylemodeller på forskellige tidspunkter specielt i relation til underleverandørproblematikken.

5. Tanken omkring Kalkulation og Anvendelse af en Simuleringsmodel.

For at tilgodese de produktionsmuligheder der ligger i MPU samt behovet for at kunne foretage hurtige beslutninger, kan det også fremover forventes, at anvendelsen af simulering i kalkulationsmæssige henseende vil øges. Fordelen og forventninger er bl.a.,

- via OSM er der mulighed for at tage *hensyn til et relativt stort antal variable og parametre* som normalt kendetegner MPU, herunder bl.a. kapacitetsudnyttelse og fleksibilitet for derved at kunne se hvordan stykomkostningerne betår sig, evt. sammen med andre stykomkostninger,
- via OSM kan man få udformet en *»optimal eller tilfredsstillende«* produktionsfilosofi, dvs. under betingelse af at alle omkostninger i produktionen for et givet emne skal være så lave som mulig, under det pågældende layout af produktionen,
- via OSM kan der *udføres en afvigelsesanalyse* af de faktiske stykomkostninger med de planlagte stykomkostninger,
- via OSM kan man kontinuerligt overvåge omkostningerne for *de ikke-udnyttede ressourcer*,
- via OSM som den er udviklet i denne afhandling, kan man få en *præcis forkalkulation eller medløbende kalkulation* som gør, at processens karakter afspejles præcist i omkostningerne, dvs. en form for »varslingssystem« omkring udnyttelse og stykomkostninger,
- via OSM opnås også den fordel, at man straks kan få et *omkostningsestimat for evt. manglede synkronisering af hele produktionsflowet*, noget som under MPU og implementering af nye produktionsværktøjer er af aller højeste vigtighed,
- via OSM kan *visse, evt. faste omkostninger frakobles* således, at man kan se de faktiske styksæromkostninger eller dækningsbidrag som kunne indgå i en given investeringskalkyle,
- via OSM kan man også se effekten af, at man f.eks. *forøger den statistiske proceskontrol, eller forøger yield eller eliminerer bortfaldsproblemet*, noget som har været

påpeget af flere forfattere omkring kvaliteten, og
-via OSM er det muligt parallelt, at *operere med såvel strategiske som operative eller taktiske omkostninger*, f.eks. i forholdet mellem *investering* og *kalkulation*.

Sidstnævnte har specielt været fremhævet af Küpper (1985) samt af Mirani (1986).

Fordelen ved simulering i kalkylemæssige henseende, er således de valgmuligheder, både ved at kunne ændre en variabel eller en given parameterværdi, eller ved at kunne inddrage visse nye forhold, hvorefter omkostningseffekten straks kan visualiseres.

Slutbemærkningen skal være, at der fremover ikke - efter forfatterens mening - så meget er brug for nye kalkulationsmodeller eller nye kalkyleprincipper, hvis de overhovedet efterhånden kan udfindes, men at der mere er behov for at koble og integrere flere forskellige teoriområder med hinanden, ud fra de forslag som allerede eksisterer indenfor de eksisterende teorier for de enkelte områder. For forfatteren bliver det interessante fremover grænsefladerne mellem disse forskellige teorier. F.eks. eksisterer der allerede relevante og gennemarbejdede separate teorier indenfor produktion, men at få disse omdannet, klassificeret og operationaliseret til noget som også er brugbart indenfor kalkulationsområdet er problemet. Eller man kunne også inddrage »nye« teorier i relation til kalkulationsområdet, f.eks. *forhandlingsteori* (*bargaining theory*) eller *transaktionsomkostningsteorien* (*transaction cost economics*). Sidstnævnte skulle i så fald elaboreres efter de kalkulationsmæssige omstændigheder. En integrering af disse ville - efter forfatterens mening - være lovende nye forskningsområder for hele kalkulationsproblematikken.

O saeculum! O litterae! Iuvat vivere. Vigent studia, florent ingenia.

»Hvilket århundrede, Hvilke videnskaber! Det er en lyst at leve. Studierne blomstre, sjælen vågner« (*Ulrich von Hutten 1488-1523*).

1 Summary

1. Background

The two questions driving this dissertation have been: how a cost calculation model could be designed for companies with Flexible Manufacturing Technologies (FMT), and especially, how the stochastic variation from the production process would effect the cost calculation system of a company if all resources were included in the model.

According to several surveys, e.g. Horngren & Foster (1988a,b), traditional cost calculation has neither provided decision makers with reliable cost information nor has it provided information within the time needed. In addition, despite efforts to adjust conventional cost calculation to FMT, the conventional method has not been able to give a true picture of the manufacturing performance of FMT. According to product costing theory, one of the most important issues, perhaps the most important issue, has been the integration of production theory with cost accounting theory.

The most critical deficiencies in traditional cost calculation with respect to FMT are four. First, no explicit consideration of flexibility in production is made in the cost calculations. Second, no explicit consideration of lead time is made in the cost calculations. Third, no explicit consideration of each single processing time, waiting time and idle time from the production cost estimates is made in the cost calculations. And fourth, value-added and non-value-added activities are not considered separately.

The product cost calculation of FMT entails four elements. First, it entails higher fixed costs in combination with increased flexibility in the manufacturing process in comparison with the costs and inflexibility of traditional technology. Second, it entails increased costs due to increased support from peripheral departments. Third, it entails a faster response to market and customers than that provided by traditional technology. And fourth, it entails a cost calculation, also called »costing up-front«, that is often performed already in the design and planning stages rather than in the production stage as with traditional technology.

FMT and product costing are concepts that have been discussed both by practitioners and theorists within cost accounting during the last ten years. In this dissertation, FMT has been defined to include the implementation of FMS (Flexible Manufacturing System), CIM (Computer Integrated Manufacturing), FAL (Flexible Assembly Line) and JIT (Just-in-Time). In practice, a combination of several technological phenomena and planning philosophies are often found to exist concurrently within a company. This is also the case for the two companies investigated in this dissertation. Therefore, it becomes

difficult to separate the effect of one phenomenon from the effect of another, e.g. the effect of JIT from the effect of FMS. A more explicit formulation of separate effects is only possible through a very detailed description of a concrete production system.

A demand for a more exact cost calculation method has been expressed by Kaplan (1995), who stated:

»The new competitive environment demands much more accurate cost and performance information on the organization's activities, processes, products, services, and customers. The cost information is needed to do the following:...Signal where either continuous or discontinuous (reengineering) improvements in quality, efficiency, and speed are needed;...Guide product mix decisions« (Kaplan 1995,p 6).

This discussion must be seen in the light of existing estimation and analysis techniques in the field of cost calculation. In particular, U.S. cost accounting theory has not been developed to accommodate FMT, nor has it been developed with a specific purpose in mind. To be effective, a cost calculation model should incorporate a combination of several phenomena, e.g. how many cost pools should be used and which type of cost drivers should be chosen. If these assumptions are not explicitly formulated, the cost calculation model will misreport the effect of FMT and its influence on the cost calculation system of a company.

2. Research Questions

The purpose of this dissertation has been three-fold:

- (1) to review existing theory in order to examine how well cost calculation theory explains the relationship between FMS/CIM, FAL/CIM and cost calculation;
- (2) to elaborate a cost model under stochastic assumptions and which includes the exact use of each resource for each machine for an empirical FMS/CIM system; and
- (3) to run a computer simulation test of a cost model under different assumptions and thereby receive information on how the FMS/CIM system operates and how the stochastic effect influences unit costs. This is done with a Simulation-Based Manufacturing Cost Model (SMCM), which in addition to unit costs also yields information about used capacity and the cost of unused capacity.

That no one has tested the stochastic effect of a production system on unit costs does not mean this area is not theoretically interesting. On the contrary. Today, it is even more important to know how to plan production to avoid variances in production because large variances often imply bottlenecks, and a waste of time and money. At the same time, large variances tend to lead to the postponement of the production of new products.

Son & Park (1987,1990) and Son (1990,1991,1992) used a SMCM to produce cost calculations. Contrary to the empirical application given in this dissertation, Son & Park discussed the quantification of different aspects of flexibility for a **hypothetical** manufacturing system.

In comparing the study of an SMCM in this dissertation with existing cost accounting theory, it should be noted that until now, no comparison has been made between the results from an SMCM and the results from an empirically existing production system. In addition, no author has analysed the difference between deterministic versus stochastic unit costs. Further, no author has analysed or has estimated either the costs of unused capacity or the trade-off or substitution effect between used and unused production factors.

The motivation for carrying out this research came as a result of a review of existing theories and surveys, which showed that FMT is actually more than one concept. But the classical, one-string accounting full-cost model does not explicitly take into consideration the variations or substitution effect found in the FMT production process. Neither does Activity-Based-Costing (ABC). In this context, a more correct cost model would require a differentiation in relation to production classification, production technology and the market of the company.

3. The Study

To fulfil the above-mentioned purposes, the study in this dissertation comprised five activities:

- (1) a review of the cost calculation systems found in five U.S. and two German studies of companies using FMS/CIM and FAL/CIM;
- (2) an elaboration of a GPSS (General Purpose Simulation System) simulation programme, including a cost model, based on IBM's FMS/CIM/JIT system;
- (3) a test of a computer GPSS simulation programme under deterministic and stochastic assumptions and under different levels of capacity utilization;
- (4) an empirical study of two high-tech firms using FMS/CIM/JIT and FAL/CIM/JIT and their cost calculation models; and
- (5) a comparison of the production and cost calculation models of the two case firms with those used in the selected U.S. and German studies.

In the simulation test, the output was evaluated against performance measures, the main measures being: work in process, closing time for work in process, number of pallets, total processing time, total lead time and total waiting time. Some cost measures were also used, e.g. total average unit cost and cost for unused capacity for each main operation.

Until now, cost accounting theory has not recognized the differences in costs arising from deterministic and stochastic cost models based on empirical production systems. So computer simulation was chosen as the methodological framework. Given a simulation programme, it was possible to explain and trace complicated relationships, e.g. dynamic production processes, and to estimate the characteristics of a production system, which is extremely difficult without a complete model.

An important part of the work was to define an empirical FMS/CIM system to use as the foundation for a GPSS programme. Therefore, the FMS/CIM system at IBM Järfälla, located outside Stockholm, was chosen as the object of the simulation study. The study made it possible to compare the firm's own cost model and figures with the ones determined by the SMCM. The selected FMS/CIM system only manufactured two types of parts. Still the documentation, validation and verification was extremely time consuming. This work was necessary, however, for the later experimentation.

4. A Simulation-Based Manufacturing Cost Model

The use of discrete-event simulation for estimating indirect costs of producing a product in a company with FMT is a fairly new method in the field of cost accounting. And until now, no existing examples have dealt with the application of a simulation to an existing company with FMT. Therefore, the effort here is unique.

The simulation programme in this dissertation is written in micro-GPSS, a streamlined, easy-to-use version of GPSS, which has special facilities for file handling and statistical analysis of repeated runs. This makes it suitable for this model. Even though the production process is relatively simple, the complete specification of the GPSS programme requires about 1.000 lines of codes.

In figure 1 below, the complete programme structure for the SMCM is shown.

The following assumptions for the SMCM model were made:

the company employing FMS/CIM produces two part types, each of which follow different operational sequences;

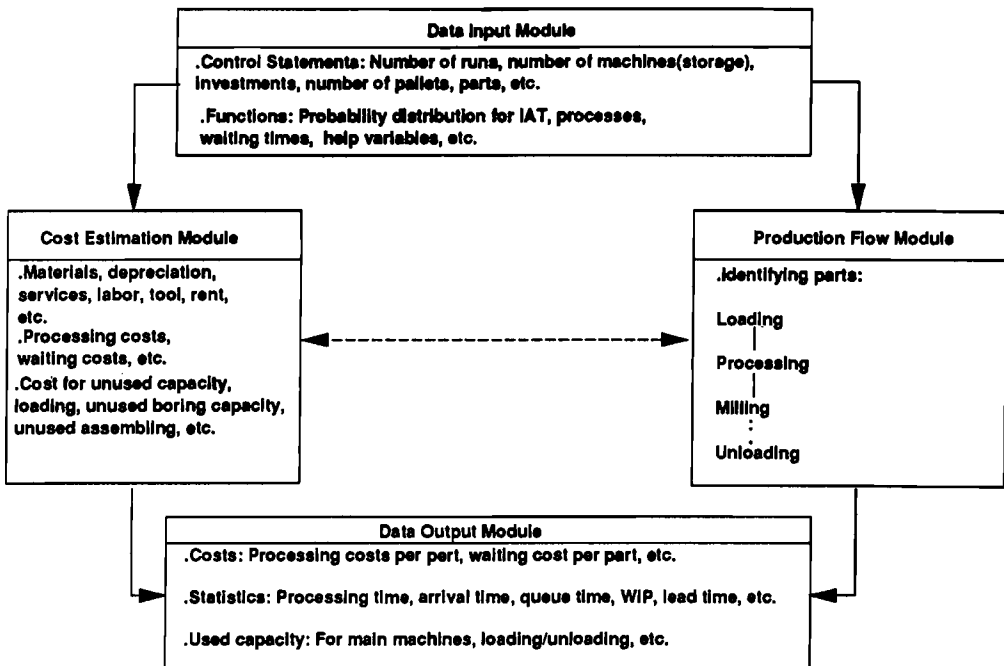
a 10% opportunity cost of capital is used;

the simulation time is 3 shifts minus a set-up time, or 1152 minutes;

all work in process has left the system at time $t = 1440$, at the latest; and

the Erlang distribution $Erl \sim (k, \lambda)$ with order 9 and intensity λ is used for generating pallets in loading/unloading, for processing, and for the material handling system.

FIGURE 1
PROGRAM STRUCTURE FOR SMCM



processor does not allow time to go backwards. Second, it is possible to control the skewness through the order of k parameter. When $k \rightarrow \infty$, the variance approaches zero, and the process becomes deterministic and repetitive. In this instance, λ is a constant.

The only difference between the deterministic and stochastic runs for SMCM is that the variance in the first case is zero, whereas the variance in the second case is different from zero. The stochastic results can never be better than in the deterministic case. Therefore, the deterministic case may be seen as a »benchmark« for the stochastic case.

5. The Results

What do the **five U.S. and two German studies** tell about the relationship between production and cost calculation?

The U.S. models and surveys show that the principles of cost calculation and FMT work in opposite directions, which means that the U.S. studies and surveys are not sufficient to explain the specific assumptions about production and the selected cost calculation methods. There are three other weak points in the U.S. studies. First, the studies do not discuss the purposes of the cost calculation model, which is important for the evaluation of the calculation philosophy. Second, the studies only differentiate to a small extent between product types, which is why it is difficult to see if different resources are needed. Third, the studies do not differentiate with regard to the kinds of decisions made.

However, the review of two German studies and models shows that these go much further than the U.S. studies. In general, the German theory is much more focused on the exact use of resources and their corresponding costs, both for cost calculation and for cost control purposes. The German theory also shows that the cost model is much more complicated if all important conditions are built into the same model. Therefore, the explanation for the different outcomes in the U.S. and German studies seems to be the great difference in the U.S. and the German cost philosophies, especially with regard to the incorporation of FMT in the cost models.

What does the description of the **IBM Järfälla case** indicate concerning the cost model for the FMS/CIM/JIT system? First, the FMS/CIM/JIT cell was viewed as only one cost pool with only one cost driver, corresponding to the U.S. perception, which meant that no information about the exact costs for each process or machine was given. Second, capacity utilization, alternative usage and corresponding costs were not considered. This means that an economic synchronisation for used and unused capacity could not be made in the cost calculation. The company had no idea of the cost of unused capacity. Third, in the cost model, only directly identified, indirectly identified, and allocated costs were used. All three types of costs were viewed as a form of direct costing because these costs were assigned directly to the cell for the part that was manufactured.

What do the results from the **computer simulation** indicate for the three scenarios at IBM? The cost accounting system studied at IBM used volume as the only cost driver for all resources. This model did not take into consideration that time is a very important cost driver and did not include the stochastic element in the arrival process of production orders or the stochastic element in the machine times. In order to handle these aspects, a new cost accounting model was constructed, based on three types of cost drivers: time, volume and value-added. Since, in particular, time is a stochastic variable in FMT, a stochastic discrete-event simulation programme was needed to calculate the costs. Using a large number of repeated runs, cost per unit were established to lie between two limits with 95 per cent confidence.

The computer simulation was carried out for three scenarios:

Scenario 1: A simulation test of the FMS/CIM system at IBM using the original number of pallets for both parts and the original assumptions for the production system.

Scenario 2: A simulation test for a simultaneous extension of pallets for both parts up to the maximum capacity, still using the original assumptions for the production system.

Scenario 3: A simulation test for a simultaneous extension of pallets for both parts under the assumption that one more machine was used for the statistical process control (SPC). In this way, capacity was increased 100%.

For all three scenarios, performance measures and unit costs were estimated. All unit costs are shown in 3-dimensional, cost surface diagrams. The diagrams made it possible to see the unit costs for both deterministic and stochastic production, given their respective assumptions.

Analysis of the simulation under deterministic conditions yielded three observations. First, the SMCM model showed that, given the original conditions used at IBM, the unit cost for part 1 was overestimated and the unit cost for part 2 was underestimated. In addition, it appears from SMCM that the utilization of all separate machines was about 50% of maximum capacity, resulting in large costs for unused capacity. Second, if the number of pallets were increased simultaneously up to the maximum capacity level in Scenario 2, the SMCM model showed that the unit cost for part 1 was reduced by about 20%, but only by about 3% for part 2. Even with a substantial increase in the volume of part 2 in the deterministic case, it was impossible to reach the same cost level for part 2 as that calculated by IBM. Third, if one more SPC machine were included in Scenario 3, it became possible to reduce the unit cost for part 1 by about 40% and for part 2 by about 20%, in comparison with Scenario 1. In these calculations, the capital costs for the new machine were included.

Analysis of the simulation under stochastic conditions also yielded three observations. First, the stochastic unit costs were not different from the unit costs in the deterministic case in Scenario 1. Second, if the number of pallets were increased to the maximum capacity level in Scenario 2, the SMCM showed that the unit cost for part 1 was reduced by about 10%, but only by about 4% for part 2. Third, if one more SPC machine were included in the production system in Scenario 3, the unit cost for part 1 was reduced by about 40%, but only by about 7% for part 2.

However, if IBM's original FMS/CIM system were compared to the SMCM using stochastic runs in Scenario 3, the number of pallets for part 1 could be increased by about 175%, and for part 2 by about 45%. In addition, the unit cost was reduced. Furthermore, the standard deviation for the lead time for part 2 could be reduced by about 66%.

These observations implied two possibilities. First, the company would be able to produce in much shorter cycle times and with a much larger volume than in the present situation. Second, the company would be able to reduce the costs for unused capacity for part 1 by 55% and for part 2 by 18%. However, at the same time, three new bottlenecks would appear in the production system: during deburring, assembly and the process for ordinary measuring. In those areas, capacity utilization would be greater than 90%.

Therefore, it was possible to better utilize the whole system and at the same time reach much lower unit costs if the volume is increased by only one machine at the location of the existing bottleneck in the system. An increase in the number of pallets beyond that provided in Scenario 3 would require either investment in four new machines or a reduction of the standard deviation in each process.

What do **deterministic and stochastic cost surfaces** tell about unit costs in the FMS/CIM system at IBM? The diagrams of cost surfaces generated by the simulation show the average unit cost for various combinations of the two parts, and present a new solution for the problem of joint cost.

Three observations about cost surfaces under stochastic assumptions can be noted. First, in Scenario 2, it is the cost surfaces for part 2 that demonstrate the largest number of minimum and maximum points together with a stationary point for the unit costs. In addition, the unit cost for part 2 is heavily influenced by the volume of part 1. Second, it was possible in Scenario 3, even for the stochastic case, to reach almost uniform-oriented cost surfaces without minimum and maximum points for both parts. These surfaces approached the deterministic cost surfaces, which can be viewed as a benchmark for the stochastic costs. Third, not only the stochastic elements are significant in the production system, but the dependency and the loading intensity of the two part types also have a significant influence on unit costs when the production system approaches the limit of capacity utilization.

The concluding remarks concerning SMCM are two-fold. First, despite a relatively simple production environment and despite the fact that only two types of parts had been manufactured, several conditions and variables interacted with each other. Second, even only a small variation in the parameter k in the Erlang distribution implied consequences for performance measures and for unit costs. This was evaluated by the standard deviation for each performance measure.

It is shown that without a complete simulation programme, which includes all relevant variables, relationships and parameters, it would almost be impossible to identify the resources used nevertheless to measure the amounts used. A greater number of product types would only reduce this transparency further. In addition, when the system reaches its capacity limits, not only the stochastic variables are important, but the dependency,

the priority of pallets and the interrelationship between the parts become important as well. This is specifically the case for the deterministic case because a single part pulls the next part along and creates a sort of synergy effect. This is because the limit in a deterministic case is fixed unlike the situation in a stochastic case.

What do the tests from the Erlang distribution tell? Letting $k \rightarrow \infty$ in the Erlang distribution implies that $Var(*) \rightarrow 0$. Therefore, the deterministic case may be seen as a specific case derived from the stochastic case in the Erlang distribution. The results from testing different k -parameters in the Erlang distribution show that it is possible to reach the same unit costs for several values of k . Therefore, if a company manufactures several different types of products in different batch sizes, this may be seen as if the company only manufactures one type of product, but that the one product has different processing times and variances.

The main purpose in this dissertation has not been to represent the exact variances in the processes, but to investigate if the statistical expectations for the different processes have been realistic, since these are determining the size of the performance measures. Subsequently, a company can adjust itself to the fact that the production process varies. Hereafter, the company may act to reduce this variation.

Including a stochastic element in the assumptions may also influence the decision about how many machines need to be acquired for a given process. A large variance in production will imply that the company might have to acquire more machines to be able to fulfil a given volume. This may also influence the investment strategy of the company, because the company will search for a synchronous production flow containing several smaller machines. This also results in highest flexibility.

What did the description of **ABB-Automation (AUT)** indicate for the cost model developed for the **FAL/CIM/JIT** system? First, each machine, process or technology was viewed as a separate cost pool with a cost driver corresponding to the German view. This applied to both the manufacturing as well as for the assembly part of the process. Using this philosophy, detailed costs for the different processes were available. Second, the **FAL** line had a low capacity utilization, which also seemed desirable because for **AUT**, it was preferable to be flexible than to have full capacity utilization. High flexibility might also encompass an increasing number of products in the market and thereby increase customer satisfaction. Third, the company's cost model was based on the exact use of resources and their accompanying costs. The company used several principles for costing, among other things the **ABC** principle and a percent charge method.

What do the studies of **IBM** and **AUT** tell when compared to theory? When cost calculation theory is combined with the empirical work presented in this dissertation, it

may be concluded that the final choice for the design of a cost model for a company employing FMT depends on which elements of FMT prevail, e.g. FMS, FAL, CIM and JIT.

From the **IBM case**, three observations were noticed. First, the market situation, and the use of mass production implied simple cost models since the company only produced two types of products within a year. Second, the FMS system and the use of the CIM concept, however, required more differentiated cost estimates and more detailed cost models. Third, the JIT principle implied more direct cost management, since the need to differentiate cost information in the production area was reduced.

From the **AUT case**, four observations were noted. First, the market situation and the situation of producing different products to meet customer orders called for differentiated cost models. Second, the FAL line at AUT required more differentiated cost estimations and more detailed cost models because several types of product variants were manufactured. Third, the CIM concept called for more differentiated cost model because this gave the possibility for a more rapid flow of, and more differentiated, cost information and a better cost model layout. Fourth, the JIT principle led the company in the direction of more direct cost management since JIT per se reduces the need for more differentiated cost information in the production area.

From these observations of both cases, it can be seen that the question is not only whether a company should choose to use FMS, FAL, CIM and JIT, but also the extent to which the company should use these concepts jointly for any given product.

6. Conclusions

Originally, cost calculation was viewed solely through a deterministic model without regard to what type of production technology was used, be it traditional or modern, including FMT. Over time, deterministic cost models have been more or less adjusted to the cost structure of the firm, including that resulting from implementation of FMT. However, an even better model, giving a more exact picture of the resource usage and unit costs, is provided by simulation, in which the stochastic element allows for more realistic assumptions concerning production.

The use of the stochastic element in combination with cost calculation has yielded seven observations. First, it is possible to incorporate the stochastic effect from the production process into the cost model and thereby get a much better match between the two areas. Second, when a stochastic cost model is used, it is also possible to get information concerning the size of the variance, e.g. through a statistical confidence interval and a standard deviation. Third, costs can be compared for a batch or an order in a deterministic and stochastic model, through which it becomes possible for the firm to estimate the

variance in money units. Fourth, a search can be made for a smaller variance and a smaller standard deviation in the unit costs, which enables the firm to achieve a more synchronous production flow.

Fifth, the concept of Design For Manufacturability (DFM) has until now only been described as a concept for the production process. By using a statistical cost model which depicts the concrete production assumptions expressed by the standard deviation, it is possible to estimate DFM in money units. In addition to the stochastic variation, it will also be possible to search for an improved DFM by reducing the standard deviation from the process. Sixth, when capacity maximum is reached in the complete production system, the stochastic unit cost will increase. And finally, the effect of using a shorter time horizon for the production process in the simulation programme will be that the possibility for reaching a steady-state in a stochastic environment will also be small, which will affect costs.

As a final comment, the combining of simulation with a stochastic cost model and visual cost surfaces for unit costs gives a clear picture of how these relationships interrelate, and how they vary over a given production interval for two products.

Matematisk Notation

SMAÅ LATINSKE BOGSTAVER:

Betegnelse	BESKRIVELSE
Omkostninger:	
C_{ar}	areal- og huslejeomkostningssats per kvadratfod per tidsenhed
C_{dl}	lønomkostningssats per tidsenhed for direkte arbejde
C_{il}	lønomkostningssats per tidsenhed for indirekte arbejde
C_{op}	operatøromkostningssats per skift
C_{se}	omkostningssats for service
$C_{væ}$	omkostningssats for værktøjsomkostninger
v	variable enhedsomkostninger
Tider:	
$t^{lo/un}$	loadingtid/unloadingtid
t^{po}	proces tid
t^{si}	abolutte simuleringstid
t^{spc}	tiden for SPC-måling
t^{su}	gennemsnitlig justeringstid (setup)
t^{ta}	transporttid (takttid)
Andet:	
i^{ka}	kalkylerenten for et år
m	materialeforbrug
n	antal af en given variabel
n_{dl}	antal af operatører
$n_{fæ}$	antal af færdige enheder
n_{il}	antal tidsenheder for indirekte arbejde
n_{mhs}^{RE}	relativ andel af den samlede volumenstørrelse i MHS-systemet
n_{re}	relative andel af et givet indeks
n_{ve}	antal enheder som venter
$n_{væ}$	antal af værktøj
q	antal enheder som venter i en kø
s_{ar}	størrelsen på et givet produktionsområde angivet i kvadratfod
s_{op}	antal af operatørskift

STORE LATINSKE BOGSTAVER:

Omkostninger:	
$C_{\%}^{ADM}$	%-tillæg for administrationsomkostninger
C_{af}^{AF}	summen af individuelle og fælles afskrivningsomkostninger

C^{AN}	diverse andre udgifter
C^{AK}	akkumulerede full-cost produktionsomkostninger
C^{AR}	samlede arealomkostninger
C_{st}^{AR}	samlede arealomkostninger per styk
C^{DL}	direkte lønomkostninger
C_{su}^{FMS}	setupomkostninger for hele FMS-systemet
$C_{af}^{F\&}$	fælles identificerede afskrivninger
$C_{ka}^{F\&}$	fælles kapitalomkostninger for en fælles maskine
$C_{st}^{F\&}$	fælles kapitalomkostninger for en fælles maskine per styk
C^{IBMJ}	stykombkostninger for IBMJ
C_{af}^{ID}	identificerede afskrivninger
C^{II}	ikke-identificerede eller fordelte omkostninger
C^{IL}	indirekte lønomkostninger
C^{IN}	indirekte identificerede omkostninger
C_{ka}^{LO}	kapitalomkostninger ved loading
C_{st}^{LO}	kapitalomkostninger ved loading per styk
$C_{ka}^{LO + UN}$	kapitalomkostning for loading og unloading
C^{MA}	direkte materiale omkostninger
C_{ka}^{MHS}	kapitalomkostninger for MHS-systemet
C_{st}^{MHS}	kapitalomkostninger for MHS-systemet per styk
C^{OP}	totale operatøromkostninger
C^{PO}	proces-omkostninger
$C_{\%}^{RIS}$	%-tillæg for risiko
$C_{\%}^{SAL}$	%-tillæg for salgsomkostninger
C^{SE}	service omkostninger
C^{SO}	software omkostninger
C_{ka}^{SP}	individuelle kapitalomkostninger for en separat maskine eller proces
C_{st}^{SP}	individuelle kapitalomkostninger for en separat maskine eller proces per styk
$\overline{C}^{TI}$	tidsmæssige omkostninger eksklusiv transportomkostninger
C_{st}^{TI}	omkostninger med tiden som cost beregnet per styk
$\overline{C}_{st}^{TI}$	tidsmæssige stykombkostninger eksklusiv transportomkostninger
C_{st}^{TO}	total stykombkostninger (volumen, value-added og tidsmæssige)

C^{UL}	underleverandør omkostninger
C^{UU}	ikke-udnyttede kapacitetsomkostninger
C^{VA}	omkostninger med value-added som cost driver
$C_{\%}^{VA}$	%-satsstilregning for value-added
C_{st}^{VA}	value-added omkostninger beregnet per styk
C^{VE}	totale venteomkostninger
C_{st}^{VE}	totale venteomkostninger per styk
C_{ka}^{VF}	årliche kapitalomkostninger for værktøj & fikstur
C_{st}^{VF}	årliche kapitalomkostninger for værktøj & fikstur beregnet per styk
$\overline{C}^{VO}$	volumen-orienterede omkostninger eksklusiv materialeomkostninger
C_{st}^{VO}	omkostninger med volumen som cost driver beregnet per styk
$\overline{C}_{st}^{VO}$	volumen-orienterede stykomkostninger eksklusiv materialeomkostninger
C^{VE}	værktøjs-lager-omkostninger
CE^{AN}	diverser andre eksterne udgifter
CE^{UL}	fakturerede omkostninger fra underleverandør
CF^{IPO}	faste indirekte produktionsomkostninger
CF^{KON}	faste konstruktionsomkostninger
$CF_{\%}^M$	faste indirekte materialeomkostninger
CF^{PLA}	faste planlægningsomkostninger
CV^{IPO}	variable indirekte produktionsomkostninger
$CV_{\%}^M$	variable indirekte materialeomkostninger
I	investeringsudgift for en maskine
$M(j)$	materialer til emne j
Pal	antal palletter
S_c	den omkostningsmæssige effekt af »Economic of Scope«
TC^{II}	totale ikke identificerede eller fordelte omkostninger
TC^{IN}	totale indirekte identificerede omkostning
TC^{DI}	totale direkte identificerede omkostning
TPC	totale fremstillingsomkostninger
VIA	antal varer i arbejde
Tider:	
H	afskrivningsperioden for en maskine
LT	leadtid (un/loading + [køtid]+ procestid + transporttid)
T_{bm}	bemandet tid for en periode
T_{lo}	akkumuleret loadingtid

$T_{\min}$	tiden udtrykt som det totale antal minutter på et år
T_{lo}^{RE}	relative loadingtid
T_{po}	akkumulerede procestid
T_{ve}	akkumulerede ventetid i FMS/CIM
T_{ub}	ubemandet tid for en periode

GRÆSKE BOGSTAVER:

$\bar{\alpha}$	gennemsnitlige udnyttelsesgrad for hele FMS/CIM-cellen
α	den faktiske udnyttelsesgrad
α^{uu}	den ikke-udnyttede kapacitet
α_{bm}	bemandet udnyttelse
α_{ub}	ubemandet udnyttelse
β	gennemsnitlig yield
ε	procentsats for sociale og indirekte lønomkostninger
θ	omkostningsallokeringsfaktor
ρ^{EMC}	kapacitetsudnyttelse for EMC-maskine
ρ^{SPC}	kapacitetsudnyttelse for SPC-maskine

INDEKS:

$b \rightarrow B$	indeks for antallet af produktionsserier/ordre
$d \rightarrow D$	indeks for antallet af processer/operationer
$e \rightarrow E$	indeks for antallet af konstruktioner
$j \rightarrow J$	indeks for antallet af produkttyper
$k \rightarrow K$	indeks for antallet af maskintyper
$l \rightarrow L$	indeks for typen af lønarbejde
$m \rightarrow M$	indeks for typen af værktøj
$o \rightarrow O$	indeks for antallet af operatører
$p \rightarrow P$	indeks for antallet af »cost pools«
$Dete$	indeks for deterministisk forudsætninger
MA	indeks for marginaleforhold
NUV	indeks for nuværende forhold
OPR	indeks for oprindelige forhold
$Stok$	indeks for stokastiske forudsætninger

Bibliografi

- Abnor Ingeman & Björn Bjerke (1977). *Företagsekonomisk Metodlära*. Studentlitteratur Lund.
- Agte K. (1959). *Stufenweise Fixkostendeckung im System des Direct Costing*. ZfB, Vol. 29, pp 404-418.
- Anthony Robert N. (1975). *Accounting for the Cost of Interest*. Lexington Books London.
- Arwidi Olof (1974). *Planering og Simulering - En Referensram för Analys av Simulering som Angreppssätt ved olika Planeringsnivåer i en Organisation*. Företagsekonomiska Institutionen vid Lunds Universitet.
- Ask Urban og Chritian Ax (1992). *Trends in the Development of Product Costing Practices and Techniques - A Survey of the Swedish Manufacturing Industry*. Working Paper Gothenburg Sweden.
- Bailey Elizabeth E. & Ann F. Friedlaender (September 1982). *Market Structure And Multiproduct Industries*, Journal of Economic Literature, Vol. XX. pp 1024-1048.
- Balci Osman (1994). *Validation, Verification, and Testing Techniques Throughout the Life Cycle of a Simulation Study*. Proceedings of the 1994 Winter Simulation Conference, Ed. J. D. Tew, S. Manivannan, D.A. Sadowski, and A.F. Seila, pp 215-220.
- Baumol William J., J.C. Panzar, R. D. Willig (1988). *Contestable Markets and The Theory of Industry Structure*. Revised Edition. Harcourt Brace Jovanovich Inc.
- Bennett R. E., J.A. Hendricks, D.E. Keys, E.J. Rudnicki (1987). *Cost Accounting For Factory Automation*. NAA. Publicationa
- Bessant John and Bill Haywood (1986). *Flexibility in Manufacturing Systems*, OMEGA, Vol. 14, pp 465-473.
- Blom Gunnar (1984). *Sannolikhetsteori med Tillämpningar*. Studentlitteratur Lund.
- Blohm H., T. Beer, U. Seidenberg, H. Silber(1987). *Produktionswirtschaft*. Neue Wirtschafts-Briefe Herne/Berlin.
- Boons Arnick A. M., Hanno J.E. Roberts and Frans A. Roozen (No. 3 1992). *Contrasting Activity-Based Costing with the German/Dutch Cost Pool Method*, Management Accounting Research, Vol. 3, pp 97-117.
- Brealey Richard A. & Stewart C. Meyers (1988). *Principles of Corporate Finance*. McGraw-Hill International Third Editions. Printed in Singapore.
- Brinberg D. & J. E. McGrath (1988). *Validity and the Research Process*. Sage Publication.
- Browne J. D Dubois, K. Rathmill, S. Sethi and K. Steckle (1985). *Classification of Flexible Manufacturing Systems* op.cit Manufacturing Systems Bignell V. et al(ed). Oxford.
- Burger Anton (1991). *Die Entscheidungsrelevanz von Fixkosten, Fixleistungen und Deckungsvorgaben*, DBW, Vol. 51, pp 649-656.
- Burns William J. & Robert S. Kaplan Ed. (1987). *Accounting & Management: Field Study Perspectives*. Harvard Business Schooll Press.

- Bursal Nasuhi I. (No. 3 1992). *German Cost Accounting Education and the Changing Manufacturing Environment*, Management Accounting Research, Vol. 3, pp 39-51.
- Buzacott John A. & J. George Shanthikumar (1993). *Stochastic Models of Manufacturing Systems*. Printice Hall NJ.
- Böhm Hans-Herman & Friedrich Wille (1974). *Deckungsbeitragsrechnung, Grenzpreisrechnung und Optimierung*. Moderne Industrie, München.
- Christenson Charles (January 1983). *The Methodology of Positive Accounting*, The Accounting Review, Vol. 58, pp 1-22.
- Coase Ronald H. (1937). *The Nature of the Firm*, Economica, Vol. 4, pp 386-405.
- Coase Ronald H. (September 1992). *The Institutional Structure of Production*. The American Economic Review, Vol. 82, pp 713-719.
- Coenenberg Adolf G. (1992). *Kostenrechnung und Kostenanalyse*. Moderne Industrie, Landsberg.
- Cooper Robin & Robert S. Kaplan. (1991a). *Profit Priorities from Activity-Based Costing*", Harvard Business-Review, Vol. 69, pp 130-135.
- Cooper Robin & Robert S. Kaplan. (1991b). *The Design of Cost Management Systems: Text, Cases and Readings*, Prentice-Hall International Editions. USA.
- Cooper Robin & Robert S. Kaplan (September 1992). *Activity-Based Systems: Measuring the Costs of Resource Usage*, Accounting Horizons, Vol. pp 1-13.
- Cyert R.M. & J.G. March (1963). *A Behavioral Theory of the Firm*. Englewood Cliffs, N.J. Printice Hall.
- Demski Joel S. *Managerial Uses of Accounting Information*. Kluwer Academic Publishers Norwell, Massachusetts USA (1994).
- Dopuch Niclolas (July 1993). *A Perspective on Cost Drivers*, The Accounting Review, Vol. 68, pp. 615-620.
- Dopuch Niclolas, Jacob B. Birnberg, Joel Demski (1974). *Cost Accounting. Accounting Data for Management's Decisions*. Harcourt Brace Jovanovich, Inc. NY.
- Edwards C. H. Jr. & David E. Penny (1990). *Calculus and Analytic Geometry*. Prentice-Hall International, Inc. Third Edition, Englewood Cliffs, New Jersey USA.
- Eidenmüller Bode (7/8 1986). *Neue Planungs- und Steuerungskonzepte bei Flexibler Serienfertigung*, zfbf, Vol. 38, pp 618-634.
- Evans James R, David R. Andersson, Dennis J. Sweeney and Thomas A. Williams (1990). *Applied Production and Operations Management*. West Publishing Company USA.
- Fandel Günter (1989). *Produktion I*. Springer-Verlag.
- Fog Bjarke (1991). *Pristoriens Anvendelse i Praxis*. Handelshøjskolen Forlag København.
- Foster George and Charles T. Horngren (1988a). *Flexible Manufacturing Systems: Cost Management and Cost Accounting Implications*, Working Paper.
- Foster George and Charles T. Horngren (Winter 1988b). *Cost Accounting and Cost Management in a JIT Environment*, Journal of Cost Management, Vol. 2, pp 4-14.

- Frenckner T. Paulsson (1954). *Kostnadsfördelning och Internprestationsbedömning*. P. A. Norstedt & Söner Förlag, Stockholm.
- Frenckner T. Paulsson (1986). *Från Kostnadsberäkning til Ekonomisk Styrning Fyrtio År Kostnadsintäktsanalys med Paulsson Frenckner* Under Redaktion Av Nils-Göran Olve och Lars A. Samuelson. Mekan IFL.
- Frenckner T. Paulsson (Maj 1991). *Kommentarer til ABC-Kalkylen*, Ekonomi & Styrning, pp 4-7.
- Frenckner T. Paulsson & Lars A. Samuelson (1984). *Produktkalkyler i Industrin*. Sveriges Mekanförbundet.
- Friedman Milton (1953). *The Methodology of Positive Economics*. In Essays in Philosophy and Economics Theory. Oxford University Press 1979. Ed. Hahn F. & M Hollis, pp 18-35.
- Goldratt E. (1990). *The Theory of Constraints*. North River Press USA.
- Gosse Darrel I. (Fall 1993). *Cost Accounting's Role in Computer Integrated Manufacturing An Empirical Field Study*, Journal of Accounting Management Research, Vol 5, pp 158-179.
- Gustafsson Claes (1991). *Some Notes on Intentionality and Normativity in Managerial Reasoning*. Åbo Akademi University.
- Gutenberg Erich (1983). *Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre Band I: Die Produktion*. Springer-Verlag.
- Hall Randolph W. (1991). *Queuing Methods for Services and Manufacturing*. Prentice Hall.
- Hansen Palle (1976). *Operationel Økonomiinformation. I Grundmodellerne*. Institut for Lederskab og Lønsmhed.
- Hayes Robert H. & Steven C. Wheelwright (Jan/Feb 1979). *Link Manufacturing Process and Product Life Cycles*, Harvard Business Review, Vol. ,pp ...
- Heinen Edmund (1985). *Betriebswirtschaftliche Kostenlehre: Kostentheorie und Kostenentscheidungen*. Gabler-Verlag, Wiesbaden.
- Holbrock William G. (1988). »Experiences in a JIT Environment« i »Cost Accounting, Robotics, and the New Manufacturing Environment«. American Accounting Association & NAA.
- Horngren Charles T. & George Foster (1987). *Cost Accounting: A Managerial Emphasis Six Edition*. Printice-Hall International Editions.
- Horngren Charles T. & George Foster (1991). *Cost Accounting A Managerial Emphases Seventh Edition*. Printice-Hall International Editions.
- Horngren Charles T., George Foster & Srikant M. Datar (1994). *Cost Accounting A Managerial Emphases Eight Edition*. Printice-Hall International Editions.
- Hörte Sven Åke & Per Lindberg (1991). *Implementation of Advanced Manufacturing Technologies: Swedish FMS Experiences*, International Journal of Human Factors in Manufacturing, Vol., pp 55-73.

- Israelsen Poul & Poul Erik Sørensen (1991). *Nye Økonomistyringsudfordringer*, i FSR's Årsskrift 1991, Revision & Erhvervsøkonomi (Red) Ole Ø. Madsen & Andreas Nicolaisen (pp 69-125).
- Israelsen Poul (1993). *Activity-versus Variability-Based Management Accounting*. Jurist- og Økonomforbundets Forlag, Copenhagen Denmark.
- Itami Hiroyuki & Robert S. Kaplan. (August 1980). *An Activity Analysis Approach to Unit Costing With Multiple Interactive Products*. Management Science, Vol. 26, pp 826-839.
- Jaikumar Ramchandran. (Nov-Dec 1986). *Postindustrial Manufacturing*. Harvard Business Review, Vol. 64, pp 69-76.
- Johansson Sven-Erik & Lars A. Samuelson (1992). *Industriell Kalkylering och Redovisning*. Nordstedts Juridik. 8. Uppplagan Stockholm.
- Johansson Sven-Erik & Lars Östman (Sweden 1992). *Lönsamhetskrav- Redovisningsmått-Styrning*. Studentlitteratur Sverige.
- Johnson Thomas H. (Spring 1991). *Activity-Based Management: Past, Present, and Future*. The Engineering Economist, Vol 36, pp 219-238.
- Kaplan Robert S. (Winter 1977-78). *Application of Quantitative Models in Managerial Accounting: A State of the Art Survey*, The Accounting Journal, Vol. , pp 218-242.
- Kaplan, Robert S. (1983). *Measuring Manufacturing Performance: A New Challenge for Managerial Accounting Research*, The Accounting Review, Vol. 58, pp 686-705.
- Kaplan Robert S. (1984). *The Evolution of Management Accounting*, The Accounting Review, Vol. 59, pp 390-418.
- Kaplan Robert S. (No.4/5 1986b). *The Role for Empirical Research in Management Accounting*, Accounting, Organizations and Society, Vol. 11, pp 429-452.
- Kaplan Robert S. (Winter 1986c). *Accounting Lag: The Obsolescence of Cost Accounting Systems*, California Management Review, Vol. 28, pp 174-199.
- Kaplan Robert S. (January-February 1988). *One Cost System Isn't Enough*, Harvard Business Review, Vol. 66, pp 61-66.
- Kaplan Robert S. (1988). *»Regaining Relevance« in »Cost Accounting, Robotics, and the New Manufacturing Environment«*. American Accounting Association & NAA.
- Kaplan Robert S. (February 1990). *Cost Systems Design*, Management Accounting Vol., pp 22-26.
- Kaplan Robert S. (November 1992). *In Deffense of Activity-Based Cost Management*, Management Accounting(USA), Vol. 73, pp 58-63.
- Kaplan Robert S. (Fall 1993). *Invited Editorial: Research Opportunities in Management Accounting*, The Journal of Management Accounting Research, Vol 5 pp 3-14.
- Kaplan Robert S. (1994). *Management Accounting (1984-1984): Development of New Practice and Theory*. Management Accounting Research, Vol. 5, pp 247-260.
- Kaplan Robert S. (Fall 1995). *New Roles for Management Accountants*. Journal of Cost Management, Vol. 7, pp 6-13.

- Kaplan Robert S. & Anthony A. Atkinson (1989). *Advanced Management Accounting*. Printice-Hall.
- Kato Yutaka (1989). *Applying Quantitative Methods to Cost and Management Accounting Practices: USA - Japanese Comparison*. Op.cit. Japanese Management Accounting: A World Class Approach to Profit (Monden & Sakurai ed.). Productivity Press.
- Kilger Wolfgang (1958). *Die Produktions- und Kostentheorie als Theoretische Grundlage der Kostenrechnung*, Zeitschrift Für Handelswissenschaftliche Forschung, Vol. 10, pp 553-564.
- Kilger Wolfgang (1980). *Einführung in die Kostenrechnung*. Gabler-Verlag Wiesbaden.
- Kilger Wolfgang (1985). *Flexible Plankostenrechnung und Deckungsbeitragsrechnung*. Gabler-Verlag Wiesbaden.
- Kilger Wolfgang (1986a). *Industriebetriebslehre Band I*. Gabler-Verlag Wiesbaden.
- Kilger Wolfgang (1986b). *Die Kostenträgerrechnung als Leistungs- und Kostenwirtschaftliches Spiegelsbild des Produktions- und Absatzprogramms*. Op.Cit. Rechnungswesen und EDV. 7. Saarbrücker Arbeitstagung. Hrsg. Von W. Kilger und A.-W. Scheer. Heidelberg, pp 3-53.
- King Alfred M. (1991). *The Current Status of Activity-Based Costing: An Interview with Robin Cooper and Robert S. Kaplan. Where is ABC on the Path to total Implementation?*, Management Accounting/September, Vol. 72, pp 22-26.
- Kleiner Franz. (1991). *Kostenrechnung Bei Flexibler Automatisierung*. Controlling Praxis. Verlag Vahlen.
- Kloock J., G. Sieben, T. Schildbach (1987). *Kosten- und Leistungsrechnung*. Werner-Verlag, Düsseldorf.
- Kmenta Jan (1986). *Elements of Econometrics*. MacMillan, USA.
- Knoop Jens (1986). *Online-Kostenrechnung für die CIM-Planung: Professororientierte Kostenrechnung zur Ablaufplanung Flexibler Fertigungssysteme*. Erich Schmidt Verlag Berlin.
- Knoop Jens (2/1987). *Prozessorientierte Kostenrechnung- Ein Instrument zur Planung Flexible Fertigungssysteme*, krp , Vol. , pp 47-58.
- Kuhn Thomas S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. The University of Chicago Press.
- Küpper Hans-Ulrich (Heft 1 1985). *Investitionstheoretische Fundierung der Kostenrechnung*, zfbf, Vol 37, pp 26-46.
- Lackes Richard (1989). *EDV-Orientiertes Kosteninformationssystem: Flexible Plankostenrechnung und Neue Technologien*. Gabler-Verlag Wiesbaden.
- Langholm Odd (1969). *Full Cost And Optimal Price A Study in the Dynamics of Multiple Production*. Universitetsforlaget Oslo.
- Law Averill M. & W. David Kelton (1991). *Simulation Modeling & Analysis*. McGraw-Hill Second Edition. Printed in Singapore.

- Liljeblad Ragnar (1962). *Cost Calculation and Cost Accounting in the Manufacturing Industries*. ASEA Västerås Sweden.
- Lindholm Stig (1985). *Vetenskap, Verklighet och Paradigm: Om Dialektik, Hermeneutik, Positivism m.m. inom Samhällsforskning*. AWE/GEBERS, Stockholm 1979.
- Madsen Vagn (1977). *Regnskabsvæsenets Opgaver og Problemer i ny Belysning*. Gyldendal.
- MaGee Robert P. (1986). *Advanced Managerial Accounting*. Harper & Row New York.
- Mattessich Richard (1984). *Modern Accounting Research: History, Survey, and Guide*. The Canadian Certified General Accountants Research Foundation.
- Miller David (1983). *A Pocket Popper*, University Press, Oxford.
- Miller G. Jeffrey and Thomas E. Vollmann (1985). *The Hidden Factory*, Harvard Business Review, Vol. 63 ,pp 142-150.
- Mirani A. *Kosten- und Investitionsmanagement für Moderne Industrieanlagen*, in Rechnungswesen und EDV hrsg. W. Kilger & A.-W. Scheer, Physia-Verlag Heidelberg. (1986,pp 503-521.)
- Musgrave Alan (1970). *Unreal Assumptions in Economic Theory: The F-Twist Untwisted*. KIKLOS, Vol. 34. pp 377-387.
- National Association of Accountants (June 1983). *Management Accounting Terminology*. Statement Number 2.
- Nielsen Steen (1989). *Produktkalkulutveckling i Några Företag, IBM Svenska AB in Produktkalkulering i Omvandling* (ed.) Nils-Göran & Lars A Samuelson. Mekanförbundets Förlag Sverige.
- Nielsen Steen (1991). *Product Costing in FMS Environment, With Special Emphasis on Input Resources. A Model and Case Study*. Working Paper. HHS, Sweden.
- Nielsen Steen & Esben Høg. (Nr. 2 1994). *En Ressourcefordelingsmodel i Kalkulation-smæssig Betydning*, Ledelse & Erhvervsøkonomi, Vol 58, pp 103-116.
- Nielsen Steen (August 1996). *En Sammenligning mellem Svenske, Tyske, Amerikanske og Japanske Kalkulationstanker*. (UDKAST TIL MANUSKRIFT)
- Nilsson C.-H., H. Nordahl, I. Persson (1989). *Analysis and Evaluation of Flexible Capital Investments*. Department of Industrial Management Lund University Institute of Science and Technology.
- Olve Nils-Göran (Nr. 1 1990). *Udnyttjande eller Avsigt: Vægval nær vi Fordelar Kostnaderne*, Ekonomi & Styrring, Vol., pp 7-8.
- Olve Nils-Göran & Lars A. Samuelson (1989). *Produktkalkulering i Omvandling*. Mekanförbundets Förlag. Sverige.
- Ostrenga Michael R. and Frank R. Probst (Fall 1992). *Process Value Analysis: The Missing Link in Cost Management*, Journal of Cost Management, Vol. 6, pp 4-13.
- Pidd Michael (1988). *Computer Simulation in Management Science*. John Wiley & Sons.
- Plaut H.G. (1986). *Die Entwicklung der Flexiblen Plankostenrechnung zu Einem Instrument der Unternehmensführung*. Saarbrücker Arbeitstagung.

- Popper Karl R. (1959) *The Logic of Scientific Discovery*, New York. Basic Books. (See also David Miller 1983).
- Rasmussen Arne (1980). *Mikroteoretiske Elementer i den Fortagsøkonomiske Idé- og Teoriutvikling*, Op. cit, Föetagekonomins Rötter, Lars Engwall(red).
- Riebel Paul (1985). *Einzelkosten- und Deckungsbeitragsrechnung*. Gabler-Verlag.
- Riebel Paul (1991). *Basic Forms of Margin Budget/Contribution Targets*. Working Paper.
- Robinson Michael A. (Fall 1990). »*Contribution Margin Analysis: No Longer Relevant/Strategic Cost Management: The New Paradigm*. (Indeholder bidrag fra Kaplan, Germain Boer, og John Shank). *Journal of Management Accounting Research*, Vol 2, pp 1-32.
- Ross Sheldon M. (1985). *Introduction to Probability Models*. Academic Press Inc. USA.
- Rørsted Bendt (1990). *Balance Lost?: Different Cost for Different Purpose - Are We losing our Sense of Proportion?*, Institute of Management, University of Aarhus, Vol., pp 1-28.
- Rørsted Bendt (1991). *Activity-Based Confusion? - ABC - Status Primo 1991*, Institute of Management, University of Aarhus.
- Sakurai Michiharu (Summer 1989). *Target Costing and How to Use it*, Cost Management, Vol. 3, pp 39-50.
- SAP (1994). *SAP Controlling Product Cost Accounting II*. SAP AG Walldorf Germany.
- Scapens Robert W. (1985). *Management Accounting A Review of Recent Developments*. Macmillan London.
- Scapens Robert W. (September 1990). *Researching Management Accounting Practice: The Role of Case Study Methods*, British Accounting Review, Vol. 22, pp 259-281.
- Scheer August-Wilhelm (1989). *Enterprise-Wide Data Modelling. Information System in Industry*. Springer Verlag.
- Schlingensiepen Jürgen (5/1987). *Wirtschaftlichkeitsrechnungen und Kostenrechnerische Kalküle für Flexible Fertigungssysteme (FFS)*, KRP ,Vol., pp 179-186.
- Schmalenbach E. (1930). *Grundlagen der Selbstkostenrechnung und Preispolitik*. 5. Auflage. Goeckner Verlagsbuchhandlung in Leipzig.
- Schneider Dieter (1970). *Investition und Finanzierung*. Westdeutscher Verlag.
- Schriber T. J.(No. 3 1985). *A GPSS/H Model for A Hypothetical Flexible Manufacturing System*. *Annals of Operations Research*, pp 171-188.
- Schriber T. J. (1990). *Simulation Using GPSS*. Krieger Publishing Company Malabar Florida.
- Schweitzer Marcell & Hans Ulrich Küpper (1974). *Produktions- und Kostentheorie der Unternehmung*. Rowohlt.
- Schweitzer M. & H.-U. Küpper (1986). *Systeme der Kostenrechnung*. Moderne Industrie.
- Schweitzer Paul J. & Abraham Seidmann (1991). *Optimizing Processing Rates for Flexible Manufacturing Systems*, *Management Science*, Vol. 37, pp 454-466.

- Sellstedt Bo (1989). *Föreläsningsanteckningar För Ekonomisk Analys och Styrning. Moment Matematik och Stokastiska Processer*. Section C. Handelshögskolan i Stockholm.
- Sellstedt Bo (1994a) *Föreläsningar i Produktionsekonomi. Några Övergripande Kostnadsbegrepp*. Handelshögskolan i Stockholm.
- Sellstedt Bo (1994b) *Föreläsningar i Produktionsekonomi. Ledtid och Produkter-i-arbete (PIA) under Stokastiska Förhållanden: En Aggregerad Ansats*. Handelshögskolan i Stockholm.
- Sellstedt Bo (1996b) *Föreläsningar i Produktionsekonomi. Ledtid och Produkter-i-arbete (PIA) under Stokastiska Förhållanden: En Aggregerad Ansats*. Handelshögskolan i Stockholm.
- Siegiwart H. & F. Raas (1/1989). *Anpassung der Kosten- und Leistungsrechnung Moderne Fertigungstechnologi*, KRP, Vol., pp 7-14.
- Simon H. A. (1960). *The New Science of Management Decision*. Harper and Row. New York
- Skinner Wickham (July/August 1986). *The Productivity Paradox*. Harvard Business Review, pp 55-59.
- Slack N.D.C. (1989). *Focus of Flexibility*, International Handbook of Production and Operation Management ed. R. Wild, Vol., pp 50-73.
- Son Young K. (1990). *A Performance Measurement Method Which Remedies the »Productivity Paradox«*, Production and Inventory Management Journal - Second Quarter, pp 38-43.
- Son Young K. (1991a). *A Cost Estimation Model For Advanced Manufacturing Systems*, International Journal of Production Research, Vol. 29, pp 441-452.
- Son Young K. (No. 12 1991b). *A Framework for Modern Manufacturing Economics*, International Journal of Production Research, Vol. 29, pp 2483-2499.
- Son Young K. (1992). *Simulation-Based Manufacturing Accounting for Modern Manufacturing Management*, Working Paper. Department of Management, The City University of New York.
- Son Young K. & Chan S. Park (1990). *Quantifying Opportunity Costs Associated with Adding Manufacturing Flexibility*, International Journal of Production Research, Vol. 28, pp 1183-94.
- Stalk George Jr. (July August 1988). *Time - The Next Source of Competitive Advantage*. Harvard Business Review.
- Stam Antonie & Markku Kuula (1991). *Selecting a Flexible Manufacturing System Using Multiple Criteria Analysis*, International Journal of Production Research, Vol. 29, pp 803-820.
- Staubus George J. (1971). *Activity Costing and Input-Output Accounting*. Richard D. Irwin, Inc. USA.
- Staubus George J. (1990). *Activity Costing: Twenty Years On*, Management Accounting Research, Vol. 1 no.4, pp 249-264.

- Ståhl Ingolf (1990). *Introduction to Simulation With GPSS*. Prentice Hall, UK. Ståhl Ingolf (1990).
- Ståhl Ingolf (1996). *Simulation Prototyping*. Conference Paper. The International Conference: Simulation, Gaming, Training and Business Process Reengineering in Operation, Riga Latvia September 1996.
- Suri Rajan & Richard R. Hildebrant (No.3 1984). *Modelling Flexible Manufacturing Systems Using Mean-Value Analysis*, Journal of Manufacturing Systems, Vol., pp 27-38.
- Sydsæter Knut (1987). *Matematisk Analys Bind I*. Universitetsforlaget AS, Oslo.
- Sydsæter Knut (1990). *Matematisk Analys Bind II, i Samarbeid med Atle Seierstad og Arne Strøm*. Universitetsforlaget AS, Oslo.
- Systat (1988). *Wilkinson, Leland. SYSTAT: The System for Statistics*. Evanston, IL, USA.
- Taymaz Erol (No. 11 1989). *Types of Flexibility in a Single-Machine Production System*. International Journal of Production Research, Vol. 27, pp 1891-1899.
- Tempelmeier Horst (1989). *Kapazitätsplanung für Flexible Fertigungssysteme*. ZfB, Vol. 58, pp 963-980.
- Törnebohm Håkon (1981). *Reflexion on Research and Practice*, Rapport No. 63 Serie No. 2 Institutionen för Vetenskapsteori.
- Varian Hal R. (1984). *Microeconomic Analysis*. Norton, USA.
- Vincent Stephen & Averill M. Law (1995). *ExpertFit: Total Support for Simulation Input Modeling*. Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference, Ed. C Alexopoulos, K Kang, W.R. Lilegdon, and D. Goldsman, pp 395-400.
- Werneryd Karl-Erik (August 1985). *Management Research and Methodology*, Scandivavian Journal of Management Studies, Vol., pp 3-18.
- Weber Jürgen (Heft 3 Mai 1990). *Change Management für die Kostenrechnung*, Controlling, Vol. 2, pp 120-126.
- Weber Jürgen (Heft 2 Februar 1994). *Kostenrechnung Zwischen Verfallens- und Entscheidungsorientierung*, Krp, pp 99-104.
- Wildeman Horst (April 1989). *Cost Accounting and New Manufacturing Technologies*, European Accounting News EAA, Vol., pp 11-21.
- Worre Zakken (1991). *Omkostningsregnskab og Omkostningsstyring, Bind I+II*. Civil Økonomernes Forlag, Ålborg.
- Worre Zakken (1992). *The Limitations of Cost Accounting are to be Found Within the Accountant Himself*, The Institute of Financial & Management Accounting, The Copenhagen Business School.
- Yin Robert K. (1989). *Case Study Research Design and Methods*. Sage Publications Volume 5.
- Zimmerman Jerold L. (July 1979). *The Costs and Benefits of Cost Allocations*, Accounting Review, Vol. 54, pp 504-521.

EFI

The Economic Research Institute Stockholm School of Economics

Reports since 1992

Published in the language indicated by the title

1992

Charpentier, C., Ekonomisk styrning av statliga affärsverk.

Edlund, P-O., Karlsson, S., Forecasting the Swedish Unemployment Rate: VAR vs. Transfer Function Modelling. Research Report.

Eklöf, J.A., Varying Data Quality and Effects in Economic Analysis and Planning.

Eliasson, M., Julander, C-R., Productivity in Swedish Grocery Retailing. - changes over time and a causal model.

Ewing, P., Ekonomisk styrning av enheter med inbördes verksamhetssamband.

Fredriksson, O., Datorkommunikation i Distributionssystem. Erfarenheter och effekter vid införandet av två multilaterala interorganisatoriska informations-system - exemplet BASCET Infolink AB. Research Report.

Fredriksson, T., Policies Towards Small and Medium Enterprises in Japan and Sweden. Research Report.

Företagsledning bortom etablerad teori, red. Sjöstrand, S-E., Holmberg, I., *EFI/Studentlitteratur*.

Gerdtham, U., Jönsson, B., Sjukvårds-kostnader i de nordiska länderna. Research Report.

Hedvall, M., Produktkvalitet som konkurrensmedel i producentvaruproducerande industri. Research Report.

Holmberg, C., Effects of Feature Advertising and Other Promotions Research Report.

Jansson, D., Spelet kring investeringskalkyler. Om den strategiska användningen av det förgivet-tagna. *Norstedts Förlag/EFI*.

Jennergren, L.P., Näslund, B., Valuation of Executive Stock Options. Research Report.

Kokko, A., Foreign Direct Investment Host Country Characteristics and Spillovers.

Ljung, A., Intressentsstrategier.

- En longitudinell studie av utvecklingen i två svenska företag.

Mårtensson, P., Mähning, M., Information Support From Staff to Executives. - An Explorative Study. Research Report.

Rabiee, M., A Review of Demand for Telecommunication: An Analytical Approach. Research Report.

Paalzow, A., Public Debt Management. Research Report.

Persson, P-G., Basket Analysis.

A New Way of Studying Short Term Effects of Promotions in Grocery Retailing. Research Report.

Sjöstrand, S-E., On Institutions and Institutional Change. Research Report.

Södergren, B., Decentralisering. Förändring i företag och arbetsliv.

Thodenius, B., Användningen av ledningsinformationssystem i Sverige: Lägesbild 1991. Research Report.

Tollgerdt-Andersson, L., Sjöberg, L., Intresse och kreativitet inom tjänsteproducerande företag. Research Report.

Wahl, A., Könnsstrukturer i organisationer.

Kvinnliga civilekonomers och civilingenjörers karriärutveckling.

1993

Ekvall, N., Studies in Complex Financial Instruments and their Valuation.

Flink, T., The Development of High-Speed Trains - An Industrial Dynamics Approach. Research Report.

Gerdtham, U-G., Hertzman, P., Boman, G., Jönsson, B., Impact of Inhaled Corticosteroids on Asthma Hospitalization in Sweden: A Pooled Regression Analysis. Research Report.

Gun-Ho Cha, Reappraisal of Market Efficiency Tests Arising from Nonlinear Dependence, Fractals, and Dynamical Systems Theory.

Hertz, S., The Internationalization Processes of Freight Transport Companies.

Nilsson, K., Förhållanden som påverkar rapporteringstiden - En studie i tre koncerner. Research Report.

Redovisningens roller, red. Samuelson, L.A., Östman, L.

Ruist, E., Sambandsanalys med ordinalskalevariabler. Vilka statistiska metoder kan användas? Research Report.

Skogsvik, K., Accounting for Pension Obligations. Research Report.

Sjöstrand, S-E., Om företagsformer.

Stein, J., Strategy Formation and Managerial Agency. A Socio-Cognitive Perspective.

Söderlund, M., Omvärldsmodeller hos beslutsfattare i industriföretag - en studie av svenska leverantörer till fordonsindustrin.

Sörensson, T., Swedish Convertible Bonds and their Valuation.

Tyrstrup, M., Företagsledares arbete. En longitudinell studie av arbetet i en företagsledning.

Uddén-Jondal, E., Wage Formation in a Unionized Economy.

Whitelegg, J., Hultén, S., Flink, T., High Speed Trains. Fast Tracks to the Future.

1994

Andersson, H., Ett industriföretags omvandling. En studie av Hägglunds förändringsprocess 1922-81 med bas i företagets produkter, relationer och resurser.

Andersson, H., En produkthistoria. (*separat publicerad bilaga till ovanstående*)

Cowan, R., Hultén, S., Escaping Lock-in: The Case of the Electric Vehicle. Research Report.

Dahlfors, G., Jansson, P., Essays in Financial Guarantees and Risky Debt.

Företag och marknader i förändring - dynamik i nätverk,

red. Mattsson, L-G., Hultén, S.

EFI/Nerenius & Santérus Förlag.

Helgesson, C-F., Coordination and Change in Telecommunications. Research Report.

Lundström, T., Wijkström, F., The Swedish Nonprofit Sector. Research Report.

Nessén, M., Essays on Exchange Rates and International Finance.

Niemeyer, J., Essays on Market Microstructure - Empirical Evidence from Some Nordic Exchanges.

Nilsson, K., Rapportering i svenska storföretag 1993. Delrapport 1.

Faktiska tider och påverkande faktorer för månatlig resultatrapportering. Research Report.

Nilsson, K., Rapportering i svenska storföretag 1993. Delrapport 2.

Rapporteringstider för kvartals/tertiärs-rapporter. Research Report.

Nordenlöv, L., Entreprenörskap i industriella nätverk. Research Report.

Norén, N-E., Om Flexibilitetspåverkande beslut. Research Report.

Normark, P., Medlemsägda företag. Organisering av strategiska förändringar.

Nyman, K., Studier av inkomstfördelningar med hjälp av mikrosimuleringsmodeller. Research Report.

Thodenius, B., Användningen av ledningsinformationssystem i Sverige: Lägesbild 1993. Research Report.

Sjöholm, G., Redovisningsmått vid bolagisering. Utformning och effekter.

Wijkström, F., Det organiserade ideella arbetet i Sverige. Research Report.

Wirsäll, N-E., Holmlöv, P.G., Den nyckfulle Svensson. Reflektioner efter ett seminarium om strategier för handeln. *Fonden för Handels- och Distributionsforskning, EFI*

1995

Becker, T., Essays on Stochastic Fiscal Policy, Public Debt and Private Consumption.

Blomberg, J., Ordning och kaos i projektsamarbete - en socialfenomenologisk upplösning av en organisationsteoretisk paradox.

Brodin, B., Lundkvist, L., Sjöstrand, S-E., Östman, L., Styrelsearbete i koncerner

Brännström, T., Bias Approximation and Reduction in Vector Autoregressive Models.

Research Report.

Ekonomisk politik i omvandling.

Lars Jonung (red)

Gunnarsson, J., Wahlund, R., Hushållens finansiella strategier. En explorativ studie. *Fonden för Handels- och Distributionsforskning, EFI.*

Höök, P., Chefsutveckling ur könsperspektiv - Mentorskap och nätverk på Vattenfall - Research Report.

Levin, J., Olsson, P., Looking Beyond the Horizon and Other Issues in Company Valuation. Research Report.

Mägi, A., Customer Satisfaction in a Store Performance Framework. Research Report.

Persson, P-G., Modeling the Impact of Sales Promotion on Store Profits.

Roman, L., Institutions in Transition. A Study of Vietnamese Banking.

Sandberg, J., Statistisk metod - dess vetenskapliga hemvist, grundläggande principer och möjligheter inom samhällsvetenskapen. Research Report.

Sandberg, J., How Do We Justify Knowledge Produced by Interpretative Approaches? Research Report.

Schuster, W., Redovisning av konvertibla skuldebrev och konvertibla vinstandelsbevis - klassificering och värdering.

Söderberg, K., Farmartjänsten - Ny Kooperation inom lantbruket. Research Report

Söderqvist, T., Benefit Estimation in the Case of Nonmarket Goods. Four Essays on Reductions of Health Risks Due to Residential Radon Radiation.

Thorén, B., Användning av information vid ekonomisk styrning - månadsrapporter och andra informationskällor.

1996

Andersson, P., Concurrence, Transition and Evolution - Perspectives of Industrial Marketing Change Processes.

Andersson, P., The Emergence and Change of Pharmacia Biotech 1959-1995.

The Power of the Slow Flow and the Drama of Great Events.

Asplund, M., Essays in Industrial Economics.

Delmar, F., Entrepreneurial Behavior & Business Performance.

Edlund, L., The Marriage Market: How Do You Compare?

Gunnarsson, J., Three Studies of Financial Behavior. Research Report 1996.

Hedborg, A., Studies of Framing, Judgment and Choice.

Holgersson, C., Höök, P., Ledarutveckling för kvinnor - Uppföljning av en satsning på Volvo - Research Report.

Holmberg, C., Stores and Consumers - Two Perspectives on Food Purchasing.

Håkansson, P., Wahlund, R., Varumärken. Från teori till praktik. *Fonden för Handels- och Distributionsforskning, Ekonomiska Forskningsinstitutet.*

Karlsson, A., The Family Business as an Heirloom. Research Report.

Molin, J., Essays on Corporate Finance and Governance.

Mägi, A., The French Food Retailing Industry - A Descriptive Study. The Foundation for Distribution Research.

Mölleryd, B., Så byggdes en världsindustri - Entreprenörskapets betydelse för svensk mobiltelefoni. Research Report.

Normark, P., Danielsson, L., Larsson, A., Lundblad, P., Kooperativa nyckeltal. Research Report.

Sandén-Håkansson, U., Från kampanjmål till mediemix - en studie av samarbete mellan annonsörer, reklambyråer och mediebyråer. Research Report.

Stein, J., Söderlund, M., Framgång i arbetet, strategier för att utföra arbetsuppgifterna, arbetsuppgifternas karaktär och utbildningskvalitet. En empirisk studie av civil-ekonomer. Research Report.

Strömberg, P., Thorburn, K., An Empirical Investigation of Swedish Corporations in Liquidation Bankruptcy. Research Report.

Söderlund, M., Och ge oss den nöjda kunden. En studie av kundtillfredsställelse och dess orsaker och effekter. Research Report.

Thodenius, B., Användningen av ledningsinformationssystem i Sverige: Lägesbild 1995.

Wijkström, F., Den svenska ideella sektorn och pengarna. Research Report.

