

Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

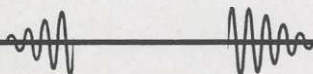
This work has been digitized at Gothenburg University Library. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



STÖRNINGARS KONSEKVENSER FÖR TILLVERKANDE FÖRETAGS EFFEKTIVITET

Identifiering, analys och hantering av störningar

Knut Fahlén



THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHILOSOPHY DEPARTMENT

PHILOSOPHY 101

LECTURE NOTES

BY [Name]

DATE [Date]

CHAPTER 1

THE PHENOMENON OF CONSCIOUSNESS

1.1 THE HARD PROBLEM

1.2 THE SOFT PROBLEM

1.3 THE MEASUREMENT PROBLEM

1.4 THE EXPLANATION PROBLEM

1.5 THE REDUCTION PROBLEM

1.6 THE INTERPRETATION PROBLEM

1.7 THE SCIENTIFIC PROBLEM

1.8 THE PHILOSOPHICAL PROBLEM

1.9 THE METAPHYSICAL PROBLEM

**STÖRNINGARS KONSEKVENSER FÖR TILLVERKANDE
FÖRETAGS EFFEKTIVITET**

Identifiering, analys och hantering av störningar

av

Knut Fahlén

AKADEMISK AVHANDLING

för ekonomie doktorsexamen,
som med tillstånd av Handelshögskolan
vid Göteborgs Universitet
framlägges till offentlig granskning
fredagen den 16 januari 1998 klockan 13.15
i sal E44 vid
Företagsekonomiska institutionen,
Vasagatan 1, Göteborg

ABSTRACT

University of Göteborg
School of Economics and Commercial Law
Department of Business Administration
Vasagatan 1
S-411 80 GÖTEBORG

Author: Knut Fahlén
Language: Swedish text, with
summary in English
221 pages
ISBN 91-628-2703-0

CONSEQUENCES OF DISTURBANCES ON MANUFACTURING COMPANIES' EFFECTIVENESS

Identification, analysis and management of disturbances

It could probably be asserted that a fundamental goal for many companies is to be efficient, in the meaning of giving the owner of the company a high return on their investment, at a limited risk. Companies can improve their effectiveness by income generation, cost reduction and/or capital rationing. Customer orientation and integration of operations are two trends in the literature that are aiming at this kind of improvement. The planning method Just-in-Time (JIT), is one principle that has characterized these two trends during the last ten years.

JIT is focusing on capital rationing, but a partial focus on capital rationing can lead to an increased risk taking. The main problem of concern is that there is a need to develop a method, with which companies, within their existing capacity, can give priority between actions, so that the management of disturbances can be more efficient. This thesis is mainly concerned with establishing principles on how companies can manage disturbances with regards to the owners' demand for a high return on investment at a limited risk.

Interviews have been undertaken at four companies with the purpose to describe and systematize causes and consequences of disturbances together with actions on how these disturbances can be handled. A measurement feasible to analyse the economical consequences of disturbances is presented. It is shown how simulation can be used to analyse consequences of disturbances. Five statistical methods together with two decision rules are presented, which companies can use to determine whether it is efficient or not to handle a specific disturbance with a certain action. By using the presented method, the management of disturbances can be more efficient, in the sense that the owners' demand for a high rate of return at an acceptable risk is obtained.

Key Words: Disturbances, logistics, just-in-time (JIT), effectiveness, residual income, economic value added (EVA), simulation, experiments, risk

Printed in Sweden
Kompensiet
Aidla Trading AB

© Knut Fahlén
Vasagatan 1
S-411 80 Göteborg, Sweden 1997

**STÖRNINGARS KONSEKVENSER FÖR
TILLVERKANDE FÖRETAGS
EFFEKTIVITET**

Identifiering, analys och hantering av störningar

**av
Knut Fahlén**

Akademisk avhandling för erhållandet av
ekonomie doktorsexamen
vid Handelshögskolan, Göteborgs universitet,
Göteborg, 1997

STÖRNINGARS KONSEKVENSER FÖR
TILLVERKANDE FÖRETAGS EFFEKTIVITET -
Identifiering, analys och hantering av störningar

© 1997 Knut Fahlén

ISBN 91-628-2703-0

Detta verk är skyddat av lagen om upphovsrätt
till litterära och konstnärliga verk. Skyddet gäller
varje form av mångfaldigande genom tryckning,
duplicering, stencilering, bandinspelning etc.

Printed in Sweden
Kompendiet Aidla Trading AB, Göteborg 1997

Förord

Författandet av föreliggande avhandling startade 1990 och det har varit en lång och mödosam process innan den kom till ett slut. Flera störningar har inträffat under vägen, men konsekvenserna av dessa oväntade händelser har oftast kunnat reducerats på olika sätt. Exempel på oväntade händelser har varit datorstöld och studier i Tyskland, vilka ledde till avbrott i den planerade forskningen. Dessa och andra händelser har för det mesta varit lärerikt att stöta på. Handedarmöten som ingått i det planerade arbetet har delvis varit störande, men de positiva konsekvenserna av dessa möten har vägt mer än de negativa. Stundtals har det inom mitt forskningsområde varit svårt att finna enkla kausala samband. Sambanden mellan olika fynd av störningar och studiens inriktning har periodvis gett intryck av att vara kaosala.

Projektet initierades av professor Göran Bergendahl och finansierades under 6 månader av Västsvenska Handelskammaren. Titeln var "Metoder för materialadministration under osäkerhet". Under två år finansierades projektet därefter av Jan Wallanders och Tom Hedelius' stiftelse för samhällsvetenskaplig forskning. Jag tackar dessa två finansiärer för sitt stöd. Jag tackar i detta sammanhang även de företag och personer i den empiriska delen av studien, som ställt upp med tid för bli intervjuade.

Professor Göran Bergendahl har under hela tiden varit min huvudhandledare och jag vill speciellt tacka honom för hans engagemang och kritiska förhållningssätt till mitt arbete. Till sin, och min hjälp, har ett antal biträdande handledare varit engagerade i projektet. Professor Bertil Gandemo, docent Henrik Jönsson, docent Ted Lindblom och ekonomie doktor Lars Brigelius har alla under längre eller kortare perioder läst och kritiserat mitt arbete. Samtliga dessa förtjänar ett stort tack. Jag vill också tacka docenterna Arne Jensen och Stig Larsson samt ekonomie doktor Stefan Schiller för deras konstruktiva synpunkter på mitt manus vid slutseminariet.

Min far Martin, har också bidragit med konstruktiva diskussioner i allmänhet och varit ett stöd vid avhandlingsskrivandet. Dessutom har jag genom hans försorg haft tillgång till datorer under de första åren som doktorand. Ett speciellt tack riktas till filosofie doktor Anders Odén som hjälpt mig under senare delen av avhandlingsskrivandet. Utan din hjälp hade jag inte utvecklat tankarna i kapitel 7. Antagligen hade jag också

övergett projektet, utan att slutföra avhandlingen. Tack Helene, för att du kom med synpunkter på den engelska sammanfattningen.

Förutom tidigare nämnda personer på institutionen och avdelningen, riktas ett speciellt tack till kollegorna Urban Ask, Christian Ax, Hans Löfsten och Peter Rosén, som alltid kommit med kreativa idéer. Jag vill också tacka min bror Jens med familj, Anders Dijkstra med familj samt Jonas och Klas Rydinge för att de berikat min fritid under avhandlings-skrivandets gång. Flera andra vänner (ingen nämnd, ingen glömd) skall också ha ett stort tack för att de gett distans till avhandlingsarbetet, men även bidragit med givande diskussioner avseende detsamma.

Slutligen vill jag tacka mina föräldrar som hjälpt till med stöd och finansiering under de perioder där jag inte varit finansierad och då skrivandet varit speciellt jobbigt.

Göteborg i september 1997

Knut Fahlén

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund	2
1.2	Begreppet störning	15
1.3	Grundläggande mål vid hantering av störningar	19
1.4	Studiens disposition	24
2	PROBLEM, SYFTE OCH AVGRÄNSNINGAR	25
2.1	Precisering av forskningsproblem	25
2.2	Syfte	28
2.3	Avgränsningar	29
3	METODVAL	32
3.1	Metodologiska utgångspunkter	32
3.1.1	Metodsynsätt	33
3.1.2	Fallstudier	35
3.1.3	Metod- och modellutveckling	38
3.2	Tillvägagångssätt	41
3.2.1	Fallstudiens utformning	41
3.2.1.1	Val av studieobjekt och respondenter	42
3.2.1.2	Utformning av frågemall	45
3.2.1.3	Fallstudiens tillförlitlighet	47
3.2.2	Studiens kronologi och fortsatta upplägning	48

4	SYSTEMATIK AV STÖRNINGAR OCH ÅTGÄRDER	50
4.1	Orsaker till störningar och deras konsekvenser	50
4.1.1	Orsaker till störningar	50
4.1.2	Störningars konsekvenser	54
4.1.3	Empiriska slutsatser avseende störningar	59
4.1.3.1	Identifierade störningar vid inköp	61
4.1.3.2	Identifierade störningar vid bearbetning och montering	64
4.1.3.3	Identifierade störningar vid försäljning	67
4.1.4	Sammanfattning och slutsatser avseende identifierade störningar	69
4.2	Klassificering av åtgärder	73
4.2.1	Konsekvensinriktade åtgärder	74
4.2.2	Orsaksinriktade åtgärder	75
4.2.3	Kontrakt som åtgärd	77
4.2.4	Empiriska slutsatser avseende åtgärder	78
4.2.5	Sammanfattning och slutsatser avseende åtgärder	81
4.3	Sammanfattning av studiens referensram	83
5	MÅTT FÖR ATT ANALYSERA STÖRNINGARS EKONOMISKA KONSEKVENSER	85
5.1	Inledning	85
5.1.1	Begreppet risk	85
5.1.2	Risker förknippade med kapitalrationalisering	88
5.1.3	Störningars ekonomiska konsekvenser	90
5.2	Presentation av mått och generella antaganden	96
5.2.1	Beräkning av kapitalbindning och kapitalbehov	97
5.2.2	Beräkning av kalkylmässigt resultat (EVA)	102
5.3	Sammanfattning och slutsatser	109

6	ANALYS AV STÖRNINGARS KONSEKVENSER MED HJÄLP AV SIMULERING	111
6.1	Introduktion till simuleringen	111
6.1.1	Motiv för att använda simulering vid analys av störningar	111
6.1.2	Tidigare studier med simulering av JIT-system	117
6.2	Tillvägagångssätt	119
6.2.1	Generella utgångspunkter för experimenten	121
6.2.2	Val av programvara	124
6.2.3	Antaganden och data vid experimenten	125
6.2.4	Validering och verifiering	128
6.2.5	Experimentering	130
6.3	Experimentsituation 1 - Hantverksföretaget	134
6.3.1	Resurser, kapaciteter och tider	135
6.3.2	Störningar och åtgärder	136
6.3.3	Förväntade resultat av experimentsituation 1	139
6.3.4	Resultat av experimentsituation 1	140
6.4	Experimentsituation 2 - Verkstadsföretaget	148
6.4.1	Resurser, kapaciteter och tider	149
6.4.2	Störningar och åtgärder	150
6.4.3	Förväntade resultat av experimentsituation 2	153
6.4.4	Resultat av experimentsituation 2	154
6.5	Sammanfattning och slutsatser	161
7	FÖRDJUPAD ANALYS AV STÖRNINGARS EKONOMISKA KONSEKVENSER	163
7.1	Introduktion till analysen	163
7.1.1	Antaganden om brist- och åtgärds kostnad	166
7.1.2	Metoder för riskanalys	168
7.2	Fördjupad analys	172
7.2.1	Experimentsituation 3	172
7.2.1.1	Resurser, kapacitetet och tider	173
7.2.1.2	Störningar och åtgärder	174
7.2.1.3	Förväntade resultat av experimentsituation 3	176
7.2.1.4	Resultat av experimentsituation 3	178
7.2.2	Effektiv hantering av störningar	181

7.3	Sammanfattning och slutsatser	183
8	RESULTAT - KUNSKAPSBIDRAG OCH FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNING	185
8.1	Sammanställning över studiens innehåll	185
8.2	Kunskapsbidrag	188
8.2.1	Systematik	188
8.2.2	Presentation av mått och metod	190
8.2.3	Experiment	192
8.3.4	Sammanfattning av kunskapsbidrag	193
8.3	Förslag till fortsatt forskning	194
	ENGLISH SUMMARY	196
	LITTERATURFÖRTECKNING	205
	BILAGOR	
1.	Följebrev 1	
2.	Frågeguide	
3.	Sammanställning av företagens struktur, funktion och villkor	
4.	Sammanställning över respondenter i intervjuföretagen	
5.	Identifierade störningar	
6.	Sammanställning över några simulatorers för- och nackdelar	

KAPITEL 1

INLEDNING

Föreliggande studie behandlar störningars konsekvenser för tillverkande företags effektivitet. Varför området är av intresse att studera kan illustreras med följande exempel:

Inköp, tillverkning och försäljning av varor kan sägas vara normala händelser eller aktiviteter utefter tillverkande företags materialflöden. Sådana aktiviteter kan initieras av att en kund (på "marknaden") beställer en "färdigvara", t ex ett verktyg från en verktygsmakare. Verktygsmakaren utlovar ett visst antal veckors leveranstid och övriga leverans- och betalningsvillkor kontrakteras enligt praxis. För att färdigställa den beställda varan tillverkar verktygsmakaren egna "insatsvaror" (med hjälp av sina planerare, konstruktörer, maskintekniker, montörer, m.fl.). Aktiviteterna kan här bestå av att insatsvaror skall svarvas, fräsas, slipas och monteras. Verktygsmakaren måste också köpa andra "insatsvaror" i samband med kundens order, t ex kullager, skruvar och packningar. Dessa "andra insatsvaror" måste företaget ofta lagerhålla. Slutligen monteras alla insatsvaror samman till en färdigvara och levereras ut till kund. Det ideala för kunden är att varan levereras in i rätt tid, i rätt kvantitet, till rätt plats och med rätt kvalitet, dvs enligt principen "Just-in-Time".

Störningar uppstår ofrånkomligen i samband med alla dessa händelser/aktiviteter och måste i vissa fall leda till negativa konsekvenser för Verktygsmakaren. Att insatsvaror inte anländer i tid, kan t ex innebära att tillverkningen får stoppas. När fel antal insatsvaror kommer från en leverantör, kan detta leda till störningar i tillverkningen och förseningar av egna utleveranser. Varor som ligger på fel plats måste letas fram, vilket kan betyda att störningar uppstår i tillverkningen och att egna utleveranser försenas. Varor med dålig kvalitet ökar risken för reklamationer eller omarbetningar, vilket i sin tur kan leda till tidsfördröjningar i tillverkningen och av egna utleveranser.

Utgångspunkten för denna studie är att det är av stort intresse för tillverkande företag, att eliminera eller åtminstone reducera konsekvenserna av ovanstående och liknande störningar.

1.1 Bakgrund

För många företag torde ett grundläggande mål vara att ge så hög ekonomisk kompensation (avkastning) som möjligt till ägarna av företaget, till en acceptabel (begränsad) risk.¹ Hur de i detalj väljer att gå till väga för att förbättra avkastningen, kan givetvis variera liksom den risk de utsätter sig för. I sin strävan efter att förbättra avkastningen försöker många företag göra förbättringar i sina logistiska system - de försöker förbättra effektiviteten utefter sina materialflöden (Shapiro, 1984; Wheelwright och Hayes, 1985).² Under de senaste tjugo åren har de förbättringar företag försöker göra i sina logistiska system resulterat i två trender, vilka kan urskiljas i litteraturen.³

- Trenden mot kundorientering, vilken har sitt ursprung i ökad global konkurrens samt ökade krav från företags kunder avseende leveranser i rätt *tid*, i rätt *kvantitet*, till rätt *plats* och till rätt *kvalitet*.
- Trenden mot ökad samordning (integration) mellan företag och funktioner i företag, vilken gjorts möjlig i samband med förbättrade informationssystem.

De planer som företag vidtar, mot bakgrund av dessa två trender, syftar i allmänhet till att ge en ökad avkastning till ägarna.⁴ Ökad avkastning kan uppnås genom att företag minskar sin kapitalbindning (*kapital-rationalisering*), minskar sina kostnader (*kostnadsreducering*) eller ökar sina intäkter (*intäktsgenerering*). För att ge önskad avkastning till sina ägare försöker de flesta företag upprätta noggranna, genomtänkta planer. Viktiga grundfunktioner i ett logistiskt system, där det krävs att noggranna och genomtänkta planer görs, är inköp, konstruktion och FoU, ekonomi,

¹ Mätning av avkastning och risk behandlas senare i detta avsnitt samt i kapitlen 5 och 7.

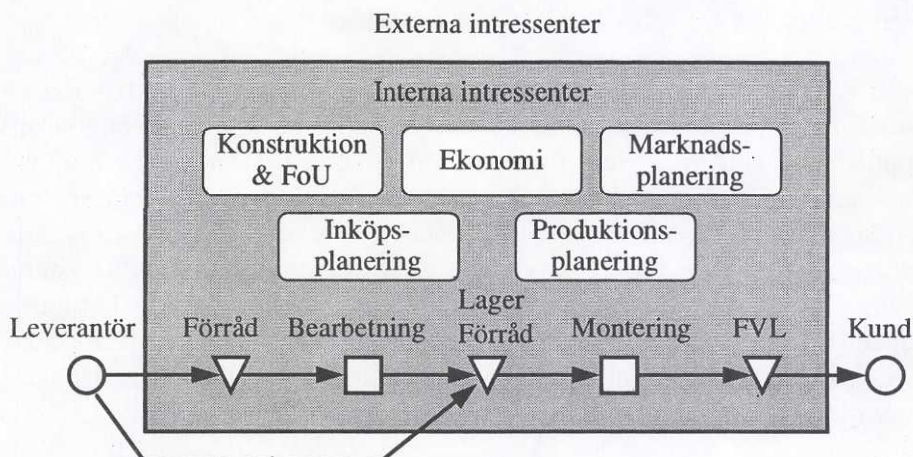
² Med effektivitet avses här högsta möjliga avkastning till begränsad risk. Begreppet effektivitet behandlas mer ingående i avsnitt 1.3 och i kapitel 5. Begreppen "logistiska system" och "hela materialflöden" används fortsättningsvis som synonymer. Begreppet system behandlas mer ingående i kapitel 3.

³ Se t ex Porter (1983), Sohal och Howard (1987), Hunt (1988), Carlsson (1990), Stalk och Hout (1990), Björnsson och Lundegård (1992), Fincke och Goffard (1993) samt Schonberger (1996).

⁴ Förutom att ge ökad avkastning till ägarna, finns en mängd delmål som enskilda planer syftar till att uppfylla. Om sådana delmål uppnås, kommer i allmänhet även avkastningen till ägarna att öka. Med en plan menas att det åtminstone finns ett mål med verksamheten och att medel för att nå målet är fastställda (Bircher, 1976).

tillverkning, marknad och försäljning (Pfohl, 1990). Dessa planer kan t ex handla om hur företaget bör finansiera sin verksamhet och/eller vara fråga om beläggning av maskiner, utifrån en förväntad efterfrågan av olika färdigvaror i ett sortiment.⁵

Vid den planering som görs i de flesta företag, är vanligtvis flera intressenter involverade.⁶ Av dessa intressenter behandlas i denna studie främst företags primära (interna) intressenter i form av avdelningar och individer i dessa avdelningar. Till viss del behandlas även företags primära (externa) intressenter i form av leverantörer och kunder. Figur 1.1 nedan visar hur ett enkelt materialflöde ser ut från leverantör, genom företaget till kund. Det är sådana intressenter, som i figur 1.1, som kommer att studeras i den fortsatta framställningen.⁷



Figur 1.1 Primära intressenter utefter ett enkelt materialflöde från leverantör till kund

⁵ Hur en plan kan åskådliggöras exemplifieras med figur 1.2. Utmärkande för en ideal plan är vanligtvis att varor tillverkas och levereras i rätt tid, i rätt kvantitet, till rätt plats och med rätt kvalitet, dvs enligt principen "Just-in-Time".

⁶ En åtskillnad brukar göras mellan primära och sekundära intressenter (Pfohl, 1990; Peters och Austin, 1995). Bland de sekundära intressenterna finns långivare, stat och andra organisationer, men dessa kommer att tillmätas ett mindre intresse här. Se t ex Peters och Austin (1995) för hur olika intressenter kan påverkas när JIT införs ett företag.

⁷ Såväl de interna som de externa intressenterna kan givetvis vara helt andra än de jag angivit ovan, men det är dessa intressenter som är av störst intresse.

Hur planerar då tillverkande företag sina verksamheter? I detalj finns det givetvis en mängd olika sätt, vilka inte kan rymmas inom ramen för föreliggande studie, men några grundläggande principer kan göras gällande för i stort sett alla företag. En viktig åtskillnad görs vanligtvis mellan planering på lång och kort sikt. Den *långsiktiga planeringen* kan t ex beröra i vilken mån man skall utöka eller avveckla fasta anläggningar och/eller existerande kapacitet, där dessa anläggningars kapacitet avgör hur många färdigvaror som kan tillverkas under en given tidsperiod. *Kapacitet* kan definieras och mätas som teoretisk kapacitet eller verklig kapacitet. Med teoretisk kapacitet avses möjlig *output* eller prestationsförmåga, utan hänsyn tagen till störningar eller andra avbrott för t ex underhåll. Med verklig kapacitet avses prestationsförmåga som beaktar sådana avbrott. Den verkliga kapaciteten är vanligtvis lägre än den teoretiska kapaciteten (Axsäter och Bergendahl, 1989; NEVEM-workgroup, 1989; Evans, 1993).

Till skillnad från den långsiktiga planeringen rör den *kortsiktiga planeringen* vanligtvis hur företag, inom ramen för befintlig kapacitet, skall uppnå mål som rör den dagliga verksamheten. Det kan vara vid materialanskaffning, tillverkning, transporter och utleveranser till företagets kunder (Axsäter och Bergendahl, 1989). I föreliggande studie behandlas planering för att förbättra företags befintliga logistiska system. Främst behandlas alltså planering inom ramen för företags befintliga kapacitet, dvs kortsiktig planering. Detta innebär att jag utgår från att ett företags resurser är givna och att de har en plan för hur dessa resurser skall utnyttjas på ett effektivt sätt.

Beträffande planeringen av materialflöden görs vanligtvis en åtskillnad mellan lagerstyrd planering och kundorderstyrd planering. Lagerstyrd planering innebär att lager byggs upp utifrån en prognostiserad efterfrågan. Varor levereras från dessa lager när en kund beställer en färdigvara. Vid kundorderstyrd planering tillverkas varor istället när kunderna efterfrågar dem. Kundorderstyrd planering bör användas när stora krav ställs på möjligheten att tillmötesgå varierande önskemål från kunderna. Sedan början av 80-talet har trenden mot kundorientering och ökad samordning medfört att många företag infört ”*Just-in-Time*” (JIT), som ett sätt att planera sina materialflöden på ett effektivare sätt.⁸ Vad menas då med JIT?

⁸ Se t ex Schonberger (1982), Shingo (1984), Vollmann et al (1988), Keller et al (1992), Inman och Mehra (1993), Epps (1995), Ramarapu et al (1995) samt Waters (1995).

JIT har sitt ursprung från Toyota i Japan och har uppkommit från ett behov att tillverka många typer av bilar, i små kvantiteter, med samma tillverkningsprocess (Shingo, 1984). I den omfattande litteraturen om JIT har JIT kallats många saker - en filosofi, ett system, en teknik, en strategi och även en miljö.⁹ Av tabell 1.1, där några vanligt förekommande definitioner sammanställts, framgår att JIT framställts som en idé, en filosofi, ett system och/eller ett angreppssätt. Vad som menas med JIT är, som vi ser, många gånger oklart.¹⁰

Författare:	Definition:
Monden (1981)	<i>The idea of producing the necessary units in the necessary quantities at the necessary time.</i>
Schonberger (1982)	Produktion utan förråd och eliminering av slöseri.
Hall (1983)	<i>A philosophy that states that all goods are to arrive exactly when they are needed, neither early nor late.</i>
Shingo (1984)	Ett system för att eliminera allt onödigt. Principen JIT betyder tidsmässigt välplanerat och innebär att varje process skall försörjas med rätt detalj i rätt kvantitet vid rätt tidpunkt.
Aggarwal (1985)	<i>An approach for providing smother production flows and making continual improvements in processes and products.</i>
Neumann och Jaouen (1986)	<i>Kanban systems refer, broadly speaking, to a general class of manufacturing systems that attempt to minimize inventories of raw and partially finished products.</i>
De Treville (1987)	<i>There are four categories of JIT: (1) JIT flow control only, (2) flexible resource allocation, (3) disruption/learning and (4) all JIT elements.</i>
Rao och Scheraga (1988)	<i>An approach to production management that can yield enormous productivity, inventory, and quality improvements.</i>
Vollmann et al (1988)	<i>A broad philosophy of pursuing zero inventories, zero transactions and zero "disturbances".</i>

Tabell 1.1 Exempel på förekommande definitioner av begreppet Just-in-time (JIT)

⁹ Se t ex Guist (1993) samt Vokurka och Davis (1996).

¹⁰ Oklarheten i litteraturen kan troligtvis hänföras till att olika studier är inriktade mot att analysera olika typer av problem. Se även Goyal och Deshmukh (1992), Lummus och Duclos (1992), Moras och Dieck (1992) samt Sohal et al (1993).

Utifrån tabell 1.1 kan det konstateras att JIT har flera olika betydelser. I viss litteratur är det dessutom svårt att finna en exakt definition.¹¹ Ofta hänvisas dock till de definitioner som framförs av Monden (1981), Schonberger (1982), Hall (1983) och Shingo (1984).¹² Trots de olika definitionerna av JIT framstår dock två betydelser som centrala. För det första innebörden av att tillverka varor tidsmässigt rätt, varken förr eller senare, och för det andra innebörden av att eliminera slöseri.

Att *tillverka varor tidsmässigt rätt* innebär att varor skall tillverkas när i tiden som de behövs i de kvantiteter som behövs, till den kvalitet som efterfrågas. Leveranser skall givetvis också göras till rätt plats. Vad som är "rätt" i dessa sammanhang varierar antagligen, beroende på vilken intressent som avses i ett logistiskt system. Inköpare menar kanske att en tidsmässigt rätt leverans, levereras in när den skall enligt ett formulerat kontrakt.¹³ Tillverkningsavdelningen kanske är mer intresserad av att utnyttja företagets resurser på ett sådant sätt att kapacitetsutnyttjandet blir så stort som möjligt, vilket ger en annan innebörd åt tillverkning av varor tidsmässigt rätt. För försäljarna i företaget kan det å andra sidan vara mer intressant att de varor som marknadsförs och säljs finns på lager för omedelbar leverans till företagets kunder.

Även betydelsen *eliminering av slöseri* har givits olika betydelser i litteraturen. Eliminering av slöseri kan dels innebära att onödiga lagerhållning skall elimineras, eftersom lager enligt vissa är till ingen nytta.¹⁴ Lager binder ju kapital och tillför normalt sett inget värde till en vara.¹⁵ Eliminering av slöseri kan också innebära eliminering av onödiga aktiviteter.¹⁶ Exempel på sådant slöseri är här hantering av kunders

¹¹ Ibland förväxlas också JIT med Kanban och de två framställs som synonymer. Kanban, som betyder kort, är endast ett medel för att förverkliga JIT (Shingo, 1984).

¹² Den första artikel som behandlar JIT är dock Sugimori et al (1977). Observera att definitionerna i Schonberger (1982) och Shingo (1984) är svenska översättningar.

¹³ Hur ett sådant kontrakt kan vara formulerat behandlas i avsnitt 4.2.3.

¹⁴ Begreppet *zero inventories* (ZI) är ytterligare ett begrepp som florerat i samband med JIT sedan början av 80-talet. I Sverige har denna ansats, inriktad mot eliminering av lagerhållning, kallats kapitalrationalisering, vilken fått stor genomslagskraft sedan slutet av 70-talet. Det är inriktningen mot kapitalrationalisering som är av störst intresse i föreliggande studie. Fortsättningsvis används reducering av lagerhållning i samma betydelse som eliminering.

¹⁵ Undantag finns dock, t ex vid lagring av ost, vin och whisky. Värderingen av lagerhållna varor kan givetvis variera. En kund kan sätta värde på att en vara lagerhålls, medan det för ett tillverkande företag endast är förknippat med en onödig kapitalkostnad.

¹⁶ Se Ask och Ax (1995) för en diskussion kring värdeskapande och icke-värdeskapande aktiviteter.

klagomål, kassationer, garantikostnader, designändringar, varubrist, omarbete och maskinhaverier.¹⁷

Till skillnad från tillverkning av varor tidsmässigt rätt, enligt betydelsen att leverera dem i rätt tid för kundens behov, kan företag med säkerhet försörja sina kunder med varor i rätt tid genom att tillämpa lagerstyrd planering. Kravet på säkra leveranser av varor leder dock ofta till en avsevärd lagerhållning (kapitalbindning), vilket i allmänhet försämrar avkastningen till företagets ägare. Införandet av JIT har bevisligen kunnat öka avkastningen för vissa företag.¹⁸ Att företag försöker förbättra effektiviteten genom att införa JIT kan således verka naturligt mot bakgrund av alla de fördelar som framförs i litteraturen. Balakrishnan et al (1995) har dock visat att företag som inför JIT inte med säkerhet lyckas öka sin avkastning till ägarna.¹⁹ Däremot har dessa företag lyckats rationalisera sitt kapital och därigenom ökat sin lageromsättningshastighet i relation till de företag som inte infört JIT, dvs de som inte kapitalrationaliserat.

Enligt min mening behandlar litteraturen om JIT allt för ofta eliminering av lagernivåer utan beaktande av de konsekvenser som uppstår på företags avkastning. Att ensidigt betrakta lager som slöseri kan ifrågasättas, liksom vad som är att betrakta som tidsmässigt rätt. Faran i att ensidigt reducera (eliminera) lagernivåer påpekas också av bland annat Green et al (1991), Lummus och Duclos (1992) och Balakrishnan et al (1995). De menar att det i litteraturen om JIT sällan tas hänsyn till den ökade risk som en eliminering av lagernivåer innebär, där risk innebär fara för att en händelse skall påverka möjligheten att nå ett uppställt mål.²⁰ Av författarna i tabell

¹⁷ Se t ex Shingo (1984), Mather (1988), Spencer och Guide (1995) samt Ramarapu et al (1995). Se även Ask och Ax (1995), som gör en indelning i dubbleringsaktiviteter och korrigeringsaktiviteter.

¹⁸ Studier av framgångsrika företag behandlar företag som Toyota, Hewlett-Packard, General Motors, Deere & Company, General Electric, Motorola, Harley-Davidson och Kawasaki (Monden, 1981; Schonberger, 1982; Shingo, 1984; Neumann och Jaouen, 1986; Patell, 1987; Rao och Scheraga, 1988). Se även Goyal och Deshmukh (1992) och Waters (1995) för andra positiva konsekvenser av att införa JIT.

¹⁹ Även om företagen i deras studie bevisligen inte lyckats förbättra sin avkastning, kan det inte tolkas som att införandet av JIT (kapitalrationalisering) inte varit positivt. Alternativet för företagen kan ju ha varit att gå i konkurs.

²⁰ I detta sammanhang avses målet "ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk". I litteraturen beaktas i och för sig risk även i en positiv bemärkelse. När lagerhållningen reduceras och störningar synliggörs kan dessa åtgärdas i förebyggande syfte, vilket minskar sannolikheten (risken) för att en störning skall inträffa (Shingo, 1984). Dessutom minskar risken för att varor som lagerhålls blir obsoleta. Se avsnitt 5.1 för en beskrivning av hur risk har behandlats i litteratur om JIT.

1.1 menar emellertid De Treville (1987) att införandet av JIT ökar risken (exponeringen²¹ för störningar) för företag på kort sikt, men att de lär sig hantera störningar, vilket leder till förbättringar av ett materialflöde på lång sikt och att uppställda mål kan uppnås.²²

Förutom konsekvenser på den risk som uppstår i när lagernivåer reduceras, kommer företags kostnader och intäkter att påverkas när förändringar görs i det logistiska systemet (Peters och Austin, 1995). Kostnader kan uppstå om investeringar sker i nya maskiner, i syfte att höja kvaliteten på varorna. Sådana investeringar kan även leda till högre intäkter. I den omfattande litteraturen om JIT har det inte visats hur en avvägning mellan avkastning (intäkter minus kostnader) och risk kan göras, i samband med att åtgärder för vidtas att hantera störningar.²³

I den fortsatta framställningen kommer JIT att användas i betydelsen av två principer. Med JIT menas dels en princip för hur företag kan planera sina materialflöden så att aktiviteter utförs när de behövs²⁴, dels en princip för hur onödiga aktiviteter (speciellt störningar) kan hanteras.²⁵ Föreliggande studie kommer utifrån dessa två principer att behandla *företags planering för att hantera störningar*. Med en *plan* avses här att det åtminstone finns ett *mål* med verksamheten och att de *medel* som används för att nå målet är fastställda (Bircher, 1976). Vad är då målet med JIT och vilka medel används för att uppnå målet/målen? I tabell 1.2 sammanfattas några mål som fastställts i litteraturen och i tabell 1.3 medel för att uppnå dessa mål.

21 Med exponering avses fortsättningsvis den sannolikhet eller risk för störningar som föreligger. Se kapitel 4.

22 Se t ex Senge (1995) för en studie om den lärande organisationen.

23 Risker och problem som kan uppstå vid införandet av JIT har dock studerats i litteraturen. Se t ex Crawford et al (1988), Keller et al (1992), Sohal et al (1993), Epps (1995), Ramarapu et al (1995) och Waters (1995).

24 Att en aktivitet utförs när den behövs, kan vara svårt att avgöra. Jag vill visa hur kostnader förknippade med olika aktiviteter kan analyseras utifrån ett helhetsperspektiv, vilket kan innebära att en aktivitet som behövs i en viss situation, kan vara en onödig aktivitet i en annan situation.

25 Jag tar här en kritisk utgångspunkt från kapitalrationaliseringsansatsen i litteratur om JIT (och annan litteratur), där kritiken riktas mot kombinationen kapitalrationalisering i samband med hantering av störningar. JIT kan givetvis ges en bredare innebörd, där t ex positiva och/eller praktiska konsekvenser av att kapitalrationalisera fokuseras. Ett flertal studier har just en sådan positiv/praktisk inriktning. Se t ex Waters (1995) för en sammanställning av sådana studier.

Författare:	Mål:
Monden (1981)	<i>The main purpose is to reduce costs surrounding production processes, but the system also helps to increase the turnover ratio of capital.</i>
Schonberger (1982)	Producera och leverera alla slags varor just i tid för behov.
Hall (1983)	<i>Stockless production. Elimination of waste.</i>
Shingo (1984)	Lagerfri produktion. Varje process skall försörjas med rätt detalj i rätt kvantitet vid exakt rätt tidpunkt.
Aggarwal (1985)	<i>Kanbans (JITs) core objective is to obtain low-cost, high-quality, on-time production.</i>
Neumann och Jaouen (1986)	<i>The ultimate goal: conversion of raw material to finished products with lead times equal to processing times, thus eliminating all lead times for material and all idle inventory.</i>
De Treville (1987)	<i>Success.</i>
Rao och Scheraga (1988)	<i>The fundamental tenet of this approach is to "eliminate all waste," where waste refers to any incurred cost, such as inventory, setup, scrap, and rework that does not add to the value of the product.</i>
Vollmann et al (1988)	<i>Reduce the organizational slack to zero.</i>

Tabell 1.2 Exempel på mål med Just-in-time (JIT)

Även avseende målen med JIT kan det, utifrån tabell 1.2, konstateras att de varierar och ibland är oklara i litteraturen.²⁶ Man kan t ex fråga sig vad som menas med "success" eller "to reduce the organizational slack to zero". Vad som upplevs som "success" för en intressent kanske inte är det för en annan som har helt andra preferenser. Precis som för definitionen med JIT framstår dock två mål som centrala. Dels målet att tillverka varor just i den tid de behövs och dels målet att eliminera slöseri. Definitionen av vad som är slöseri kan dock variera. Utgångspunkten i merparten av litteraturen är att lagerhållning är slöseri och att lagerhållning bör elimineras eller åtminstone reduceras.²⁷ Denna utgångspunkt menar jag

²⁶ De flesta författare är enligt Waters (1995) överens om att målet med JIT är att eliminera slöseri och att "ständiga förbättringar" av ett företags logistiska system kommer att leda till högre "value-added" vid förädlingen av varor. Oklarheten i litteraturen kan troligtvis hänföras till att olika studier är inriktade mot att analysera olika typer av problem. Dessutom förespråkas ofta att flera motstridiga mål skall uppnås samtidigt. Det är bland annat därför som jag förespråkar att hanteringen av störningar bör styras mot ett mål - ökad effektivitet (Se även avsnitt 1.3).

²⁷ En litteraturstudie gjord av Green et al (1991) visar att de enda monetära mått som används för att utvärdera konsekvenserna av att införa JIT i företag, är relaterade till lagerhållning.

måste prövas. En central fråga i detta sammanhang är om lagerfri produktion är förenligt med ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk.

Motivet för att reducera lagerhållningen är att kapitalbindningen minskar och därigenom kommer avkastningen till ägarna att öka. Jag tror dock att en ensidig fokusering på lagerreduktion (*kapitalrationalisering*) kan vara olycklig för många företag, eftersom den kan leda till ökat risktagande.²⁸ Ökad avkastning på bekostnad av ökad risk, kan ju leda till minskad avkastning om störningar uppstår. Å andra sidan bör ökad risk leda till högre förväntad avkastning, enligt finansiell teori.²⁹

Sambandet mellan avkastning och kapitalrationalisering har analyserats av Balakrishnan et al (1996), men hur företag bör planera mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk, har inte beaktats. Flera av de åtgärder som förespråkas enligt principen JIT och vid kapitalrationalisering i allmänhet, innebär dessutom att resurser allokeras i andra åtgärder än i varulager, vilket innebär att företags avkastning kan förändras.³⁰ Om störningar uppstår och det inte finns något "säkerhetslager", kan t ex kostnader för expressleveranser öka och intäkter från potentiella kunder minska.

För att undvika den brist, som jag menar att en ensidig strävan efter eliminering av varulager (kapitalrationalisering) innebär, bör företag istället styra sin hantering av störningar mot *hög effektivitet*, definierat som högsta möjliga avkastning till begränsad risk.³¹ Dessutom måste företag givetvis tillmötesgå varierande önskemål från kunderna. Att tillmötesgå kundernas önskemål innebär här att företag bör kunna leverera varor i rätt tid, till rätt kvalitet, rätt plats och rätt kvantitet. Ett sådant krav innebär att lagerhållning under vissa premisser (t ex på kort sikt) måste vara effektivare än fullständig eliminering av lagernivåer.³²

²⁸ Se avsnitt 5.1 för en beskrivning av hur risk har behandlats i litteraturen.

²⁹ Här avses den välkända CAPM utvecklad av bland annat Sharpe (1964).

³⁰ Jag använder fortsättningsvis begreppen åtgärd och åtgärdsprogram som synonymer med begreppet medel (se kapitel 4).

³¹ Hög effektivitet, definierat som högsta möjliga avkastning till begränsad risk, kan i detta sammanhang antingen ges betydelsen att företag vid en given avkastning bör sträva efter lägsta möjliga risk, eller att de vid en given risk bör sträva efter högsta möjliga avkastning. När jag i den fortsatta framställningen talar om hög effektivitet, enligt denna definition, ges det följaktligen betydelsen att företag kan sträva efter endera lägsta möjliga risk vid ett givet avkastningskrav eller högsta möjliga avkastning vid en lägsta accepterad risk. Hur effektivitet kan analyseras i detalj, enligt denna definition, behandlas mer ingående i kapitel 7. Se även avsnitt 1.3.

³² Enligt Shingo (1984) är det ibland acceptabelt att hålla varor i lager, men så fort

För att leverera varor ”just i tid för behov” kan företag, enligt litteraturen om JIT, vidta en mängd olika åtgärder. Åtgärder som måste vidtas för att kunna hantera störningar när lagerhållningen eliminerats. Exempel på medel (åtgärder) för att uppnå målet med JIT är sammanställda i tabell 1.3.

Författare:	Medel:
Monden (1981)	<i>The Just-in-time ideal is achieved through smoothing of production, design of processes and standardization of jobs.</i>
Schonberger (1982)	Total kvalitetsstyrning, ständiga förbättringar, m.m.
Hall (1983)	<i>Reduction of inventories.</i>
Shingo (1984)	Reducera genomloppstider i tillverkningen, minska antalet maskinhaverier och kassationer, reducera ställtider och därmed orderstorlekar, anpassa tillverkningen till varierande efterfrågan. Inför inspektion, Kanban, Poka Yoke, SMED m.m. ³³
Aggarwal (1985)	<i>To achieve this (målet), the system attempts to eliminate stock between the successive processes and to minimize any idle equipment, facilities, or workers.</i>
Neumann och Jaouen (1986)	<i>Reducing inventory and lot sizes, providing a constant and effective maintenance program, making vendors a part of the team in planning needs and delivery times, etc.</i>
De Treville (1987)	<i>Reduction of buffer size (inventory level). Using disruption to cause learning is one approach to remove organizational slack.</i>
Rao och Scheraga (1988)	<i>Design product structures so that a small number of materials and parts can be purchased, fabricated and assembled into components. "Pull signals" on the shop floor. Improved reporting of quality performance.</i>
Vollmann et al (1988)	<i>Physical system changes, setup time reduction and a drive toward lot sizes that are constantly smaller. Reducing inventory levels, etc.</i>

Tabell 1.3 Exempel på medel för att uppnå målen med JIT

Av tabell 1.3 framgår att de medel (åtgärder) som kan användas för att uppnå målet (målen) med JIT kan variera. Företag kan t ex reducera genomloppstider i tillverkningen, minska antalet maskinhaverier och

det är möjligt bör lagerhållningen elimineras. I praktiken kan lager sällan elimineras helt (Alles et al, 1996).

³³ Se Shingo (1984) för en mer detaljerad beskrivning av alla de åtgärder som nämns.

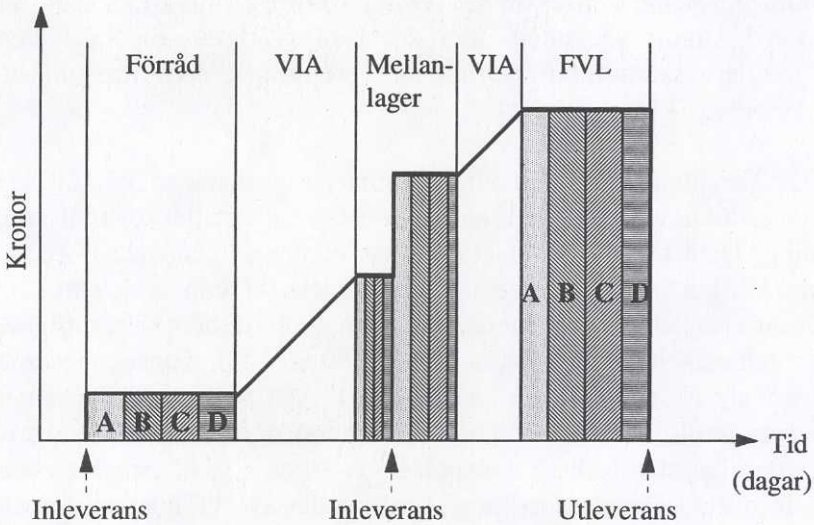
kassationer, reducera ställtider och därmed orderstorlekar, anpassa tillverkningen till varierande efterfrågan, reducera lagerhållningen till ett minimum genom kontinuerlig reduktion av ledtider, varor-i-arbete och ställtider (Hassan och Kinard, 1992; Inman och Mehra, 1993; Ramarapu et al, 1995). Förutom att medlen varierar, kan målen ibland ses som medel. Eliminering av lagernivåer betraktas t ex som såväl ett mål som ett medel. Merparten av de medel som framförs innebär att slöseri, och då framför allt slöseri i form av lager, skall elimineras eller åtminstone reduceras. Genom en sådan kapitalrationalisering kommer dessutom störningar att synliggöras, varpå dessa kan elimineras. Vid en kontinuerlig reduktion av lagernivåer kommer företag att upptäcka störningar och kan *lära sig åtgärda dem när de uppstår*. Därigenom fås också en garanti för att företag verkligen tar itu med de allvarligaste problemen (Shingo, 1984).

När störningar på detta sätt synliggörs, hävdas att intressenter utefter ett materialflöde ser var tid och pengar kan investeras för att eliminera eller reducera förekomsten av störningar. Åtgärder som kan vidtas är bland annat reduktion av ställtider, ledtider, seriestorlekar etc. Vidtas sådana åtgärder kan lagernivåerna sänkas ytterligare, vilket synliggör ännu fler störningar. Av litteraturen framgår det dock inte hur företag kan avgöra vilket medel som är mest effektivt för att hantera en viss störning. Man kan fråga sig om företag, genom att vidta ovanstående åtgärder, kan uppfylla ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk. Frågan är om det är mest effektivt för alla företag att i alla lägen minska sin lagerhållning (kapitalrationalisera) tills dess att den helt eliminerats.

Innan effektiv hantering av störningar behandlas visas i figur 1.2, med ett kapitalbindningsdiagram, hur företag kan eliminera sina lager. Med hjälp av ett sådant diagram, kan ett företags plan vid förädling av en färdigvara och hur denna plan leder till en kumulativ kapitalbindning åskådliggöras och analyseras. I figuren är det endast under en liten del av tiden som varor tillverkas (VIA). Den mesta delen av tiden lagerväntas varor i förråd, mellanlager eller färdigvarulager (FVL). Denna lagerhållning är traditionellt till för att utnyttja kvantitetsrabatter vid inköp, utnyttja stordriftsfördelar vid tillverkning av serier, undvika driftstopp och hålla varor i beredskap vid maskinomställningar. Andra skäl för att hålla lager är att kunna möta varierad efterfrågan eller säsongsvariationer samt i syfte att spekulera.³⁴

³⁴ Se t ex Thorstenson (1988).

Enligt merparten av litteraturen om JIT är denna lagerhållning slöseri och måste därmed elimineras eller åtminstone reduceras.³⁵ Denna reducering kan t ex göras genom att säkerhetslagernivåer sänks (A), leveranstider reduceras (B), seriestorlekarna minskas och mindre kvantiteter köps in (C) eller att ställtider reduceras (D).³⁶ Sådana reduceringar förutsätter också att störningar tas bort. En reducering av lagernivåer leder till att kapitalbindningen minskar och avkastningen till företagets ägare kan öka. I extremfallet kommer endast det kapital som motsvaras av ytan under VIA (i figur 1.2) att bindas utefter materialflödet.³⁷



Figur 1.2 Plan för förädling av en färdigvara (kumulativ kapitalbindning)

En eliminering av lagernivåer (enligt figur 1.2) medför ofta att andra åtgärder än lagerhållning måste vidtas för att hantera störningar, så att kundernas behov kan tillfredsställas just-i-tid, vilket leder till ökade kostnader (Peters och Austin, 1995; Balakrishnan et al, 1996). Om sådana åtgärder inte vidtas kan exponeringen för störningar öka, "brandkårsutryckningar" för att hantera störningar kan bli nödvändigt att vidta och

³⁵ Under senare år har kapitalrationalisering även i svensk litteratur framställts som ett centralt medel för att öka effektiviteten i företags logistiska system. Se t ex Ericsson och Persson (1981 och 1982), SRF (1982), Storhagen (1987) samt Persson et al (1991).

³⁶ Jämför med tabell 1.3.

³⁷ Det är i realiteten sällan möjligt för något företag att fullständigt eliminera all lagerhållning, så som i figur 1.2.

planerad försäljning kan utebli. Störningar kan alltså minska möjligheten för företag att uppnå ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk. Det bör därför vara av intresse för företag att kunna analysera risker som uppstår i samband med störningshantering.

Sammanfattningsvis har jag i detta avsnitt försökt påvisa att litteraturen som behandlar kapitalrationalisering, är alltför inriktad mot eliminering av lagernivåer, utan beaktande av de risker som detta medför. Det kan alltså vara en fara att ensidigt sänka lagernivåer (kapitalrationalisera) utefter ett materialflöde. Genom att sänka lagernivåer, för att synliggöra störningar, kan ju andra oönskade konsekvenser uppstå i företag, vilka kan leda till försämrad avkastning. Dessutom kan det vara svårt att avgöra vilken störning, av flera samtidigt förekommande störningar, som först måste elimineras.

Förutom De Treville (1987), som har behandlat risker, har Zangwill (1992) visat hur en reduktion av ställtider kan leda till ökad, i stället för minskad, lagerhållning. Deleersnyder et al (1989) har utvecklat och visat med en Markov-modell hur ett flöde baserat på principen JIT kan beskrivas. De har i detta sammanhang behandlat risker i form av maskiners tillförlitlighet (cykeltider och maskinhaverier) samt varierad efterfrågan. Konsekvenserna av att utsätta sig för dessa risker beskrivs med mått på lagernivåer, antal Kanban, maskintillförlitlighet, efterfrågevariationer och säkerhetslagernivåer (ibid). Chapman (1992) förespråkar att företag skall behålla vissa lager när de inför JIT, så att risker vid införandet av JIT kan reduceras. Inman och Brandon (1992) har funnit att stress är en oönskad konsekvens när JIT införs i företag. Denna stress ökar bland annat riskerna för personalfrånvaro och felaktiga beslut, vilket kan leda till lägre effektivitet. Natarajan och Goyal (1994) förespråkar också viss lagerhållning för att reducera exponeringen för störningar. Epps (1995) menar att JIT gör att beroendet av företags leverantörer ökar, vilket ökar sårbarheten om någon av leverantörerna av någon anledning inte kan leverera varor som planerat.

Exponeringen för störningar måste uppenbarligen öka på kort sikt, när företag försöker sänka sina lagernivåer (kapitalrationalisering). Är så fallet måste det finnas behov av att kunna analysera risker och de ekonomiska konsekvenserna³⁸ av dessa störningar. Störningar (och andra begrepp relaterat till risker) har i och för sig studerats i samband med JIT, men det finns ett behov av att utveckla metoder³⁹ för att analysera störningars

³⁸ Med ekonomiska konsekvenser avses monetära konsekvenser, vilka påverkar avkastningen i företag. Begreppet konsekvens används fortsättningsvis för att avse såväl monetära som icke-monetära konsekvenser.

³⁹ Med metod avses planeringsmetod, när inget annat nämns. Begreppet metod ges

konsekvenser på företags avkastning.⁴⁰ Jag menar att företags planering måste kunna förbättras, så att hanteringen av störningar i logistiska system kan utvecklas mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk.

Det mål som bör vara styrande vid hantering av störningar bör då vara *hög effektivitet*, definierat som högsta möjliga avkastning till begränsad risk. Detta innebär att företag inte ensidigt bör planera sin verksamhet mot målet lägsta möjliga kapitalbindning. Möjligheter att genom olika åtgärder eller åtgärdsprogram hantera störningar måste istället inriktas mot en avvägning av såväl risk som kapitalbindning (*kapitalrationalisering*), kostnader (*kostnadsreducering*) och intäkter (*intäktsgenerering*). Ett övergripande syfte med föreliggande studie är därför att visa hur en sådan avvägning kan göras.

1.2 Begreppet störning

Störningar uppstår ofrånkomligt i samband med alla de händelser/aktiviteter som förekommer i logistiska system. Störningar gör att uppgjorda planer inte kan uppfyllas och kan därför försämra varje företags möjligheter att uppnå ägarnas krav på hög avkastning. När störningar uppstår i logistiska system uppstår ett behov av att eliminera orsakerna eller åtminstone reducera konsekvenserna av dessa.⁴¹ Vanligt förekommande *störningar* i företag kan vara maskinhaverier, brand, strejker, strömavbrott, sjukfrånvaro eller slarv bland personalen (Gumbsheimer, 1989; Brigelius och Rosén, 1990:a; Lindau och Lumsden, 1993; Brigelius och Rosén, 1994).⁴² Dessa och andra störningar får bland annat konsekvenser på företags möjlighet att vara kundorienterade, dvs att leverera till sina kunder i rätt *tid*, till rätt *kvantitet*, rätt *plats* och rätt *kvalitet*. En fråga som gått relativt obemärkt förbi i företagsekonomisk litteratur är vad som menas med en störning.

Inom företagsekonomisk litteratur har begreppet störning tidigare använts för att beteckna slumpmässiga avvikelser från "normala" eller planerade

dock i en annan innebörd i kapitlen 3 och kapitel 7.

⁴⁰ Mer om sådana studier i avsnitt 5.1.

⁴¹ Orsaker till störningar och deras konsekvenser samt åtgärder för att hantera störningar behandlas mer ingående i kapitel 4.

⁴² Till dessa studier kan tilläggas att flera studier om JIT nämner olika störningar. Se t ex Crawford et al (1988), Epps (1995) samt Waters (1995).

utfall (Gumbsheimer, 1989; Brigelius och Rosén, 1990:a; Lindau och Lumsden, 1993). Med slump menas här att sannolikheten för att en händelse skall inträffa beror på tillfälligheter som inte kan förutses. I en liknande betydelse har även brus⁴³ använts inom företagsekonomisk litteratur för att beteckna slumpmässiga avvikelser som inte kan förklaras (Axsäter, 1972). *Brus* kan t ex vara efterfrågevariationer som beror på kundernas ändrade preferenser.

Brigelius och Rosén (1990:a) har i en empirisk kostnadsanalys fastställt att det uppstår onödiga kostnader i samband med störningar i företags material- och informationsflöden. De delar in störningarna i två kategorier. Den ena utgörs av uppskattade faktiska förhållanden ("nivåer") och den andra av spridningen i dessa faktiska förhållanden ("avvikelser").

"Uppskattade faktiska förhållanden såsom leveranstider från leverantör och till kunder, genomloppstiden och kapaciteten i tillverkningen etc. ligger till grund för planeringen av materialflödet. För planeringen av detta materialflöde byggs också en organisation med ett formellt informationsflöde upp. Störningar som leder till att planeringsunderlaget varierar från gång till gång på ett icke kontrollerat sätt, dvs spridningen i de faktiska förhållandena, försvårar en effektiv planering och leder inte sällan till att informella informationskanaler söks. Spridningarna kan ses som ett "glapp" mellan verkligheten och de planeringsmodeller som företaget arbetar efter." (op cit sid 92)

En liknande definition framför Lindau och Lumsden (1993), vilka kortfattat definierar en störning som:

"... an event which affects a planned resource movement in such a way that a deviation from plan occurs." (op cit sid 16)

Enligt Lindau och Lumsden är störningen en händelse (*event*) som påverkar (*affects*) en aktivitet (*resource movement*) på så sätt att en avvikelse från en plan uppstår. Brigelius och Rosén (1990:a och 1990:b) menar att störningar har den egenskapen att de fortplantar sig till andra intressenter utefter flödet. Lindau och Lumsden (1993) hävdar å andra sidan att störningar försvinner i och med att de absorberas i företags planeringssystem, genom att företag (på lång sikt) anpassar sin planering och organisation efter de störningar som uppstår.

⁴³ Begreppet brus (noise) används främst inom fysiken. Brus är där osäkerhet som inte kan reduceras eller elimineras (Nationalencyklopedin).

De Treville (1987) utgår från att ett tillverkande företag strävar efter att tillverka och distribuera varor efter principen "Just-in-Time". Hon använder begreppet avbrott (*disruption*) för att beteckna ett brott mot denna princip i form av avstannande materialflöden. *Disruption* definieras som den del av tiden en arbetsstation är tvingad till att stå stilla. *Disruption* innebär att en arbetsstation blockeras och att en efterföljande station får brist på varor. De Treville menar att sådana brott utefter ett materialflöde leder till ett behov av att utveckla principer för att återställa materialflödet enligt den ursprungliga planen. Den lärande organisationen är ett exempel på en sådan princip.

Om ovanstående utgångspunkter används som definition skulle en störning kunna betyda en "slumpmässig avvikelse från plan". Denna betydelse kan dock synas väl allmänt hållen, eftersom vi även vill veta vem som drabbas av störningen samt vilka konsekvenserna blir. Dessutom vill vi veta vilka orsakerna till att störningar uppstår är. Vi vet att konsekvenserna av en störning kan bli att ett materialflöde avstannar och blockeringar uppstår. Vilka de ekonomiska konsekvenserna blir av en sådan störning kan dock variera.⁴⁴ Kan som exempel ökad efterfrågan som leder till blockeringar utefter ett materialflöde och avvikelse från planerad omsättning betraktas som en störning?

Då begreppet störning kan få olika innebörd beroende på i vilken situation det används har andra områden som kan bidra till begreppsutvecklingen studerats. En störning kan t ex definieras som oro eller ett orosmoment ("att störa", SAOL, 1986). I Nationalencyklopedin definieras en störning som "ett ofta oönskat inslag i en elektrisk signal". Inom celest mekanik finns störningsteori, vilket är en teori för planeters, månars, satelliters och astreoiders rörelser. Inom fysiken används denna störningsteori när ett systems förändringar från normaltillstånd till följd av tillkommande påverkan (störningar) är av intresse (Nationalencyklopedin).

Inom informationsteknologin ges begreppet störning en mer allmänt hållen definition. Här avses händelser när överföringen av ett meddelande från avsändare till mottagare kommer fram i ofullständigt eller oriktigt skick. Även här anses att brister avseende tid, kvantitet, plats och kvalitet uppstår av störningar. En översättning av begreppet störning till engelska är "*disturbance*". *Disturbance* används inom cybernetiken och har definierats av Ashby (1968).

⁴⁴ Ekonomiska konsekvenser och hur dessa kan analyseras återkommer jag till i kapitlen 4, 5, 6 och 7.

"A disturbance is simply that which displaces, that which moves a system from one state to another." (op cit sid 77)

Elektroniska system störs som exempel av "thermal agitation", mekaniska system av vibrationer och biologiska system av inkommande, främmande materia i miljön. Tillämpas Ashbys definition på tillverkande företag kan en störning innebära just en avvikelse från plan, vilket är en definition som tidigare angetts.

Ytterligare begrepp i samband med störningar finns inom termodynamiken. Där används begreppet *entropi*, som ett mått relaterat till sannolikheten av molekylförändring eller oordning i en gas. Entropi förekommer också inom systemteori där det betyder variationer i ett system (Van Gigch, 1991). En störning kan även betraktas som ett fel, en motgång eller ett misslyckande (*failure*). *Failure* definieras bland annat av Frankel (1988) som:

"... the inability of a system, subsystem, or component to perform its required function." (op cit sid 4)

Failure betyder även det att något avviker mot en plan eller planerad funktion. När ett maskinhaveri inträffar innebär det t ex att maskinen inte fungerar som planerat. Till begreppen *disruption*, *disturbance* och *failure* kan begreppet olycka (*accident*) kopplas. I radion ges t ex meddelanden om trafikstörningar, vilka kan vara orsakade av olyckor, men även av planerade vägarbeten. Perrow (1984) talar om "normal accidents" och menar att en olycka (*accident*) är en oavsiktlig och olycklig händelse. Kör vi, som exempel, av vid fel avfart på vägen hem från jobbet kan detta vara både oavsiktligt och olyckligt, men säger vi att vi råkat ut för en olycka på vägen menar vi vanligtvis något allvarligare. Med en olycka avses en avvikelse, som enligt Perrow involverar:

"... some damage to people, objects or to both". (op cit sid 64)

Detta betyder att en olycka främst förknippas med en konkret, fysisk, skada. Olyckan är även i detta fall en avvikelse från plan och konsekvensen är någon form av skada, som är mer eller mindre allvarlig för de involverade. Vid exemplet att köra av vid fel avfart skulle värdet på "skadan" kunna uppskattas till tidsförlusten för att köra fel väg samt ökade bensinkostnader.

Utifrån litteraturgenomgången i detta avsnitt kan det konstateras att en uppkommen störning påverkar utfallet av en planerad verksamhet, ett

system eller någon funktion negativt. Att en störning leder till negativa konsekvenser gör att begreppet inte alltid kan användas synonymt med osäkerhet eller risk, även om begreppen ligger nära varandra.⁴⁵ Mot bakgrund av ovanstående litteraturgenomgång definieras, i föreliggande studie, begreppet störning för tillverkande företag som

en oönskad, slumpmässig händelse, som leder till avvikelser från en plan och vars konsekvenser är negativa för någon/några av planens intressenter.

”Oönskad” i definitionen ovan betyder att någon intressent drabbas negativt av störningen och därför föredrar att verksamheten fortgår som planerat - utan störningar. ”Slumpmässig” betyder att det inte går att förutsäga när i tiden en störning skall inträffa. Att händelsen är slumpmässig innebär också att den inträffar plötsligt, vilket innebär att företag på kort sikt måste planera för att hantera störningen. En fördel med definitionen ovan, jämfört med andra definitioner i litteraturen, är att avvikelser från plan måste leda till negativa konsekvenser, men att alla intressenter inte nödvändigtvis måste drabbas negativt av en störning.

1.3 Grundläggande mål vid hantering av störningar

Inledningsvis nämndes att ett grundläggande mål, som på lång sikt gäller för i stort sett alla företag, är att ge ekonomisk kompensation till ägarna av företaget. Att ägarna ställer *krav på avkastning*, innebär också att företag måste vara effektiva, vilket bland annat innebär att de måste kunna uppnå kundernas krav på leveranser ”just-i-tid”. Begreppet effektivitet kan dock ges andra betydelser, vilket innebär att begreppet måste definieras. Med effektivitet avses i allmänhet graden av målluppfyllelse, vilket innebär att en uppnådd prestation ställs i relation till planerade mål (Frenckner, 1983; SOU, 1991).

Långsiktiga och kortsiktiga planer behövs för att ge intressenterna utefter ett materialflöde anvisningar om hur de skall uppnå hög effektivitet. Då störningar leder till ”konsekvenser som är negativa för någon/några av

⁴⁵ Osäkerhet och risk innefattar såväl positiva som negativa ”utfall”. Begreppen störning, osäkerhet och risk behandlas mer ingående i kapitlet 4 och 5.

planens intressenter" måste störningar kunna leda till försämrad effektivitet. Störningar som inträffar plötsligt och slumpmässigt påverkar först och främst den kortsiktiga planeringen, vilket för företaget innebär att omplanering och "brandkårsutryckningar" måste till för att åtgärda störningarna.⁴⁶

Intressanta frågeställningar i samband med hantering av störningar är: Hur kan det avgöras om konsekvenserna är negativa för en intressent? Vad innebär det att konsekvensen av en störning inte alltid är negativ för samtliga intressenter? Hur bedöms effektivitet utefter ett materialflöde? Hur skall vi veta att en åtgärd för att hantera en störning är effektiv? Även om det inte är möjligt att ge ett entydigt svar för alla företag, bör det gå att utforma principer för hur det går att besvara frågeställningarna. Det måste också vara av stort intresse för företag att finna ut *vem* som drabbas negativt av störningar. Vad som är effektiv hantering av störningar för ett företag (eller en avdelning) kanske är mindre effektivt för ett annat, som hellre sett att störningen inte åtgärdades.

För att reda ut frågorna kommer först effektivitetsbegreppet att behandlas. Det finns skilda typer av effektivitet i teorin och olika mått för att uttrycka effektivitet (Steers, 1975; Shenhav et al, 1994). Oavsett vilken typ av effektivitet som avses ställs dock alltid en (eller flera) *input* i relation till en *output* (Ackoff, 1962). De produktionsresurser som ett företag använder i sin produktion är *input* och det resultat som uppnås är företagets *output* (se figur 1.3). Ofta hänvisas till Farrell (1957), som skiljer mellan fyra olika typer av effektivitet. Dessa är teknisk effektivitet, priseffektivitet, total effektivitet⁴⁷ samt strukturell effektivitet. Oavsett vilken typ som används för att bedöma ett företags effektivitet, bedöms ett företag vanligtvis som effektivt när en *output* är så stor som möjligt i relation till de *input* som används för att generera *output*.⁴⁸

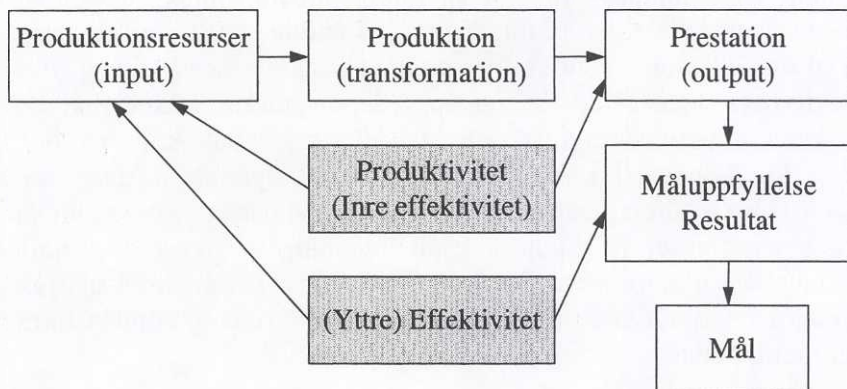
I företagsekonomisk litteratur görs en åtskillnad mellan inre och yttre effektivitet (*efficiency* och *effectiveness*). Hög *inre effektivitet* innebär att företag tillverkar och säljer varor av god kvalitet till lägsta möjliga kostnad per styck. Inre effektivitet kan här definieras som kvoten mellan antalet

⁴⁶ En eller flera störningar som leder till tillräckligt omfattande konsekvenser kan dock leda till att mer långsiktiga planer måste förändras. I litteratur om JIT påpekas också att det tar lång tid anpassa verksamheten till lagerlös tillverkning, eftersom företag måste lära sig att hantera störningar (Moras och Dieck, 1992). Se även kapitel 4, där en klassificering av olika åtgärder görs.

⁴⁷ Produkten av teknisk effektivitet och priseffektivitet.

⁴⁸ Se t ex Steers (1975) och Shenhav et al (1995) för genomgångar av hur olika mått använts i litteraturen.

enheter *output* och antalet enheter *input* och ger då ett mått på *produktivitet*. Skillnaden mellan produktivitet och effektivitet är att det med produktivitet (inre effektivitet) endast avses kvoten mellan antalet enheter medan (yttre) effektivitet också inkluderar måluppfyllelsen, vilket illustreras av figur 1.3 (Frenckner, 1983; SOU 1992:82).



Figur 1.3 Relationen mellan produktivitet och (yttre) effektivitet (källa: Frenckner, 1983; SOU 1992:82)

Inre effektivitet utefter ett materialflöde är således ett mått på hur väl omvandlandet av resurser till varor och tjänster görs, dvs *att företaget gör saker rätt* (Drucker, 1969; Anthony et al, 1984; Aronsson et al, 1988; NEVEM-workgroup, 1989). Relevanta effektivitetsmått utefter ett materialflöde kan vara korta genomloppstider, korta leveranstider, låga lagerhållningskostnader, låga tillverkningskostnader, högt kapacitetsutnyttjande etc. Hög inre effektivitet innebär att själva styrningen av och hanteringen av materialflödet är hög relativt andra sätt att utföra dessa aktiviteter. Störningar leder bland annat till att bearbetade varor kasseras, bearbetning tar längre tid än planerat att kostsamma åtgärder måste vidtas. Därmed leder störningar till en försämrad inre effektivitet.

Till skillnad från inre effektivitet innebär hög *yttre effektivitet* att företaget tillverkar och säljer just de varor som kunderna efterfrågar. Den yttre effektiviteten avspeglar på detta sätt marknadens värdering av företagens prestationer av varor och tjänster i förhållande till hur mycket som investerats i dem, dvs *att företaget gör rätt saker* (Drucker, 1969; Anthony et al, 1984). Exempel på denna typ av effektivitet är hög avkastning på investeringar för att förbättra ett företags genomflöde av varor (t ex i åtgärder för att hantera störningar) (Aronsson et al, 1988;

NEVEM-workgroup, 1989). Den yttre effektiviteten påverkas av förändringar av såväl kapitalbindning och kostnader som intäkter. Inre effektivitet är däremot bara avhängig av kapitalbindning och kostnader (Ericsson och Persson, 1982; Aronsson et al, 1988).

Störningar leder inte bara till att den inre effektiviteten försämras utan även till att kundernas betalningsvilja för en färdigvara försämras. Störningar kan således även leda till försämrade yttre effektivitet. Till skillnad från litteraturen om JIT, som är inriktad mot eliminering av lagerhållning (dvs inre effektivitet), menar jag att måluppfyllelsen måste inkluderas vid företags hantering av störningar och att det är ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk som då bör vara styrande - dvs yttre effektivitet. Hur ett företag väljer att planera sina logistiska system får ju inte bara konsekvenser på företags kapitalbindning och kostnader utan även till konsekvenser på deras intäkter.⁴⁹ En kostsam åtgärd kan t ex leda till högre avkastning i ett företag än en mindre kostsam, om den förra genererar mer intäkter.

Ett problem vid mätning av effektivitet är att effektiviteten kan bero på vem som avgör om något är effektivt eller inte. Pareto uppmärksamade detta och menade att samtliga medlemmar (intressenter) i ett kollektiv (t ex ett samhälle eller ett företag) måste öka sin nytta för att en förändring av något slag skall vara effektiv. Däremot anses det inte vara effektivt för kollektivet om en förändring leder till att någon medlem ökar sin nytta samtidigt som nyttan minskar för någon annan. Det kan dock vara effektivt för en enskild medlem (Cirillo, 1979; Granqvist, 1993).

Ytterligare ett problem vid mätning av effektivitet är att intressenterna utefter ett materialflöde ofta måste välja mellan flera mål, när de skall avgöra hur effektiva de är. Då kommer de nästan alltid att finna att även om ett mål är att föredra när en speciell egenskap betraktas kommer ett annat alternativ att vara att föredra när utgångspunkten är en annan egenskap. Mycket sällan kommer ett alternativ att vara överlägset för varje ny egenskap som läggs till målutvärderingen (Bell et al, 1977). En intressent måste således ofta acceptera lägre värde på någon egenskap för att uppnå högre värde för en annan. Vilken störning som är allvarligast för en intressent och vilken åtgärd som väljs för att åtgärda störningen, beror således på vem (vilken intressent) som rangordnar alternativen och vilket mål som eftersträvas (vilket mått som används vid rangordningen). Det är

⁴⁹ Ett liknande påstående framförs av Gadde (1985), som menar att lager inte bara är kostnader. Se även Zangwill (1992) och Balakrishnan et al (1996).

bland annat därför som jag menar att det är ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk som bör vara styrande vid hantering av störningar.

Då olika intressenter i ett företag ofta har olika mål att uppfylla, uppstår ett behov av att kunna samordna utvärderingen av hur väl olika mål uppfyllts. Under senare år har det också ansetts allt viktigare att samordna planeringen av företags hela materialflöden från leverantör till kund. Det vill säga att beakta helheten och aktivt sammanlänka planeringen av olika delar i ett företag med varandra (Carlsson, 1990; Persson et al, 1991; Chase och Aquilano, 1992). Samordning innebär då att flera intressenter åsidosätter sina egna mål för att uppnå ett gemensamt mål, vilket också kan innebära att planer måste utformas för hur en avdelning kan kompensera en annan. För många företag har JIT blivit en princip att arbeta med vid denna samordning (Schonberger, 1982; Shingo, 1984; Persson et al, 1991; Brigelius och Rosén, 1992).

Sammanfattningsvis kan det konstateras att ett företags mål vanligtvis är multipla och att de mål som blir styrande vid hanteringen av störningar kan vara oförenliga eller stå i direkt motsatsförhållande till varandra. Om en avdelnings mål relateras till andra avdelningars mål (eller mål för olika varugrupper eller kundsegment) blir avvägningen mellan olika mål än mer komplex. Det är bland annat därför viktigt för varje företag, att göra avvägningar mellan mål för olika intressenter, så att ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk kan uppnås. I litteraturen om JIT hävdas att eliminering av varulager (kapitalrationalisering) synliggörs, vilket gör att störningar kan hanteras. Jag har försökt påvisa att en fokuseringen på lägsta möjliga kapitalbindning kan vara olycklig. Enligt min mening finns det ett behov av att utveckla metoder för att analysera störningars konsekvenser på såväl kapitalbindning och kostnader som intäkter.

En ensidig eliminering av lagernivåer (kapitalrationalisering), kan dessutom öka exponeringen för störningar. Ökad exponering för störningar kan leda till försämrade service till kunderna och att störningar får allvarigare konsekvenser än om säkerhetslager (eller liknande) funnits. Om låg kapitalbindning innebär att ett företag inte kan uppfylla de krav som kunderna ställer, kan det leda till att företaget förlorar sina kunder. En effektiv hantering av störningar bör därför inte fokuseras på enstaka förbättringar av delmål, så som leveransservice, kvalitet, kapacitetsutnyttjande eller kapitalbindning, utan verka för en ökad effektivitet, dvs ett mål.

1.4 Studiens disposition

Föreliggande studie består av åtta kapitel. I detta kapitel har en bakgrund till problemställningarna givits. Begreppet störning har definierats och tillverkande företags mål i samband med hantering av störningar diskuterats. I kapitel 2 kommer forskningsproblemet att preciseras, likaså studiens syfte och dess avgränsningar.

I kapitel 3 diskuteras de metodologiska utgångspunkter som ligger till grund för den empiriska studien. En diskussion avseende metod- och modellutveckling tas också upp.

Förutom den referensram som kapitel 1 bildar, redovisas i kapitel 4 en utvidgad diskussion avseende begreppen störning och åtgärd. I kapitel 4 söker jag svar på ställda forskningsfrågor och utgångspunkter ges för den fortsatta studien.

I kapitel 5 presenteras *ett mått*, som företag kan använda för att *analysera störningars ekonomiska konsekvenser* mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk.

I kapitel 6 visas med *experiment* hur *simuleringsmodeller* kan användas för att *analysera* störningars konsekvenser. Två exempel på tillverkande företag med olika förutsättningar för tillverkning används vid experimenteringen.

I kapitel 7 visas hur störningars konsekvenser kan analyseras i detalj mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk, så att hanteringen av störningar kan bli effektivare.

I kapitel 8 redovisas det *resultat* (kunskapsbidrag) som uppnåtts med studien med avseende på systematik, presentation av mått, metodutveckling och experimentering. Förslag på fortsatt forskning ges också.

KAPITEL 2

PROBLEM, SYFTE OCH AVGRÄNSNINGAR

2.1 Precisering av forskningsproblem

I kapitel 1 introducerades begrepp som *Just-in-Time* (JIT), störning och effektivitet, vilka tillsammans bildar studiens plattform. Begreppet störning definierades och det antogs i definitionen att de leder till negativa konsekvenser. En viktig uppgift för tillverkande företag bör därför vara att på ett effektivt sätt hantera dessa. Hantering av störningar är också något som har behandlats i litteraturen om JIT. JIT kan sägas forma en planeringsmetod, som mot bakgrund av kundernas krav på leveranser i *rätt tid*, i *rätt kvantitet*, till *rätt plats* och *rätt kvalitet*, leder till "effektiv" hantering av störningar.¹

Utgångspunkten för denna studie är att det är av stort intresse för tillverkande företag, att eliminera eller åtminstone reducera konsekvenserna av störningar i deras logistiska system. I merparten av den litteratur som behandlar hantering av störningar i logistiska system är eliminering av lagernivåer (kapitalrationalisering) centralt för att synliggöra störningar, så att åtgärder kan vidtas för att hantera dem när de uppstår. De intressenter som drabbas av störningar lär sig då hantera dessa och kan införa åtgärder som reducerar eller eliminerar förekomsten av störningar. En ensidig fokusering på eliminering av lagernivåer ökar dock exponeringen för störningar och därmed ökar risken för att avkastningen blir lägre än vad ägarna kräver.² Jag menar därför att en effektiv hantering av störningar istället bör styras mot ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk, istället för mot lägsta möjliga kapitalbindning.

Störningar inträffar plötsligt och innebär att företag på kort sikt måste ändra sina planer. De åtgärder som vidtas styrs vanligtvis av kundernas behov och önskemål. Att vara "kundorienterad" samtidigt som lagernivåer

¹ Det flertal studier som beskriver hur införandet av JIT gjort företag framgångsrika, tyder på att JIT är en "effektiv planeringsmetod" vid hantering av störningar. Föreliggande studie är dock inriktad mot metod- och modellutveckling, vilket innebär att begreppet "effektiv planeringsmetod" får en lite annorlunda innebörd.

² I och för sig hävdas ofta att riskerna (i allmänhet) minskar på lång sikt, även om de kan öka på kort sikt.

reduceras kan, tvärtemot vad som är tänkt, leda till ökad risk för att kundernas behov och önskemål inte kan uppfyllas. Det finns ett behov av att komplettera den litteratur som ensidigt fokuserar kapitalrationalisering med metoder (mått och modeller), som visar hur företag på ett effektivt sätt kan hantera störningar. Företag måste kunna välja rätt åtgärd genom att göra en avvägning mellan såväl kapitalbindning, kostnader och intäkter som den risk som är förknippad med tänkbara alternativ. För några företag måste det, mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk, vara mer effektivt att binda kapital än att ensidigt reducera det kapital som binds i förråd, mellanlager och färdigvarulager.³

Om kundernas krav inte kan vara styrande vid hanteringen av störningar och kapitalbindning inte kan vara styrande för att avgöra effektivitet, bör det styrande målet vara *hög effektivitet*, definierat som högsta möjliga avkastning till begränsad risk. Jag antar i detta sammanhang att en kritisk gräns för nivån på avkastningen kan fastställas och att det är risken för att hamna under denna gräns som skall begränsas.⁴ Det blir då nödvändigt att ta fram ett lämpligt mått för att analysera de ekonomiska konsekvenserna av störningar. Mot bakgrund av kapitel 1 och ovanstående diskussion har forskningsproblemet delats upp i ett huvudproblem och tre delproblem.

Huvudproblemet i föreliggande studie är att det finns ett behov av att utveckla en metod (mått och modeller), som gör att företag inom ramen för befintlig kapacitet, vid sin hantering av störningar, kan prioritera mellan olika åtgärder så att denna hantering blir effektivare.

Det bör alltså utvecklas en metod som företag kan använda för att utröna hur de på ett effektivare sätt kan hantera störningar utefter sina materialflöden. Med *metod* avses här en planeringsmetod, vilken består av mått för att mäta effektivitet och modeller för hur störningars konsekvenser kan analyseras.⁵ Med *effektivare hantering* avses en hantering mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk. Med

³ Vad som är effektivt behöver inte enbart variera mellan företag, utan kan även variera beroende på vilken tidshorisont som studeras - lång eller kort sikt.

⁴ Se kapitel 7 för en detaljerad beskrivning av effektiv hantering av störningar.

⁵ Till skillnad från de metodbegrepp som behandlas i kapitel 3. Med konsekvenser avses dels konsekvenser på avkastningen, ekonomiska konsekvenser, dels konsekvenser på risken. Ekonomiska konsekvenser och begreppet risk behandlas mer ingående i kapitel 5.

prioritera avses hur företag kan rangordna de ekonomiska konsekvenserna av olika störningar och i förhållande till om störningen eliminerats eller dess konsekvenser reducerats. Huvudproblemet har delats in i tre delproblem.

Ett *första delproblem* rör identifiering av störningar och åtgärder. Störningar är bland annat identifierade i den litteratur som behandlar JIT och ibland används den ”japanska sjön” för att illustrera hur störningar kan synliggöras (Shingo, 1984). Det är dock inte självklart vad som är att betrakta som störningar, varför de kan vara svåra att identifiera. Hur företag väljer att hantera ”sina” störningar kan också variera, vilket innebär att valet av lämplig åtgärd försvåras. En systematik över störningar och åtgärder måste här utvecklas. Några frågor som kan ställas avseende en sådan *systematik* är:

- Vilka störningar är mest frekventa?
- Vad är orsaker till störningar?
- Vilka konsekvenser leder störningar till?
- Vem (vilka intressenter) drabbas av störningar?
- Vilka åtgärder kan vidtas för att hantera störningar?
- Får störningar på en plats i ett företag spridningseffekter som försämrar möjligheterna att uppnå önskvärda mål för andra intressenter än de som direkt drabbas av en störning eller absorberas störningar av buffertar och i planeringssystem?

Förutom identifiering av orsaker till och konsekvenser av störningar är värderingen av dem svår. Det *andra delproblemet* är att avgöra vilket eller vilka mått som företag bör använda för att analysera konsekvenserna av störningar. Det vill säga ett mått för att bedöma effektivitet (utefter ett materialflöde) och utifrån detta mått vidta lämplig åtgärd vid hanteringen av störningar. Litteratur om JIT (och kapitalrationalisering i allmänhet) är inriktad mot låg kapitalbindning som ett kriterium för att synliggöra störningar, så att hanteringen av störningar kan bli effektiv. Detta är ett kriterium som jag ifrågasätter.

Jag menar istället att högsta möjliga avkastning till begränsad risk bör vara styrande vid företags hantering av störningar. Störningar måste således analyseras mot bakgrund av såväl *avkastning*⁶ som *risk*. Om flera störningar förekommer samtidigt och det inte går att avgöra vilken störning

⁶ Dvs mot bakgrund av såväl kapitalbindning och kostnader som intäkter. Avkastningen kan ju uttryckas som kvoten mellan ett överskott (intäkter minus kostnader) och kapitalbindning - dvs räntabiliteten på totalt kapital (R_T).

som bör hanteras först, bör någon form av *mått* användas för att kunna avgöra detta. Ett problem är hur företag på kort sikt kan mäta sin effektivitet när ett logistiskt system analyseras. För företagen uppstår här ett *avvägningsproblem*, vilket leder till ytterligare en relevant frågeställning:

- Vilket mått bör användas vid en analys av störningars (ekonomiska) konsekvenser?

Det *tredje delproblemet* är hur flera störningar, som uppstår samtidigt, kan analyseras. Ofta styr kundens behov vid hanteringen av störningar. Det finns också modeller för att göra avvägningar mellan åtgärder när en del utefter ett materialflöde avses. I allmänhet beaktas i dessa fall kostnader och sannolikheten för att en störning skall inträffa eller kapitalbindning och sannolikheten för att en störning skall inträffa var för sig. Detta förfarande kan leda till suboptimeringar och att avsedd effekt inte uppnås. Simulering har i tidigare studier använts för att visa vilka konsekvenser störningar kan leda till i logistiska system.⁷ Dessa simuleringar saknar ofta analyser av de ekonomiska konsekvenser som uppstår av störningar och/eller hantering av dessa. Jag menar att simuleringsmodeller bör kunna användas vid en sådan analys. En central fråga i detta sammanhang är:

- Hur kan förekomst av flera störningar analyseras mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk?

2.2 Syfte

Utifrån forskningsproblemet har ett huvudsyfte med studien formulerats jämte tre delsyften.

Huvudsyftet i föreliggande studie är att, mot bakgrund av företags strävan att vara kundorienterade och samordna sina verksamheter, utveckla en planeringsmetod som företag kan använda för att på ett effektivare sätt hantera störningar utefter sina materialflöden.

⁷ Se kapitel 6.

Jag vill alltså finna former för hur tillverkande företags insättande av åtgärder mot störningar kan bli effektivare. Dels utifrån ett helhetsperspektiv och dels mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk. För att operationalisera huvudsyftet har det delats in i tre delsyften.

- Det första delsyftet är att skapa en bättre förståelse för störningshantering, genom att *beskriva störningar* och visa hur det går att systematisera orsaker till störningar och deras konsekvenser samt *åtgärder* för att hantera dessa störningar.
- Det andra delsyftet är att *presentera ett mått* som är lämpligt för att analysera störningars ekonomiska konsekvenser utefter tillverkande företags hela materialflöden, mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk.
- Det tredje delsyftet är att med hjälp av simulering visa hur *systematiken och måttet* för att analysera störningars ekonomiska konsekvenser *kan tillämpas*.

För att uppnå delsyfte 1 måste, mot bakgrund av kapitel 1, mer litteratur studeras (kapitel 4). En undersökning av ett fåtal företag har också ansetts vara lämpligt. För att uppnå delsyfte 2 måste litteratur som behandlar samtidig analys av avkastning och risk studeras (kapitel 5). För att uppnå delsyfte 3 har jag valt att studera simulering och design av simuleringsmodeller mer ingående (kapitlen 6 och 7).

2.3 Avgränsningar

För att göra problemet möjligt att studera och syftet möjligt att uppnå måste studien avgränsas i vissa avseenden. Den första avgränsningen avser de logistiska system (materialflöden) som studeras. Ett logistiskt system kan vara mycket omfattande och bestå av ett flertal intressenter och aktiviteter. Främst behandlas sådana som berör inköp, lagerhållning, bearbetning, montering och försäljning. Således ingår inte transportplanering och de störningar som kan uppstå i samband med transporter. En avgränsning görs även mot att behandla enskilda företags informations-systems inverkan på hanteringen av störningar, även om dessa för alla företag är viktiga för att uppnå effektiv planering. Inte heller de variationer

som orsakas av förändringar på ett företags marknad beaktas, så som variationer i efterfrågan som orsakas av att nya konkurrenter dyker upp eller gamla kunder försvinner.

Då komplexiteten i större företag kan anses vara alltför omfattande att studera, är den empiriska studien begränsad till att behandla *delsystem* i form av enskilda företag/fabriker av medelstor storlek, utan att för den skull ge avkall på nödvändigheten av att studera logistiska system ur ett helhetsperspektiv. I de studieobjekt där komplexiteten har varit allt för omfattande har även hänseende till större avdelningar inom de företag som studerats avgränsats bort.

En förutsättning för att hantera störningar är att förståelsen för varför de uppstår blir bättre. För att skapa en bättre förståelse för varför störningar uppstår och "system" misslyckas, bör vanliga och/eller potentiella störningar beaktas redan vid design och utveckling av system. Jag avgränsar mig dock bort från att i detalj behandla olika logistiska systems inverkan på störningars konsekvenser. Valet av produktionslayout eller styrregler vid företags produktionsplanering kan t ex vara av avgörande betydelse vid hantering av störningar.

Då jag avgränsat mig bort från att behandla konsekvenser som beror på design och utveckling av ett logistiskt system, kan också kapaciteten i ett befintligt system antas vara given. Vid utvecklingen av mått och simuleringsmodeller inriktas intresset därför främst mot kortsiktig planering i befintliga system. Det kan dock uppstå fall där det visar sig att en hantering av störningar inte är möjlig utan åtgärder som hänförs till företags långsiktiga planering. Lokalisering av fabriker, val av produktions- och lagerstyrningssystem, maskinparkens storlek etc, är exempel på åtgärder som kan motverka störningar på lång sikt. Sådana långsiktiga åtgärder beaktas inte när åtgärder för att hantera störningar behandlas. Avseende vem som drabbas och företags möjlighet att uppställa kompensationsplaner avgränsar jag mig bort från att i detalj behandla hur planer och kontrakt kan formuleras.

Beträffande åtgärder för att hantera störningar bortser jag även från att i detalj behandla principer för hur åtgärder har behandlats i litteraturen. T ex litteratur som behandlar underhållsplanering och beräkning av säkerhetslager. Av de åtgärder som förespråkas i litteratur om JIT avgränsar jag mig bort från att behandla dessa i detalj. Jag bortser således från vissa långsiktigt positiva konsekvenser av att införa JIT (t ex i form av lärande, kontinuerliga förändringar etc). Jag bortser också från att i detalj behandla valet av åtgärd, eftersom mina experiment endast baseras på hypotetiska

fall. De experiment som genomförs kan således betraktas som rent principiella.

Vid hantering av en störning kan det hända att villkor och förutsättningar för andra störningar ändras. Förekomsten av en händelse (störning) kan ju vara beroende av andra händelser (störningar). Om en viss störning åtgärdas kan således exponeringen för andra störningar antas minska eller öka. Sådana beroendeförhållanden beaktas ej vid simuleringen. Det är dock möjligt att ta hänsyn till sådana förhållanden, när en modell över ett ”verkligt” system analyseras med hjälp av simulering.

Föreliggande studie är inriktad mot analys av störningar (och risker) i logistiska system. Det finns ett flertal metoder för att analysera systemrisker.⁸ Då litteraturen om sådana metoder är mycket omfattande avgränsar jag mig bort från att i detalj behandla dessa metoder, förutom simulering⁹ som behandlas mer ingående.

Avgränsningarna som presenterats i detta avsnitt medför att studien begränsas i flera avseenden. Då studien endast avser ge en modellmässig förståelse och förklaring över det fenomen som studeras, bör avgränsningarna inte få någon större inverkan på det principiella kunskapsbidraget, i form av systematik, presentation av mått och metod samt möjligheten att utföra experiment med hjälp av simulering.

⁸ Se White (1995) för en sammanställning över sådana metoder.

⁹ Begreppet simulering används fortsättningsvis i två betydelser. Dels avses med simulering enskilda (simulerings-)modeller och dels avses simulering som metod för att analysera specifika fenomen.

KAPITEL 3

METODVAL

3.1 Metodologiska utgångspunkter

Forskare som försöker studera fenomenen i logistiska system har inte någon lätt uppgift. Den som utför studien bör inte enbart ha kunskap om hur material flyttas mellan två eller flera punkter. Det är även önskvärt med kunskap avseende inköp, bearbetning, konstruktion och FoU, marknadsföring, redovisning, administration etc. För att kunna förmedla kunskap om fenomenen i logistiska system bör även relationerna mellan den samordnade planeringen, styrningen och kontrollen framgå och de fenomen som studeras vara klart och tydligt preciserade.

Ett företags logistiska system kan, med andra ord, betraktas som ett komplext system, där komplexiteten kan se olika ut. Komplexiteten kan förklaras som sannolikheten för att ett system befinner sig i ett speciellt tillstånd vid en given tidpunkt (Beer, 1981). Komplexiteten kan också beskrivas som antalet element i systemet, deras attribut, antalet kopplingar (relationer) mellan elementen i systemet samt graden av organiserad struktur i systemet (t ex förekomst av regler och liknande som är styrande i systemet) (Schoderbek et al, 1990).

Hur forskaren väljer att hantera denna komplexitet varierar med det forskningsproblem och syfte som finns med studien. Det kan också vara nödvändigt att göra avgränsningar i flera avseenden för att övervinna sådana svårigheter. Viktigt är dock att klart och tydligt visa hur kunskap lämpligast inhämtas - vilken metod som är lämpligast. Med *metod* avses här såväl det synsätt som använts som det planmässiga förfarandet, som givit upphov till studiens utformning. Metoden är här ett redskap, ett förfaringssätt att lösa problem och komma fram till ny kunskap.

I föreliggande studie studerades först teorier gällande materialadministration och logistik (lagerekonomi), varefter arbetshypoteser formulerades. Svaren på frågor, som ansågs relevanta inom problemområdet, söktes därefter hos fyra företag. Efter den empiriska undersökningen söktes kompletterande teori, som ansågs möjlig att utveckla utifrån den kunskap som tidigare inhämtats.

3.1.1 Metodsynsätt

Med utgångspunkt från det forskningsprojekt som man arbetar med, kan tre olika metodsynsätt nämnas. Med *metodsynsätt* avses hur forskaren antar att verkligheten är beskaffad och därmed hur verkligheten bör undersökas, beskrivas och förklaras (Kuhn, 1970; Arbnor och Bjerke, 1977; Holme och Solvang, 1991). De tre benämns aktörssynsättet, det analytiska synsättet och systemsynsättet. Det föreligger vissa skillnader mellan de tre synsätten.

Nyckelbegrepp för *aktörssynsättet* är mångtydighet och process. Forskare och aktörer antas påverka varandra ömsesidigt, vilket benämns som att forskningen är en dialektisk process. Verkligheten antas vara en social konstruktion och forskaren gör tolkningar av verkligheten, som han till stor del är delaktig i.

Det *analytiska synsättet* fokuserar enkelhet och orsak-verkan-samband. Synsättet bygger på att helheten är summativ, vilket innebär att helheten är summan av delarna och att de enskilda delarna kan ges en siffra. Med hjälp av statistiska metoder möjliggör detta generaliseringar. Utifrån dessa "objektiva" och mätbara faktorer kan sedan ett fenomen i verkligheten förklaras.

Vid *systemsynsättet* antar undersökaren att systemet innehåller strukturella element och att ett samspel mellan dessa föreligger. Verkligheten är inte summan av sina delar som vid det analytiska synsättet. Delarna förklaras istället utifrån helheten och relationer mellan delarna ger plus- eller minus-effekter. Detta benämns synergi. Kunskapen antas vara systemberoende (Arbnor och Bjerke, 1977; Holme och Solvang, 1991). Systemsynsättet är "holistiskt", vilket innebär att helheten fokuseras i stället för delarna. Detta gör att systemsynsättet anses lämpligt när svårstrukturerade problem studeras (White, 1995). Det metodsynsätt som används i föreliggande studie tar sin utgångspunkt från systemsynsättet.

Systemsynsättet är inget typiskt för företagsekonomin utan har sitt ursprung inom biologin. Ett *system* definieras här som en samling enheter (element) med vissa beteendeegenskaper, där vissa samband råder mellan enheterna och egenskaperna och omgivningen, vilket skapar en helhet (Schoderbeak et al, 1990). Elementen i systemet kan vara koncept, objekt eller subjekt (Van Gigch, 1991). Materialflödet från leverantör, genom företaget till kund är exempel på ett system - ett logistiskt system. Kännetecknande för systemsynsättet är fokuseringen på helheten. Helheten kan i en studie som denna beskrivas genom att det först definieras vad

företaget och dess materialflöde är till för, dess funktion och de mål som skall uppnås (Churchman, 1978).

De stabila förhållanden som kan studeras inom fysiken (vid fysiska studieobjekt) är dock omöjliga att uppnå när företag och andra sociala system (studieobjekt) studeras. Därför måste det system som studeras definieras, vilket innebär att de olika karakteristika som kännetecknar enheterna i systemet och dessa enheters förhållande till varandra struktureras. Strukturen av studieobjektet innebär att vi vill veta *vem* (individer, grupper, avdelningar) och *vad* (ämne, problem) vi studerar samt *när* (i vilken ordning händelser inträffar) (Van Gigch, 1991; Holme och Solvang, 1991). Dessutom måste det klargöras vilka föreställningar som finns om hur systemet bör vara. För detta utgår man inom systemteorin från två sakförhållanden (Bircher, 1976; Schoderbek et al, 1990). Att input transformeras till output i ett system och att målinriktad planering, styrning och kontroll gör denna transformation effektiv.

Det finns alltså ingen given regel för hur ett system skall beskrivas. Man finner inte ett system, man definierar det. I föreliggande studie är det studerade systemet definierat i kapitel 1, som ett företags hela materialflöde - ett logistiskt system. Vid användandet av systemsynsättet är det viktigt att fastslå definitioner vid ett tidigt stadium och att vara konsekvent vid användandet av begrepp (Bircher, 1976; Churchman, 1978). Sådana definitioner kan göras på en mängd olika sätt, där det svåra är att dra gränserna. Det är också viktigt att väsentliga element och relationer inte utesluts från beskrivningen. Den viktigaste definitionen i föreliggande studie har redan gjorts när begreppet störning definierades. Utifrån definitionen av detta begrepp är det möjligt att bestämma vilka andra fenomen (begrepp) som är relevanta att studera, vilka avvikelser som bör betraktas som störningar i det system som studeras etc.

Ytterligare element och relationer som är viktiga vid strukturering av företag är informationsflödet och konkurrensen mellan företagets resurser. Främst mellan maskiner, insatsvaror och personal som arbetar med att framställa färdigvaror (Dietrich, 1991). Inom systemsynsättet är det därför vanligt att presentera en central målsättning och sedan söka göra upp en lista över de delmål som måste nås för att den centrala målsättningen skall uppnås (Churchman, 1978). Beträffande de frågeställningar och det problem forskaren vill säga något om i ett system uppstår alltid vissa begränsningar. Dessa begränsningar innebär att varje studie är absolut för de studieobjekt som studerats, vilket dessutom innebär att de endast är giltiga för en tidsperiod.

3.1.2 Fallstudier

I de inledande kapitlen visades att kunskapen om störningar i logistiska system kan förbättras samt att det finns brister i de metoder (teorier) som används för att hantera dessa störningar. Då fallstudier anses vara speciellt lämpliga inom områden där en teori ännu inte är väl utvecklad har fallstudier valts för att samla in empirisk information (Scapens, 1990).¹ Valet av fallstudier har gjorts, då den möjliggör en uppbyggnad av en djup förståelse för det problemkomplex som avhandlas. Yin (1984) definierar en *fallstudie* som:

”... 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 source of evidence are used.” (op cit sid 23)

Fallstudier ger forskaren goda möjligheter att studera praktiska, ekonomiska fenomen på djupet. Fallstudier kan göras på ett eller flera objekt (företag), där den som utför undersökningen bland annat kan kartlägga och lära sig de tekniker, möjligheter och tillämpningar som finns inom studieområdet.

Miles och Huberman (1984)² menar att *ett fall* (en fallstudie) kan beskrivas som en avgränsad enhet (eller ett avgränsat system enligt tidigare definition), i vilken forskaren studerar händelser, processer och resultat.³ Centrala *händelser* i föreliggande studie är störningar utefter materialflöden och åtgärder för att hantera dessa. *Processer* kan vara orsaker till störningar och *resultatet* såväl de konsekvenser som uppstår av störningar som konsekvenser av olika åtgärder. Fallstudier kan vidare delas in i fyra användningsområden (Scapens, 1990).

- *Deskriptiva fallstudier* används för att beskriva system, tekniker och tillvägagångssätt i praktiken. Företagen väljs för att illustrera skillnader eller likheter mellan företag.
- *Illustrativa fallstudier* används för att illustrera nya tillämpningar i företag.

¹ Den typ av ”fallstudier” jag gjort kallar Scapens ”site-visits”. Jag använder begreppet fallstudier i vid bemärkelse, eftersom det vanligtvis inte görs någon åtskillnad i litteraturen.

² Källa: Norén (1990).

³ Det sätt som samtida fenomen beskrivs på.

- *Experimentella fallstudier* kan visa på svårigheter att införa nya metoder i företag och för att utvärdera för- och nackdelar med en viss metod.⁴
- *Explorativa fallstudier* används för att förstå något nytt specifikt fenomen, snarare än ett generellt.

De olika användningsområdena av fallstudier är inte nödvändigtvis helt oberoende av varandra. De fallstudier som gjorts i föreliggande studie skulle enligt ovanstående indelningsgrund falla under epiteterna deskriptiva, och explorativa fallstudier. Fallstudierna används också som underlag för att visa hur simulering kan användas i olika företag när störningar och åtgärder analyseras. Informationen från fallstudierna används således, delvis också, för att illustrera och göra experiment. Dock inte i form av fallstudier i de studerade företagen.

Kännetecknande för fallstudier är också att ett relativt begränsat antal studieobjekt studeras med avseende på flera olika problem och frågeställningar. En klar *fördel med fallstudier* är att forskaren kan betona helheten, vilket gör fallstudier lämpliga när systemsynsättet bildar utgångspunkt för en studie. Ytterligare en fördel med fallstudier är att forskaren efter en tids samarbete kan bekräfta respondenternas svar, eftersom det förekommer att respondenterna ändrar uppfattning om vad som var bra och dåligt i företaget (Brigelius och Rosén, 1990:a och b). Riskerna med t ex en enkätstudie blir därmed uppenbara, då det är troligt att respondenterna svarar som de tror att forskaren vill ha svar. Särskilt om det för företaget är känsliga frågor, vilket jag anser att frågorna om störningar kan vara. Ytterligare en risk med enkätstudier är att frågeformuleringen kan vara svårbegriplig när de problem som studeras är svårförklarade.

Utöver ovanstående fördelar anses fallstudier ge en stabilare grund för utveckling av modeller, teoribildning och hypotesgenererande forskning (Scapens, 1990; Holme och Solvang, 1991). Fallstudier används också mer för hypotesgenerering än för hypotestestning (Kaplan, 1986). Den empiriska undersökningen i föreliggande studie används först och främst för att identifiera störningar, dess orsaker och konsekvenser. Graden av generaliserbarhet med fallstudier är i allmänhet begränsad. Därför vill jag med den empiriska undersökningen istället försöka fånga upp vissa Extremsituationer.

⁴ Med metod avses här planeringsmetoder. Till skillnad från hur begreppet metod behandlas i övrigt i detta kapitel. Se även avsnitt 3.1.3.

Om forskaren har egen erfarenhet från liknande situationer, som de som studeras, blir en intervjuguide ett flexibelt verktyg, som möjliggör en bred bedömningsgrund vid fallbeskrivningen. Detta kan dock vara svårt att uppnå, eftersom såväl respondenters arbetsuppgifter som problem inom olika ansvarsområden utefter företags materialflöden skiljer sig åt. Författaren till föreliggande studie har viss erfarenhet från verkstadsindustrin inom såväl inköp, lagerhantering, produktionsplanering som kontakt med kunder. Denna erfarenhet har förhoppningsvis bidragit till att inge förtroende hos respondenterna och därmed tillförlitlighet i resultaten.

Det finns inte bara fördelar med fallstudier utan även vissa nackdelar. Dessa *nackdelar* beror bland annat på vad som vill uppnås med studien, forskarens skicklighet samt studieobjektets samarbetsvillighet. En svårighet (nackdel) med fallstudier gäller avgränsningen av studiens bredd som djup. Enkätstudier anses som exempel bättre för att ge bredd, medan fallstudier anses ge bättre djup vid en studie. En andra svårighet är den "bias" som uppstår när forskaren väljer att samla in och redovisa information. Ett tredje problem slutligen är att material som företag lämnar från sig ofta måste hållas konfidentiellt, vilket leder till att företagen måste anonymiseras (Arbnor och Bjerke, 1977; Norén, 1990). Anonymisering är fallet i föreliggande studie, men detta anser jag inte vara något stort problem. Däremot har ett stort problem varit tillgång till data och statistik, som visar störningars frekvens m.m.. Detta problem finns dock oavsett vilken metod som används för att samla in empiriskt material om störningar.

Två krav bör ställas på en fallbeskrivning.⁵ Det ena är att det bör vara en konsistent och väl bearbetad beskrivning av inte alltför stor omfattning. Det andra kravet är att beskrivningen skall vara relevant, dvs att alla data som analys och tolkningar vilar på måste redovisas. Huruvida forskaren bör göra analyser eller ej i anslutning till det fall som studerats är också omdiskuterat, liksom frågan om motstridiga uppgifter skall tas med (Norén, 1990). Jag har valt att redovisa motstridiga uppgifter och att redovisa mina egna analyser och konklusioner i separata avsnitt.⁶

⁵ Dessa krav framförs av Lindgren (i Norén, 1990). Norén (1990) framställer även andra synpunkter på fallstudiens relevans.

⁶ Analyser och konklusioner från fallstudien redovisas i avsnitten 4.1.3.1, 4.1.3.2, 4.1.3.3, 4.1.4 och 4.2.4, medan "råmaterialet" redovisas i bilaga 5.

3.1.3 Metod- och modellutveckling

En viktig utgångspunkt i föreliggande studie är att den planeringsmetod, det mått och de simuleringsmodeller som presenteras skall kunna tillämpas för att förbättra företags effektivitet. I en stor del av den litteratur⁷ som behandlar JIT och kapitalrationalisering har metod- och modellutveckling ofta hamnat i bakgrunden, trots att det alltid har varit en viktig del inom operationsanalysen (*Operational Research*), där operationsanalys definieras som (Keys, 1991):

"... the attack of modern science on complex problems arising in the direction and management of large systems of men, machines, materials and money in industry, business, government and defence. The distinctive approach is to develop a scientific model of the system, incorporating factors such as chance and risk, with which to predict and compare the measurement of factors of alternative decisions, strategies or controls. The purpose is to help management determine its policy and actions scientifically." (op cit sid 80)⁸

I föreliggande studie tas en sådan vetenskaplig utgångspunkt, där ett mål är att utveckla en planeringsmetod som skall kunna hjälpa företag att på ett effektivare sätt hantera störningar. Då det är svårt, för att inte säga omöjligt, att lösa alla problem samtidigt är det nödvändigt att avgränsa sig inom helheten och studera delsystem och/eller delar inom ett område. Gör inte dessa avgränsningar uppstår svårigheter i strävan efter integrerade problemlösningar.

Då det i studiens huvud- och delsyften ingår att "utveckla en planeringsmetod...", "presentera ett mått som är lämpligt för att analysera ..." och "visa hur systematiken och måttet ... kan tillämpas" är det

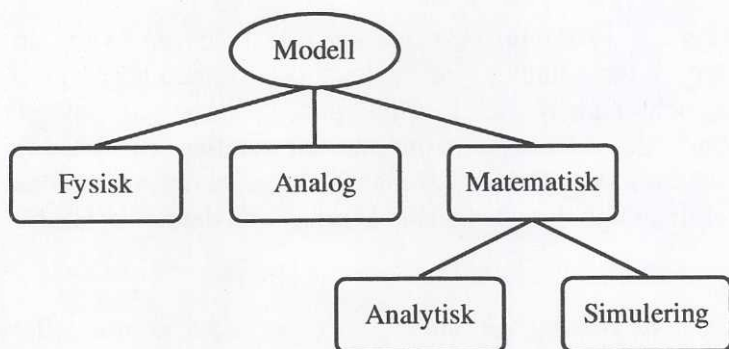
⁷ Litteraturen kan klassificeras på olika sätt. Goyal och Deshmukh (1992) klassificerar litteraturen i artiklar som fokuserar (1) definitioner och mål med JIT som filosofi, (2) implementeringsaspekter på JIT, (3) matematiska modeller av JIT och (4) övriga artiklar. Moras och Dieck (1992) delar in artiklar i (1) de som beskriver industriell applikation, (2) beskrivningar av företag som implementerat JIT, (3) tekniska studier och (4) enkätstudier. Ramarapu et al (1995) delar in artiklar i (1) konceptuella studier, (2) empiriska studier och (3) studier inriktade mot simulering och/eller matematiska modeller. Waters (1995) delar in artiklar (författare) i de som (1) försvarar JIT, (2) pragmatiker och (3) skeptiker. En liknande indelning gör Zipkin (1991). Att metod- och modellutveckling har hamnat i bakgrunden kan, enligt Goyal och Deshmukh (1992), bero på att definitionen av JIT varit oklar. Se även Sohal et al (1988).

⁸ Definitionen framförs av *the Journal of the OR Society*.

nödvändigt att förstå vad metod- och modellutveckling innebär. Med en *metod* avses här en planeringsmetod - ett planmässigt förfarande för hur störningar kan identifieras, analyseras och hanteras. Med en *modell* förstås en avbildning av verkligheten. Det kan vara en begreppsmässig representation av alla de egenskaper som inryms i ett sakförhållande och som är viktiga för det problem som undersöks. En modell kan också sägas vara en idealiserad bild av en företeelse eller ett objekt där vissa väsentliga egenskaper isoleras eller betonas medan övriga egenskaper utesluts (Lave och March, 1975; Arbnor och Bjerke, 1977; Hägg och Wiedersheim-Paul, 1984; Holme och Solvang, 1991).

De objekt som studeras är delarna utefter tillverkande företags materialflöden och företeelserna (händelserna) de störningar som kan identifieras utefter desamma. Speciellt studeras hur störningar påverkar tillverkande företags effektivitet (avkastning och risk). Då en modell endast beskriver några få utmärkande drag av verkligheten är det naturligt att det finns flera olika modeller av samma sak, där verkligheten betraktas från olika utgångspunkter.

Det finns en rad olika modeller för att beskriva system, vilket framgår av figur 3.1. Oavsett vilken typ av *modell* som avses, är den alltid en abstraktion av verkligheten, med den fördelen att det är lättare och mindre kostsamt att göra experiment med en modell jämfört med ett verkligt system (Madu och Kuei, 1993). Modeller kan användas för att beskriva ett system, som i fysiska modeller eller göra normativa utsagor om ett fenomen som studeras, som i matematiska modeller.



Figur 3.1 Typer av modeller

Fysiska modeller kan t ex vara en byggnad i en mindre skala än i verkligheten eller en bild av ett föremål. Analogiska modeller används för att jämföra och analysera likartade fenomen. Till matematiska modeller räknas analytiska modeller och simuleringsmodeller. Matematiska modeller kan även delas in i statiska eller dynamiska samt deterministiska eller stokastiska. Oavsett vilken typ av matematisk modell som avses, används de framför allt för att förstå ett beteende i ett verkligt system (Naylor et al, 1966; Law och Kelton, 1991; Madu och Kuei, 1993). I föreliggande studie beskrivs hur logistiska system med hjälp av simuleringsmodeller med dynamiska och stokastiska inslag.

Framtagandet av en modell är oftast av spekulativ karaktär, där forskaren utifrån observationer spekulerar sig fram till en "modellvärld" (Lave och March, 1975). Det gäller därför att "tänja" på begrepp för att nå en generell modell, varför forskaren i det praktiska arbetet försöker få tag i de egenskaper som tillsammans bäst kan förklara den företeelse, som studeras. Det kan dock vara ett lika intressant resultat att finna att det inte finns några samband mellan olika egenskaper (Holme och Solvang, 1991).

Modellutvecklingen börjar vanligtvis med en förstudie, där problemet identifieras och där det kartläggs hur problemet hänger samman med andra problem. I komplexa system är det dock många egenskaper som samverkar med varandra och det är naturligt att försöka ta med allt som hänger samman med problemet. Ju mer omfattande en studie blir desto större blir dock behovet av att kompromissa mellan studiens djup och vad som går att analysera. Vid modellutveckling bör därför följande aspekter tas i beaktande (Bell et al, 1977):

- *Framtagande av relevanta kännetecken.* Det är önskvärt att kännetecknen⁹ för studien är relevanta, omfattande, klart avgränsade och hanterbara. I föreliggande studie är viktiga "kännetecken" de störningar som uppstår utefter tillverkande företags materialflöden. Det är i allmänhet även viktigt att försöka skapa en tillräckligt bra helhetsbild utan att den blir alltför detaljerad.
- *Inkommensurabla enheter.* En enhet kan t ex vara i kronor (eller dollar eller rubel), medan en annan enhet kan vara i kilo, nivå etc. Det är i varje studie viktigt att sära på ojämförbara mått. Måtten är dock nödvändiga för att forskaren skall kunna uttala sig om effektivitet, kostnader, intäkter, risker etc.

⁹ Med kännetecken avses här objekt, egenskaper och/eller händelser.

- *Tid.* Det är vanligt att studera monetära flöden under en tidsperiod, eftersom en krona vid tidpunkt t inte är lika med en krona idag. Tidsaspekterna gäller även frekvensen av störningar under en tidsperiod och varaktigheten av olika störningars konsekvenser i olika företag.
- *Osäkerheter.* De flesta problem och studier kännetecknas av viss grad av osäkerhet, så även denna studie.

Den planeringsmetod som utvecklas i föreliggande studie visar dels på en struktur för klassificering av störningar och åtgärder, dels på hur ett mått kan användas i samband med simulering för att analysera störningars ekonomiska konsekvenser. Måttet och modellerna kommer att innehålla såväl monetära som icke-monetära måttenheter, t ex kostnad för kapital över en tidsperiod. Den empiriska studien i föreliggande studie är nödvändig för att skapa förståelse för hur de relevanta kännetecknen inom det system som studeras hänger samman. Vid utvecklandet av metoder och modeller är det viktigt att endast inkludera de kännetecknen och samband som kan stödjas logiskt och teoretiskt. Det är dessutom önskvärt att hålla antalet nere till ett minimum, utan att för den skull förlora i relevans och bedömningsgrund (Bell et al, 1977). Genom att fokusera störningar utefter materialflöden kommer säkert vissa kännetecknen att gå förlorade (t ex organisatoriska aspekter, informationssystemens betydelse etc), men detta bör i sådant fall betraktas mot bakgrund av övriga kännetecknen som beaktas och problemets relevans.

3.2 Tillvägagångssätt

3.2.1 Fallstudiens utformning

En utgångspunkt i föreliggande studie är att tillverkande företags effektivitet försämras av olika störningar. Därför är det naturligt att fokusera mått, som används för att bedöma effektivitet samt hur störningar motverkar desamma. Dessutom är åtgärder för att hantera störningar av intresse. Den inledande litteraturstudien har genomförts för att få en överblick över de nyckelbegrepp som används inom problemområdet samt för att formulera de frågor som ställdes till respondenterna i de fyra företag som studerats.¹⁰

¹⁰ Med den inledande litteraturstudien avses delar av kapitel 1, 2 och 4. De fyra

Jag är av den uppfattningen att forskaren inte med framgång kan observera ett studieobjekt utan en föreställning om hur saker och ting förhåller sig. Störningars betydelse för tillverkande företags effektivitet är här av särskilt intresse. Att utgå från systemsynsättet och anta att synergieffekter förekommer på så sätt att en merkostnad hos någon intressent kan leda till vinster hos andra intressenter är naturligt. I delar av föreliggande studie kan dock gränserna mot såväl det analytiska synsättet som aktörssynsättet ibland vara svåra att dra.

Beskrivningar av materialflöden utifrån systemsynsättet medför två fördelar (Pfohl, 1990). För det första är det möjligt att beskriva skilda system med en enhetlig terminologi. Därigenom uppstår också möjligheten att lösningar inom ett system kan komma till användning i ett helt annat system. Den andra fördelen är att forskaren tvingas beskriva komplexiteten i hur systemet som studeras hänger samman. Som exempel kan sk. suboptimeringseffekter uppstå när inköp, tillverkning, lagerhållning eller transporter studeras i ett isolerat sammanhang. När ett delsystem studeras är det således önskvärt att även beskriva delsystemets kontakt med andra delsystem, inom en överblickbar omfattning.

3.2.1.1 Val av studieobjekt och respondenter

Struktur är nödvändigt vid såväl definitioner av begrepp som vid beskrivning och förklaring av olika händelser i ett system. Beroende på forskningsuppgiften är det vanligt och oftast önskvärt att studien och därmed strukturen avgränsas i olika avseenden. En första fråga för att avgöra studieobjektets struktur gäller vad (vilka enheter) vi undersöker (Holme och Solvang, 1991). De "enheter" som undersöks i föreliggande studie är avdelningar och/eller individer utefter tillverkande företags materialflöden från leverantör, genom företaget, till kund.¹¹

Även om det är klargjort vad som undersöks, kan ett tillverkande företags materialflöden beskrivas på olika sätt. Vanligtvis är maskinerna fasta och insatsvaror flyttas mellan dessa. I vissa fall är insatsvarorna (och färdigvaran) fasta (stilla på en plats) och maskiner flyttas till lämplig plats, vilket t ex gäller för tillverkning av flygplan och fartyg. Företags materialflöden kan också indelas mot bakgrund av hur färdigvarans struktur ser ut, där strukturen kan innebära konvergerande eller divergerande flöden. Divergerande flöden finner man t ex inom process-

företagen går under epiteten Hantverksföretaget, Verkstadsföretaget, El-divisionen och Projektstillverkaren.

¹¹ Jämför figur 1.1.

industrin, medan man inom verkstadsindustrin vanligtvis finner konvergerande strukturer och materialflöden (Dietrich, 1991; Chase & Aquilano, 1992). Dessa skillnader mellan företag är givetvis inte de enda som är av betydelse vid studium av störningar och dess konsekvenser på företags effektivitet, men ett sätt att beskriva hur företag skiljer sig åt.

Då olika störningar rimligtvis måste leda till olika konsekvenser på olika företag har valet av de fyra företag som studerats gjorts utifrån olikheter mellan färdigvarors strukturer och olikheter mellan materialflöden. Valet av lämpliga företag stod främst mellan att studera företag med liknande eller företag med olika förutsättningar för tillverkning. Valet av olikartade företag att studera har gjorts för att utforma en bred kunskapsbas inför systematik av störningar och åtgärder samt metodutvecklingen. Att företagen var intresserade av studiens problemställning har också bidragit till valet av observationsobjekt.

Även valet att studera ett fåtal representativa företag liksom valet av respondenter i företagen, kan göras utifrån olika grunder. Då generaliserbarhet och representativitet inte är avgörande kriterier vid kvalitativa studier¹² finns det andra urvalskriterier. Ett grundläggande kriterium för val av företag och respondenter är att de är villiga att medverka, vilket bl a har inneburit att de måste ställa upp med skriftligt material och inte minst tid. Ett annat kriterium är att det bör finnas information av värde för studien. Företagen i studien har alla varit intresserade av att förbättra sin avkastning och det har ansetts viktigt att hantera störningar.

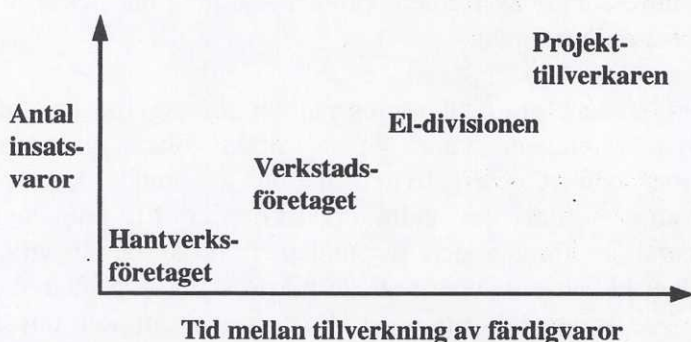
De fyra företagen i föreliggande studie har alltså valts utifrån antagandet att företag är olika känsliga (sårbara) för störningar vid olika delar av sina materialflöden.¹³ Representativa stickprov ansågs inte vara möjliga att genomföra, men för att få med en stor variation av störningar har ett fåtal företag med olika förutsättningar vid tillverkning valts. Dessa företags förutsättningar sammanfattas i figur 3.2 och tabell 3.1. Inom respektive företag har respondenter med olika ansvar i den hierarkiska strukturen liksom utefter respektive materialflöde valts. Sålunda har personer verksamma inom inköp, logistik, bearbetning, konstruktion, kvalitet, försäljning, arbetsledning m.m. intervjuats inom varje företag i de fall där detta varit möjligt.¹⁴ Valet av respondenter har gjorts för att i så stor utsträckning som möjligt kunna illustrera den komplexitet som anknyter till det problemområde som undersöks.

¹² Dvs fallstudien i föreliggande studie.

¹³ Begreppet sårbarhet behandlas mer ingående i avsnitt 4.1.2.

¹⁴ Se bilagorna 3 och 4 för en sammanställning över företag och respondenter.

En avgörande skillnad mellan företagens tillverkningsförutsättningar är att deras resurser är olika fördelade. Kostnaden för insatsvaror är som exempel dominerande för Projektstillverkaren, medan den är knappt märkbar för Hantverksföretaget. Däremot är kostnaden för arbete dominerande för Hantverksföretaget, medan den är marginell för Projektstillverkaren. Tillverkningen av färdigvaror i Hantverksföretaget och Verkstadsföretaget är "repetitiv", medan tillverkningen i El-divisionen och Projektstillverkaren sker i "projektform". Vid repetitiv tillverkning är tiden mellan tillverkning av en färdigvara kort. Vid tillverkning i projektform är denna tid lång. Den variation som föreligger avseende företagens förutsättningar vid tillverkning möjliggör att en rad olika omständigheter kan beskrivas och förklaras.



Figur 3.2 Karakteristika för företagen i den empiriska studien¹⁵

Först valdes ett verkstadsföretag som "pilotobjekt". Problemområden i *Verkstadsföretaget* omfattade bland annat inköp, lagring av insats- och färdigvaror, planering av flera maskiner och anställda samt avsättning av varor med hög kvalitet till ett flertal kunder. I *Verkstadsföretaget* är maskinerna fasta och insatsvaror flyttas mellan dem. Strukturen för företagens färdigvaror är konvergerande. Efter pilotstudien modifierades intervjuguiden något utifrån den information som fanns att tillgå i *Verkstadsföretaget* och ytterligare tre företag valdes. Valet stod då mellan liknande företag eller helt skilda företag. Erfarenheterna från pilotstudien gjorde att företag med sannolikhet för andra störningar än de i *Verkstadsföretaget* valdes. Dessutom ansågs det lämpligare att komplettera tidigare studier av störningar med avvikande fall.¹⁶

¹⁵ Skalan är ej proportionell.

¹⁶ Här avses Brigelius och Roséns studie (1990:a och b), som är inriktad mot verkstadsföretag.

Efter det att Verkstadsföretaget studerats valdes tre företag som skilde sig åt i olika avseenden - såväl från Verkstadsföretaget som från varandra. *Hantverksföretaget* valdes, eftersom det inte är så beroende av sina leverantörer, men däremot extremt beroende av personalens kompetens och industrins konjunktur. Även här är maskinerna fasta och insatsvaror flyttas mellan dem. Färdigvarans struktur är till skillnad från Verkstadsföretaget divergerande. *Projekttillverkaren* är extremt beroende av att köpta insatsvaror levereras i rätt tid från ett flertal leverantörer. Projekttillverkaren kännetecknas av att insatsvarorna är fasta och maskiner flyttas till lämplig plats. Färdigvarans struktur är även här konvergerande och beroendet av maskiner vid tillverkningen är litet. *El-divisionen* har inte så många leverantörer som Projekttillverkaren, men kostnaden för köp av insatsvaror är ändå relativt hög i förhållande till de två övriga företagen. Maskinerna är för det mesta fasta och insatsvaror flyttas mellan dem. Färdigvarans struktur är konvergerande. Gemensamt för samtliga företag i studien är som tidigare sagts att de strävar efter hög avkastning och har intresse av att hantera störningar. Företagens förutsättningar vid tillverkning sammanfattas i tabell 3.1.

	Flödets struktur <i>Maskiner - Insatsvaror</i>	Färdigvarornas struktur
Hantverksföretaget	Fasta - Rörligt	Divergerande
Verkstadsföretaget	Fasta - Rörligt	Konvergerande
El-divisionen	Fasta/rörliga - Rörligt	Konvergerande
Projekttillverkaren	Rörliga - Fast	Konvergerande

Tabell 3.1 Sammanfattning av studieobjektens flödes- och färdigvarustruktur

3.2.1.2 Utformning av frågemall

Vid besöken på respektive företag har jag försökt erhålla en beskrivning av materialflödets struktur, funktion och villkor. Denna beskrivning har inhämtats mot bakgrund av rekommendationer i bland annat Ericsson och Persson (1981). Därefter har, utifrån de olika respondenternas svar, de mest frekventa och kännbara störningarna analyserats. De störningar och åtgärder som behandlas i kapitel 4 begränsas således mot bakgrund av definitionen av en störning. Denna begränsning förenklar vid beskrivning, förklaring och förståelse för problemet samt underlättar vid utvecklingen av simuleringsmodeller (i kapitlen 6 och 7). Dessutom har störningar, som varit omöjliga att mäta och därmed omöjliga att beskriva generellt i en

simuleringsmodell, sorterats ut. Dessa störningar kan vanligtvis betraktas som incidenter av olika slag.

Ett vanligt problem med den arbetsgång jag valt är att den är tidskrävande och att det under arbetets gång sannolikt dyker upp nya problem. Dessutom kan det vara svårt att få nyckelpersoner inom företagen att ställa upp för intervju samtidigt, vilket försvårar undersökningens genomförande. Skriftligt material från företagen har i olika grad bidragit till djupet i den empiriska undersökningen.

Den första delen av frågeguiden består av ett antal frågor, som skall ge en nulägesbeskrivning av respektive företag.¹⁷ Dessa frågor är grupperade efter de olika ansvarsområden (intressenter) som bildat utgångspunkt i det logistiska system som studeras. Den andra delen av frågeguiden består av frågor, som berör företagets mål, planering och störningar samt möjligheter att hantera störningar i respektive företag. Nedan sammanfattas motiven för utformning av respektive fråga i den andra delen av frågeguiden.

Avsikten med den första frågan var att fånga upp eventuella kännetecken eller faktorer, som inte fångades upp i den första delen av frågemallen.

Frågorna 2-4 ställdes för att kartlägga de störningar som upplevdes¹⁸ samt orsaker till och konsekvenser av upplevda störningar utefter företagets materialflöden. Begreppet störning definierades för respondenten som en "kostsam avvikelse mot plan".

Fråga 5 ställdes för att försöka kartlägga olika störningarnas betydelse utefter olika företags materialflöden och vid olika hierarkiska nivåer i företagen.

Fråga 6 skulle visa på idéer för hur störningar, som respondenterna upplevde, kan åtgärdas.

Då en störning leder till "avvikelser från plan" skulle frågorna 7-9 skapa en bild av företagets planeringsförutsättningar. Kännedom om företagets, avdelningarnas och individernas mål och planeringsförutsättningar hjälper även till vid identifiering av vad som kan betraktas som en störning.

¹⁷ Frågeguiden finns i bilaga 2.

¹⁸ Med upplevd menas att respondenten varit med om situationen som frågas efter. Respondenterna har ibland haft egna uppfattningar om händelser som de inte upplevt, vilka inte beaktas.

Fråga 10 skulle visa om osäkerhet och hänsyn till potentiella störningar ingår som en medveten del av respektive företags planering eller inte.

3.2.1.3 Fallstudiens tillförlitlighet

Vid beskrivning av en undersöknings trovärdighet är begreppen generalitet, reliabilitet och validitet centrala (Norén, 1990). Begreppet *generalitet* syftar till överförbarhet av forskningsresultatet i någon form till andra miljöer. Kartläggning av lagbundenheter i form av värden på och samband mellan variabler är centralt liksom möjligheten att vid en upprepning av undersökningen erhålla samma resultat. *Reliabilitet* definieras traditionellt som frånvaron av slumpmässiga mätfel. Med reliabilitet menas att mätningarna hos en egenskap är konsistenta, dvs stabila och relativt förutsägbara.

För kvantitativa undersökningar betyder begreppet *validitet* att metoden som används för att undersöka ett fenomen mäter det den är avsedd att mäta. Validitet blir ett mått på hur väl forskaren fångar den objektiva sanningen. En bredare definition av validitet är att forskaren via den använda metoden undersöker vad han/hon avser att undersöka. I detta avsnitt redovisas huruvida det är möjligt att dra några slutsatser från fallstudien och om den valda metoden är lämplig för studien. Den empiriska studiens begränsningar kommer att diskuteras med avseende på de tre ovan nämnda begreppen.

En risk vid intervjuer är alltid att frågorna är oklara eller vilseledande. Det är dessutom svårt att veta hur svaren kan komprimeras för att de skall kunna jämföras. Mina "tolkningar" av svaren kan dessutom vara annorlunda än om någon annan individ gjort undersökningen. Huruvida respondenterna varit ärliga i sina svar är också svårt att veta. I detta fall anses egen erfarenhet från liknande frågor inom verkstadsindustrin ha varit till god hjälp vid bedömning av tillförlitligheten. Dessutom har flera av frågeställningarna delvis behandlats i den litteratur som studerats, vilket hjälpt till för att uppnå reliabilitet och validitet.

En styrka med fallstudier är att de kan belysa helheter. Detta faktum har vägts mot fallstudiers svaghet, vilket är att informationen ger ringa generaliserbarhet till andra situationer (andra företag). Frågan är dock om sådan generaliserbarhet ens är önskvärd. Jag anser inte att härledning av slutsatser från mer eller mindre tivelaktiga eller orealistiska förutsättningar kunde vara ett alternativ till det valda tillvägagångssättet.

Fallstudier innebär alltid att resultatet från studien i viss grad föregås av spekulering från forskarens sida, men trots det en strukturerad sådan.

Den kunskap som har utvecklats är starkt kopplad till de företag som undersökts. Generalitet och stabilitet över tiden saknas således. Syftet med en utredning eller forskningsstudie behöver dock inte vara att generalisera ett fenomen. Det kan vara minst lika viktigt att skapa förståelse för en speciell situation, vilket snarare är fallet med fallstudierna i föreliggande studie.

De redogörelser som görs visar att det finns vissa exceptionella omständigheter, som kan ha påverkat de empiriska resultaten. Det mest framträdande är det konjunkturläge som förelåg när respektive fallstudie genomfördes. Vid lågkonjunktur torde främst störningar som korttidsfrånvaro minska. Å andra sidan kan det då uppstå störningar som inte iakttagits, t ex att leverantörer går i konkurs eller att kunder inte kan betala sina skulder. Således saknas troligtvis vissa störningar i den empiriska studien, men dessa torde i många fall ändå kunna ingå inom ramen för den metod och de simuleringsmodeller som utvecklats.

3.2.2 Studiens kronologi och fortsatta uppläggning

Studien påbörjades som ett sex-månaders-projekt våren 1990. Arbetstiteln på projektet var "metoder för materialadministration under osäkerhet". Under hösten 1990 gjordes en empirisk pilotstudie vid "Verkstadsföretaget" och utifrån denna pilotstudie fortsatte sökandet efter lämplig litteratur inom området. Under hösten 1991 gjordes ytterligare tre företagsbesök inom ramen för studien.

Beträffande den litteratur som studerades söktes först litteratur som behandlade materialadministration (MA), störningar och osäkerhet. Störningar var på förhand avsedda att studeras, men däremot var det inte helt klart vad som skulle ingå som "metod" eller "modell" och vad som skulle utvecklas för att förbättra hanteringen av störningar. Litteratur om simulering har t ex studerats först under sista delen av tiden för studien. Viktiga källor har varit såväl mer praktisk och populärvetenskaplig litteratur som teoretisk litteratur om metodlära, produktions- och lagerstyrning samt beslutsfattande under risk. Kunskap från områden som behandlar såväl teknik (t ex radiostörningar) och samhällsfrågor (t ex sårbarhet), som olika företagsekonomiska utgångspunkter (t ex inom redovisning, produktion, marknadsföring och företagsadministration) har också inhämtats kontinuerligt under studien. Från litteraturen (artiklar ur

tidskrifter samt facklitteratur) har kunskap och erfarenhet hämtats, som ansetts vara förklarad utifrån verifierade omdömen.

Från den ursprungliga referensramen har empiri sökts, vilken senare analyserats. Besöken vid de fyra företag som studerats föregicks av litteraturstudier och studier av årsredovisningar och annat skriftligt material, som gav en inblick i den verksamhet som skulle studeras. Innan intervjuerna genomfördes studerades bland annat fackböcker som beskrev respektive företags och branschs speciella förutsättningar. Min egen erfarenhet från verkstadsindustrin har varit till hjälp för förståelsen av de speciella strukturer och villkor som fanns vid de företag som deltagit i studien.

Den empiriska studien har bidragit till att utveckla systematiken kring begreppet störning. Vid den empiriska studiens början var det avsett att studera störningars konsekvenser på respektive företags mål i kvantifierbara termer. Den information som söktes visade sig dock vara omöjlig att tillgå, eftersom de företag som studerades ej hade systematiserat de störningar som upplevdes och med den frekvens de förekom. I stället har principer för hur störningar kan analyseras med avseende på företags kapitalbindning, kostnader, intäkter och risk blivit en viktig del i studien. Den information som samlats in vid respektive företag har delvis bildat utgångspunkt vid utformandet av förutsättningar för experimenten i kapitel 6.

Efter analys av empirin har teorier sökts, som ansetts lämpliga för att kunna analysera störningars ekonomiska konsekvenser. Måttet som presenteras i kapitel 5 har sedan använts i samband med simuleringsmodeller. Slutligen har slutsatser avseende systematik, mått och experiment presenterats. Efter de inledande kapitlen kommer begreppen störning och åtgärd att behandlas mer ingående i nästa kapitel. I kapitel 5 presenteras ett mått för hur störningar och insättandet av åtgärder kan analyseras mot bakgrund av målet hög effektivitet. I kapitlen 6 och 7 visas hur systematiken och måttet kan tillämpas med hjälp av simuleringsmodeller. I kapitel 8 redovisas slutligen resultatet av studien med avseende på systematisering av störningar och åtgärder, presentation av mått samt experiment med hjälp av simuleringsmodeller. En sammanställning över studiens innehåll finns också i tabell 8.1.

KAPITEL 4

SYSTEMATIK AV STÖRNINGAR OCH ÅTGÄRDER

I kapitel 1 definierades begreppet störning och grundläggande mål vid hantering av störningar behandlades. För att eliminera eller reducera konsekvenserna av störningar är det önskvärt att förekomsten av störningar reduceras eller åtminstone struktureras. Först efter det att orsak-verkanförhållanden för de händelser som ger upphov till störningar strukturats, blir det möjligt att visa hur vi skall planera och styra för att undvika just dessa.

Avsikten med detta kapitel är att avhandla det första delsyftet, vilket innebär att orsaker till störningar och dess konsekvenser samt åtgärder för att hantera störningar kommer att diskuteras mer ingående än i kapitel 1. Utgångspunkter för att identifiera orsaker till störningar och dess konsekvenser behandlas i avsnitt 4.1. Där behandlas också resultat från fyra fallstudier. I avsnitt 4.2 behandlas utgångspunkter för hur åtgärder för att hantera störningar kan klassificeras. I avsnitt 4.3 sammanfattas studiens referensram.

4.1 Orsaker till störningar och deras konsekvenser

4.1.1 Orsaker till störningar

Orsakerna till att störningar uppstår kan vara många. En enkel orsak kan vara slarv av anställda vid bearbetningen av en insatsvara. En svårare orsak kan vara ett tekniskt fel i en maskin, vilket kan få allvarliga konsekvenser. För att en störning skall kunna hanteras måste orsaker till störningen vara möjlig att identifiera.¹ Hur företag bör gå tillväga vid en sådan identifiering har bland annat behandlats av Van Gigch (1991). Han gör en indelning av störningar (*failure*) utifrån systemet och systemets design, när orsaker till störningar skall identifieras.² Genom att fokusera störningar redan vid design av ett system anser han att många störningar kan undvikas. Den viktigaste uppgiften behöver därför inte vara att

¹ Se t ex Persson (1979).

² Begreppet system har behandlats i kapitel 3.

eliminera de störningar som uppstår, utan att försöka skapa en bättre förståelse för varför ett system inte fungerar som det är tänkt. I föreliggande studie studeras logistiska system, dvs företags hela materialflöden inom ramen för dess befintliga kapacitet. Störningar uppstår i sådana system och det finns ett behov av att systematisera orsaker till störningar, så att företags kortsiktiga planer och deras hantering av störningar kan förbättras.

Van Gigch (1991) menar att tekniker, ekonomer, designers m.fl., alltför ofta enbart tar hänsyn till statistiska fakta (t ex i form av sannolikheten för ett maskinhaveri) utan att beakta de bakomliggande faktorerna som lett till störningen ifråga. För att förbättra vår förståelse för orsaker till störningar klassificerar han dessa (*system failures*) enligt nedanstående fem grupper.³

- *Failure of structure and regulation, which stem from ill-designed organizations that do not meet avowed goals.*
- *Failures of technology, which originate from problems of misdesign in the equipment as well as in the hardware or software used in the information systems of the organization.*
- *Failures of decision processes, which are related to the flows of information and the rationality required for organizational decision making.*
- *Failures of behavior, which are attributed to psychological malfunctions of the human element in the organization.*
- *Failures of adaption and evolution, which are caused by problems of misadaption to change of the organization in the turbulent environment in which it evolves. (op cit sid 298)*

I ett logistiskt system kan orsaker till avvikelser från den planerade verksamheten delas in i ovanstående grupper. Ett maskinhaveri skulle t ex kunna bero på tekniska fel, felaktiga beslut och/eller felaktigt beteende enligt denna klassificering. Om störningar inte ingår som en del av den information som används i företags planering, försvåras troligtvis möjligheten att uppnå hög effektivitet. Det kan å andra sidan vara svårt att

³ Viss avgränsning har i kapitel 2 gjorts avseende företags möjligheter att åtgärda vissa av dessa "huvudorsaker" till störningar.

identifiera orsaker till störningar, varför det finns ett behov av att öka förståelsen för orsaker till störningar.

För att öka denna förståelse kan det vara lämpligt att studera litteratur inom andra områden, för att se om kunskap kan överföras därifrån. Orsaker till fel i byggandet har t ex studerats av Josephson (1994). När fel uppstår i hus kan det vara av intresse att veta orsaken till det uppkomna felet. Josephson (1994) skiljer bland annat mellan symptom och orsak, där symptomen är det synliga tecknet på att något är fel. Även om symptomen avlägsnas, så kan orsaken till ett uppkommet fel upprepas. Han skiljer också mellan felaktigt agerande och manifesterat fel. Ett felaktigt agerande avser ett agerande (eller icke-agerande) som leder fram till ett manifesterat fel (en störning). Ett manifesterat fel är alltså den konkreta följderna av agerandet. Till detta begrepp har han kopplat begreppet konsekvens som är alla de följder som uppstår av ett manifesterat fel. En gemensam nämnare bakom orsakerna till flera av de fel som kan uppstå vid ett byggande är bristande kvalitet.

Även i ett tillverkande företag är störningar ofta orsakade av bristande kvalitet, vilket inte minst uppmärksammats i litteraturen om JIT.⁴ Olika intressenter i anknytning till ett företag har antagligen olika uppfattning av vad som är "god kvalitet". I litteraturen förekommer också ett antal olika definitioner av kvalitet.⁵ En definition av kvalitet är hur väl någon/något uppfyller och/eller överträffar kundernas förväntan (Grönroos, 1983; Reeves och Bednar, 1994), där förväntan innebär att kunden har någon form av krav, önskningar eller behov. En störning innebär en negativ avvikelse från denna förväntade kvalitet.

I litteraturen om kvalitet finns ett flertal metoder för att strukturera och upptäcka bristande kvalitet. En sådan metod för att upptäcka orsaker till kvalitetsfel är *statistisk processtyrning* (Sandholm, 1988; Strand, 1989; Evans, 1993).⁶ Statistisk processtyrning kan användas för att kontrollera kvalitet genom att "störningars" frekvens analyseras, varefter lämpliga åtgärder kan vidtas (Evans, 1993). Uppföljning av antalet maskinstillestånd, leveransservicenivåer, kassationer, lagervolymer, personalfrånvaro, etc ger inte bara information om frekvensen av en viss störning

⁴ Jfr med kapitel 1.

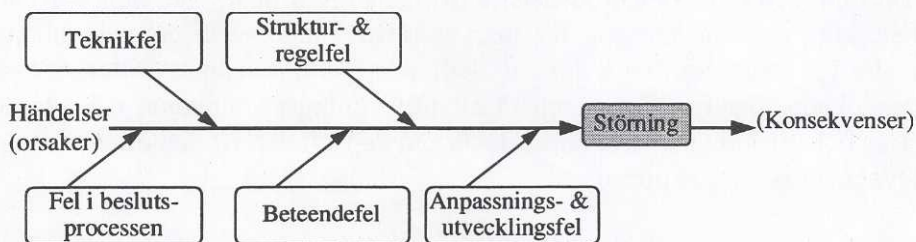
⁵ I den omfattande litteraturen som behandlar kvalitet hänvisas ofta till fyra banbrytande personer (Feigenbaum, Crosby, Juran och Deming). Se t ex Reeves och Bednar (1994). Litteraturen är alltför omfattande för att kunna behandlas inom ramen för föreliggande studie.

⁶ *Statistical Process Control (SPC)*.

utan även om dess konsekvenser.⁷ Vad som letas efter vid en sådan analys av kvalitetsfel beror dock i allmänhet på vem som ansvarar för kvalitetsstyrningen i ett företag.

Ytterligare en metod för att kontrollera kvalitet och hitta orsaker till kvalitetsfel är det så kallade *Ishikawa-diagrammet*⁸, vilket utvecklades i Japan under 50-talet (Riggs och Felix, 1983; Sandholm, 1988; Strand, 1989). Principen bakom ett Ishikawa-diagram är att finna orsaker till varför en viss konsekvens uppstår. Först måste ett problem, en situation eller ett mål definieras. Problemet i föreliggande studie är att identifiera störningar. De dominerade orsakerna till den störning som studeras skall sedan identifieras liksom delorsaker inom respektive huvudgrupp av orsaker. Slutligen skall huvudkonsekvenser och delkonsekvenser identifieras, vilket behandlas mer ingående i nästa avsnitt.

Med utgångspunkt från Van Gigchs fem grupper av orsaker till störningar skulle ett Ishikawa-diagram vid identifiering av *huvudorsaker* till störningar kunna se ut som i figur 4.1 nedan.⁹ I fallet med ett maskinhaveri skulle en delorsak till huvudgruppen beteendefel kunna vara brister i underhåll av maskinen eller handhavandefel. En delorsak under huvudgruppen teknikfel skulle kunna vara kullager av bristfällig kvalitet, vilket i sin tur skulle kunna vara orsakat av bristfälligt underhåll eller liknande. Vissa av orsakerna kan få långsiktiga konsekvenser för företags möjlighet att vara effektiva, medan andra endast leder till kortsiktiga konsekvenser. Struktur- och regelfel samt anpassnings- och utvecklingsfel kanske beror på organisationens design, vilken kan ta tid att förändra.



Figur 4.1 Huvudorsaker till störningar enligt ett Ishikawa-diagram mot bakgrund av Van Gigchs grupper av orsaker till störningar

⁷ Se avsnitt 4.1.2.

⁸ Kallas även "fiskbensdiagram" och orsaks-effekt-diagram.

⁹ Klassificeringen skulle givetvis kunna följa en annan indelning. Evans (1993) menar t ex att det finns sk. generiska huvudorsaker. Dessa är *människa*, *maskin*, *material* och *metod*.

Efter identifieringen av huvudorsaker till störningar måste delorsaker identifieras. Vilka delorsakerna är måste noggrant utredas för respektive störning i respektive företag, så att rätt åtgärd kan sättas in för att reducera eller eliminera konsekvensen av störningen ifråga. Hur konsekvenserna av en störning kan identifieras och systematiseras kommer att behandlas i nästa avsnitt. Hur åtgärder kan klassificeras behandlas i avsnitt 4.2.

4.1.2 Störningars konsekvenser

För att analysera negativa konsekvenser av störningar finns ett antal vanliga nyckeltal (mått). Dessa kan vara antalet leveransförseningar, kvantitet som levererats in av bristfällig kvalitet, tiden för stopp av en maskin, andelen korttidsfrånvaro, antalet reklamationer från kund etc. Brigelius och Rosén (1992) fokuserar de centrala begreppen rätt *kvalitet*, rätt *kvantitet*, rätt *tid* och rätt *plats* vid sina analyser av störningar. Brister ett eller flera av dessa begrepp i något avseende kan det uppstå brister i samtliga.

Enligt min definition av begreppet störning blir konsekvensen av en störning negativ för någon/några intressenter. Tidigare definitioner har inte gjort någon åtskillnad mellan positiva och negativa avvikelser och därmed inte heller av konsekvenserna för olika intressenter.¹⁰ En störning kan kanske leda till positiva konsekvenser för någon intressent i det system som avses, men någon/några måste även drabbas negativt. Ökar försäljningen i ett företag är den en avvikelse från plan, men den bör inte betraktas som en störning för marknadsavdelningen och antagligen inte heller för företaget ifråga om det skall vara kundorienterat. Däremot kan den ökade försäljningen innebära att tillverkningsavdelningen i företaget störs och att företaget stör sina kunder om kapacitetsbrist och efterföljande leveransförseningar uppstår.¹¹

För att öka förståelsen för störningars konsekvenser har några, till begreppet störning, närliggande begrepp studerats. Inom fysiken, där begreppet störning länge studerats i samband med studier av turbulens, frågar sig fysikerna varför ett jämnt flöde bryts upp i virvlar och strömmar. Störningar som ger upphov till turbulens anses bland annat vara ett stort problem, eftersom turbulenta luftströmmar över en vinge

¹⁰ En störning antas dock, i de flesta av tidigare nämnda studier, implicit leda till negativa konsekvenser.

¹¹ Ökad försäljning leder vanligtvis till ökad avkastning och bör därför inte betraktas som en störning. Detta har även framgått av den empiriska undersökningen.

försämrar lyftkraften och turbulenta flöden i oljeledningar kan ge upphov till motstånd (Gleick, 1988). *Turbulens* inom fysiken kan definieras som:

”... en riktig soppa med oordning över alla skalor, små virvlar inuti stora virvlar. Det är instabilt. Det ger starka spridningseffekter, vilket innebär att turbulens åstadkommer energiförluster och motstånd. Det är rörelse som blivit slumpmässig.” (op cit sid 134)

En intressant fråga inom fysiken berör hur ett flöde kan förändras från jämnt till turbulent. När ett flöde är jämnt (eller slätt) slocknar små störningar, men när turbulensen väl har börjat ökar störningarna katastrofalt, vilket har studerats i laboratorier för t ex vatten och rök (ibid). Lik de flöden som studerats inom fysiken finns det knappast något materialflöde som är helt jämt. Turbulens kommer i sådana fall alltid finnas utefter ett materialflöde med ”energiförluster” och ”motstånd” som följd.

Vilka spridningseffekter de störningar som uppstår utefter tillverkande företags materialflöden leder till, är dock oklart. På samma sätt som störningar leder till ökad turbulens inom fysiken kan man förmoda att störningar leder till slumpmässiga rörelser för företag. Olika typer av företag är antagligen, liksom olika delar utefter ett företags materialflöde, exponerade för olika typer av störningar. Enligt Perrow (1979) exponerar sig tillverkningsavdelningen i ett företag mest för störningar och absorberar det mesta av omgivningens turbulens, eftersom den arbetar mot såväl inköps- som försäljningsavdelningen. Användningen av begreppen turbulens, energiförlust och motstånd skulle i företagsekonomiska termer kunna innebära att störningar leder till ökad risk, ökade kostnader och/eller minskade intäkter.

Ytterligare ett sätt att beskriva konsekvenserna av störningar är med begreppet *sårbarhet*. Följande definition av sårbarhet ges av sårbarhetskommisionen (Jagrén och Pousette, 1982):¹²

- Sårbarhet är ”såväl samhällets känslighet för störningar på grund av dess struktur och näringslivets uppbyggnad som dess åtkomlighet från en angripares sida”.

¹² Dahlberg och Platerud (1989) definierar sårbarhet som ”oönskade händelser som ger negativa konsekvenser”. Jag menar istället att en störning är en händelse, och att det är exponeringen för sådana händelser (störningar) som är avgörande för sårbarheten (se Jagrén och Pousette, 1982).

- Sårbarhet innebär ”bristande förmåga hos samhället att motstå och skydda sig mot våld, skadegörelse och andra påtryckningar”.
- Sårbarheten är hög om en störning kan ”medföra allvarliga konsekvenser för samhället ... med rimliga uppoffringar för angriparen”.

Med sårbarhet menas här hur känsligt hela samhällssystemet eller delar därav är för störningar (ibid).¹³ Tillverkande företag är en del av samhället och dessa företag kan vara mer eller mindre exponerade för störningar.¹⁴ Olika företag är alltså olika sårbara. Hur sårbarhet (eller turbulens) skall mätas när tillverkande företag studeras kan dock diskuteras. Enligt teori om statistisk processtyrning skulle konsekvenserna av störningar kunna redovisas som standardavvikelsen kring ett medelvärde.¹⁵ T ex med mått på kvalitet och tid. Måttet på sårbarheten är dock inte storleken på den via störning uppkomna skadan utan sårbarheten bestäms av hur stor den påföljande funktionsnedsättningen i systemet blir (Jagrén och Pousette, 1982). Ökad eller minskad sårbarhet är därmed ett sätt att uttrycka ett företags exponering för störningar. När graden av exponering för störningar är hög leder det till ökad sårbarhet. En ökad sårbarhet kan vidare förklaras på flera sätt (Jagrén och Pousette, 1982):

- Risken för störningar ökar
- Störningarna ger större skador
- Skadorna ger större funktionsnedsättningar
- Möjligheten att vidta motåtgärder minskar
- Motåtgärderna ger mindre effekt

¹³ Jag använder fortsättningsvis begreppet exponering istället för ”känslighet”.

Begreppet exponering behandlas mer ingående i avsnitt 5.1.

¹⁴ Vid införandet av JIT är det vanligt att antalet leverantörer reduceras. När endast en leverantör anlitas för att leverera en viss vara ökar sårbarheten, om detta företag av någon anledning inte kan leverera varor (Epps, 1995). Exempel på problem som kan uppstå har nyligen redovisats i samband med strejker och bränder (Epps, 1995; Minahan, 1996; Ny Teknik, 1997). Denna typ av problem behandlas dock i mindre utsträckning i föreliggande studie.

¹⁵ Jämför med avsnitt 4.1.1.

Då ett företag vanligtvis har fler intressenter och olika delar utefter ett företags materialflöde är exponerade för olika typer av störningar, är det vid identifiering av störningars konsekvenser av betydelse att veta *vem* eller *vilka intressenter* som drabbas negativt av störningen samt i vilken utsträckning. Hur vet vi, som exempel, att ett företag är sårbart för en viss störning om inte alla intressenter anser att de drabbas negativt av störningen ifråga och hur kan vi bedöma den funktionsnedsättning som en störning ger upphov till i ett sådant fall.

Antag som exempel att du touchar en stolpe på en parkeringsplats och lite färg skrapas av bilen. Detta skulle knappast kallas en störning (även om den är olycklig och konsekvensen negativ) om den inte störde (försenade) din fortsatta färd eller störde (avbröt) bilens/stolpens funktion (Perrow, 1984).¹⁶ För att betraktas som en störning måste skadan på objekt eller människor vara tillräckligt stor, där det med tillräckligt stor menas att skadan skall vara så omfattande att den avbryter den pågående eller framtida verksamhet, som krävs av objekten eller människorna. En störning involverar således:

”... *damage to a defined system that disrupts the ongoing or future output of that system*”. (op cit sid 64)

Skadan skall enligt Perrow (1984) avbryta pågående eller framtida ”*output*”. Vad som är systemets *output* kan dock variera från fall till fall. Jag har i kapitel 1 hävdad att företag bör styra sin hantering av störningar mot hög effektivitet. Detta innebär att såväl kostnader, kapitalbindning och intäkter som risk måste beaktas för att avgöra om en ”störning” verkligen är en störning. Om konsekvenserna av en störning inte är så omfattande kan en sådan störning benämnas en incident (Perrow, 1984).

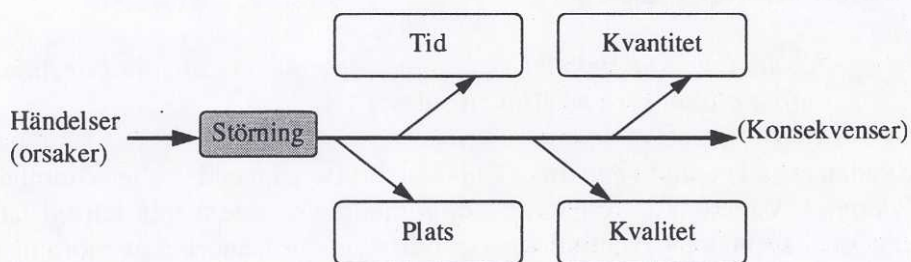
Även Frankel (1988) behandlar begreppet incident och skiljer mellan risk för att *incidenter* inträffar och risk för att *katastrofer* inträffar. Fall där sannolikheten för att en händelse skall inträffa är mycket liten, men kostnaden för händelsen kan vara oerhört hög, benämns katastrofrisk. Fall där sannolikheten för att en händelse skall inträffa är hög, men kostnaden låg, benämns incidenter.¹⁷ Vissa störningar (katastrofer) inträffar endast

¹⁶ Perrow använder begreppet ”*accidents*”. Jag använder begreppet störning för att bibehålla begreppsstringensen. Jämför med diskussionen i avsnitt 1.2.

¹⁷ En liknande indelning presenteras i White (1995). Grader av risk (konsekvenser) kan, enligt henne, delas in i *catastrophic*, *critical*, *marginal* och *negligible*. Förekomsten (sannolikheten för att den skall inträffa) kan delas in i *frequent*, *reasonably probable*, *occasional*, *remote* och *extremely unlikely*. Fall där såväl kostnaden som sannolikheten är hög bör givetvis benämnas katastrofer och fall

en gång, t ex jordbävningen i Kobe, varför det ej går att göra sannolikhetsstudier över sådana störningar.¹⁸ Andra störningar (incidenter) innebär kanske att små justeringar av maskininställningar eller att små ändringar av ritningar måste göras ofta, men dessa behöver inte kosta speciellt mycket. Katastrofer får, till skillnad från incidenter, ofta långsiktiga konsekvenser och kan ta lång tid att åtgärda.

Konsekvenser av störningar kan utifrån ovanstående diskussion och i likhet med "orsaker till störningar", anknytas till ett Ishikawa-diagram och få ett utseende som i figur 4.2 nedan.¹⁹ I figur 4.2 illustreras hur störningar (händelser) kan få konsekvenser på de centrala begreppen tid, kvantitet, plats och kvalitet.²⁰ I nästa avsnitt beskriver jag mer i detalj vilka konsekvenserna av olika störningar kan bli på dessa centrala begrepp. Konsekvenser av att det uppstår brister i dessa begrepp bör vidare leda till konsekvenser på företags avkastning och den risk de utsätter sig för.



Figur 4.2 Störningars konsekvenser på de centrala begreppen tid, kvantitet, plats och kvalitet

Med hjälp av statistisk processtyrning kan frekvensen av en störning följas upp och kopplas till ökad resursförbrukning (kostnader), ökad kapitalbindning eller i vissa fall intäktsbortfall. Nackdelen med såväl statistisk processtyrning som ett Ishikawa-diagram är (liksom begreppen turbulens och sårbarhet) att information inte ges om de ekonomiska konsekvenserna av en viss störning. Det blir då svårt, för att inte säga omöjligt, att avgöra huruvida hanteringen av störningar är effektiv. Mot bakgrund av detta påstående och diskussionen i kapitel 1, hävdar jag att

där såväl kostnaden som sannolikheten är låg benämns incidenter.

18 Sannolikheten för en jordbävning i Kobe ansågs i och för sig vara hög, men det gick inte att göra en sannolikhetsstudie över frekvenser.

19 Jämför med avsnitt 4.1.1.

20 Jämför med kapitel 1.

hanteringen av störningar bör styras mot hög effektivitet, vilket innebär att störningars konsekvenser på såväl avkastning som risk måste beaktas. Först då går det att avgöra om hanteringen av störningar blir effektiv.

4.1.3 Empiriska slutsatser avseende störningar

Begreppet störning definierades i kapitel 1 som en "önskad, slumpmässig händelse, som leder till avvikelser från en plan och vars konsekvenser är negativa för någon/några av planens intressenter". För att utveckla kunskapen om orsaker till störningar och vilka konsekvenser de får för tillverkande företags olika intressenter har, förutom litteraturstudier, intervjuer gjorts vid fyra tillverkande företag.²¹ Avsikten med detta avsnitt är, i enlighet med delsyfte ett, att beskriva och systematisera de störningar som identifierats i dessa företag utifrån definitionen av begreppet störning. De störningar som redovisas är de som respondenterna upplevde utefter respektive företags materialflöden.²² De identifierade störningarnas konsekvenser struktureras med avseende på begreppen tid, kvantitet, plats och kvalitet. I avsnitt 4.1.4 visar jag också hur orsaker till störningar kan struktureras med ett Ishikawa-diagram.

Sådana störningar som kan uppstå utefter tillverkande företags materialflöden är av störst intresse i föreliggande avhandling även om störningar orsakade av politiska beslut m.m. uppenbarligen anses orsakat negativa konsekvenser på svenska företags effektivitet²³ (SOU, 1991). Att störningar som respondenterna upplevt skiljer sig åt mellan företagen beror delvis på den konjunktur som rådde vid respektive intervjutillfälle, men även på företagets förutsättningar vid tillverkning. Informationen från intervjuerna kan således sägas vara såväl konjunktur- som verksamhetsberoende.²⁴

En viktig skillnad mellan de studerade företagen är hur mycket kapital som binds i lager och hur stor andel av företagets tillverkningskostnader som hänförs till förädling av insatsvaror. Förenklade figurer av de fyra företagens materialflöden visas i figurerna 4.3 - 4.6 nedan.²⁵ Hantverksföretagets och Verkstadsföretagets materialflöden är lika i det avseendet

²¹ Se kapitel 3, där valet av dessa företag behandlas.

²² Fullständig information finns i bilaga 5.

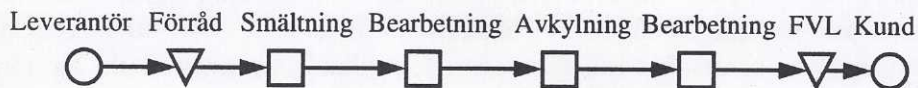
²³ Egentligen avses i SOU (1991) lönsamhet (avkastning).

²⁴ Därmed är även identifierade störningar och åtgärder konjunktur- och verksamhetsberoende. Konjunkturen 1992/93 var något svagare än 1990/91.

²⁵ En närmare beskrivning av företagen ges i kapitel 3 samt i bilagorna 3, 4 och 5.

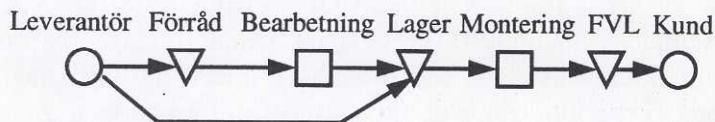
att fler bearbetningsmoment ingår i dessa företag jämfört med El-divisionens och Projektillverkarens materialflöden.

Hantverksföretaget (figur 4.3) binder lite kapital i sitt förråd, men bearbetningen av insatsvarorna kräver omfattande arbetsinsatser. Storleken på det kapital som binds i färdigvarulagret varierar beroende på säsongsvariationer och konjunkturläge.



Figur 4.3 Hantverksföretagets materialflöde

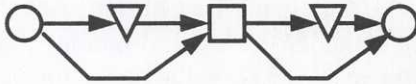
I Verkstadsföretagets (figur 4.4) förråd ligger olika insatsvaror. Insatsvaror köps även in till en andra lagerpunkt, där även bearbetade insatsvaror mellanlagras innan de monteras ihop. Färdigvarorna lagerhålls och levereras med jämna intervall till företagets kunder. Variationer i efterfrågan, bearbetningstid, etc förekommer mellan olika färdigvarugrupper.



Figur 4.4 Verkstadsföretagets materialflöde

El-divisionen (figur 4.5) förrådshåller vissa insatsvaror och köper in dyrare insatsvaror och "system", som ingår i färdigvaran. Montering sker mot kundorder och flertalet av de färdiga varorna levereras direkt till kund. Vissa insatsvaror och "system" lagerhålls i ett färdigvarulager och säljs som reservdelar.

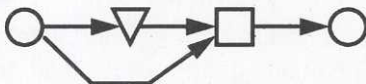
Leverantör Förråd Montering FVL Kund



Figur 4.5 El-divisionens materialflöde

Projekttillverkaren (figur 4.6) monterar ihop stora "system" (färdigvaror) och förrådshåller även många insatsvaror. Inköps- och produktionsplaneringen är omfattande, eftersom det tar lång tid för underleverantörerna att tillverka de insatsvaror som ingår i de färdigvaror Projekttillverkaren säljer. Färdigvaror säljs mot kundorder och inget färdigvarulager förekommer.

Leverantör Förråd Montering Kund



Figur 4.6 Projekttillverkarens materialflöde

4.1.3.1 Identifierade störningar vid inköp

Av de störningar som identifierats vid företagets inköp kommer följande tre störningar fortsättningsvis att fokuseras:

I. *Bristfällig kvalitet på köpta insatsvaror*

Sådana störningar gör att företagen köper in fler insatsvaror för säkerhets skull, vilket innebär en ökad kostnad för kapital bundet i lager. Den bristfälliga kvaliteten är i detta fall en störning orsakad av externa intressenter och händelser som inträffar externt. Sådana händelser är i vissa fall svåra att påverka. Påtagliga konsekvenser av störningen är kassationer senare utefter materialflödet, omplanering, övertidsarbete.

II. *Försenade leveranser*

Även försenade leveranser gör att företagen köper in fler insatsvaror för säkerhets skull, vilket ökar kostnaden för kapital bundet i lager. De försenade leveranserna är ofta svåra att påverka, eftersom de kan vara orsakade av såväl leverantörer och transportföretag som svåra väderförhållanden. Försenade leveranser av en insatsvara kan leda till att lagringstiden för andra insatsvaror blir längre, vilket ökar kostnaden för kapital bundet i lager. Andra påtagliga konsekvenser av störningen är ökad osäkerhet i planeringen, förseningar senare utefter materialflödet, köbildning vid bearbetning och montering samt försenade utleveranser till egna kunder.

III. *Konstruktionsändringar*²⁶

Vid konstruktionsändringar uppstår ett problem, där en leverantör kan uppfatta köparens ändringar som en störning. Leverantören måste ju ändra sin planering och eventuellt skjuta på sina utlovade leveransdatum. När en leverantör får problem att leverera kan det i sin tur upplevas som en störning hos det företag, som orsakade förseningen genom den ändrade konstruktionen. Konsekvenser av konstruktionsändringar kan vara försenade leveranser, ökad lagerhållning av andra insatsvaror samt högre transportkostnader.

De störningar som nämns ovan är de som flertalet av respondenterna främst ville undvika i samband med inköp av insatsvaror. Skillnader i vad som ansågs vara en allvarlig störning varierade dock mellan företagen. Konstruktionsändringar (III) drabbade främst EI-divisionen och Projekt-tillverkaren hårt. Dessa två företag drabbades även hårt av kvalitetsbrister (I) och leveransförseningar (II), eftersom företagens kostnader för kapital bundet i lager var mycket höga. Kvalitetsbrister (I) och leveransförseningar (II) ansågs även vara allvarliga störningar i Verkstadsföretaget.

Hantverksföretaget skilde sig från de övriga företagen på så sätt att endast bristfällig kvalitet på köpta insatsvaror (I) upplevdes som en störning. Brister i kvaliteten märks ibland först när insatsvaror bearbetats, vilket innebär att bristfällig kvalitet uppstår på delvis bearbetade insatsvaror, vilket i sin tur kan leda till kassationer.

Samtliga störningar påverkade flera av respondenterna i respektive företag negativt genom att de skapade irritation. Den som drabbas av en störning måste som exempel avbryta pågående arbete för att snabbt beställa nya

²⁶ En konstruktionsändring kan i och för sig betraktas som en åtgärd. För de intressenter som arbetar direkt med materialflödet har de dock upplevts som störningar. Konstruktörernas benämning är antagligen konstruktionsfel.

varor, planera om sekvensieringen i/mellan materialflöden och/eller finna nya arbetsuppgifter åt personal som blir sysslösa. Uppstår störningar frekvent måste mer tid användas till "brandkårsutryckningar", vilket ger mindre tid över åt den långsiktiga planeringen. Störningarnas negativa konsekvenser märks naturligtvis främst bland de intressenter som är involverade i inköpsprocessen. En negativ konsekvens är givetvis också det merarbete som krävs för att åtgärda en viss störning. Störningar förrycker även planeringsarbetet och kan skapa en försämrad arbetsmiljö.

Verkstadsföretaget med sina höga kvalitetskrav hade svårt att finna leverantörer med kommersiellt intresse av att tillverka de insatsvaror som behövdes, då kostnaderna för att tillverka dessa till önskvärd kvalitet ansågs för höga. Beträffande Verkstadsföretaget och EI-divisionen ansågs vissa störningar uppstå till följd av en felaktig organisationsstruktur, vilket i det ena fallet berodde på ett konkurrensförhållande mellan divisioner och i det andra fallet på att en annan division hade kontroll över varumottagning och lagerhållning. Eftersom EI-divisionen kände till denna situation är det dock inte att betrakta som en störning, även om situationen ger upphov till osäkerhet i planeringen.

Försenade leveranser orsakas inte enbart av leverantörerna utan kan även uppstå av bristfälliga ritningar inför konstruktionen av en färdigvara. Konstruktionsändringar (III) blir då fallet, vilket leder till ökade kostnader i flera avseenden och en allmänt stressad situation för de intressenter som utsätts för störningen. För Projektverkaren var detta särskilt märkbart då många leverantörer är inblandade, andelen standardiserade insatsvaror är lågt och kapitalbindningen för en färdigvara mycket hög. I detta fall räcker det att en liten detalj saknas för att konsekvenserna på företagets kapitalbindning och avkastning skall bli påtagliga.

Av de identifierade störningarna var de flesta direkt orsakade av externa intressenter. Störningar vid inköp ger därmed upphov till negativa konsekvenser i samband med samarbetet med leverantörer och företags lagerplanering av insatsvaror försvåras. I vissa fall var störningar dock indirekt orsakade av interna intressenter (t ex vid konstruktionsändringar).

Brigelius och Rosén (1990:a) delar i sin studie in de upplevda störningarna utefter materialflödet i fysiska flöden, informationsflöden och finansiella flöden. Inom de fysiska flödena identifierar de störningar som förknippas med volymer och satsstorlekar, ledtider och leveranssäkerhet, godskontroll samt lagring. Identifierade störningar i föreliggande studie överensstämmer med de störningar som identifierats i Brigelius och Roséns studie. De

störningar som identifierats får konsekvenser på begreppen tid, kvantitet, plats och kvalitet i följande avseende:

- | | |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fel tid | Insatsvaror som inte anländer i tid kan leda till brist och stopp vid bearbetning och montering. |
| Fel kvantitet | Fel kvantitet från leverantören kan leda till att nya beställningar måste göras, vilket förrycker produktionsplanerna och kan innebära att fel antal färdigvaror måste levereras till kund. |
| Fel plats | Insatsvaror ligger på fel plats och måste letas fram eller beställas på nytt. Förseningar senare utefter material-flödet är en konsekvens. |
| Fel kvalitet | Leverans av insatsvaror med fel kvalitet leder till brist och omleveranser eller kassationer vid bearbetning och montering. |

4.1.3.2 Identifierade störningar vid bearbetning och montering

Av de störningar som identifierats vid företagets bearbetning och montering kommer följande fyra störningar att fokuseras:

IV. *Maskinhaverier*

Maskinhaverier kan uppstå av att köpta insatsvaror är av dålig kvalitet. Maskinhaverier kan även bero på dåliga verktyg, bristfälligt underhåll, arbetsfel eller eftersatta investeringar. Maskinhaverier kan leda till dålig kvalitet på tillverkade varor och olyckliga variationer mellan utbud och efterfrågan. Maskinhaverier är en störning som orsakas av interna händelser. Det var främst i Verkstadsföretaget som maskinhaverier var allvarligt.

V. *Arbetsfel*

Arbetsfel kan bero på dåligt utbildad personal, slarv och/eller brister i maskiner och verktyg. Arbetsfel kan leda till dålig kvalitet på delvis tillverkade insatsvaror och/eller färdigvaror. Störningen uppstår alltid av interna händelser. Arbetsfel ansågs vara en mycket allvarlig störning hos Hantverksföretaget och Verkstadsföretaget.

VI. *Korttidsfrånvaro*

Den vanligaste orsaken till korttidsfrånvaro är naturligtvis sjukdomar av olika slag. En antydning till att denna frånvaro berodde på konjunkturläget liksom de ersättningsregler som gällde vid sjukdom, kunde skönjas hos respondenterna. Ytterligare en orsak till korttidsfrånvaro ansågs dålig arbetsmiljö vara. Det var främst i Verkstadsföretaget som korttidsfrånvaro nämndes som en störning, men även i Hantverksföretaget ansågs det allvarligt, om konjunkturläget varit ett annat vid intervju tillfället.

VII. *Materialbrist*

Materialbrist kan vara orsakad av leverantörers försenade leveranser eller leveranser av dålig kvalitet. Störningen är i detta fall orsakad av externa händelser. Materialbrist kan även uppstå av andra störningar inom företaget genom de förseningar och kassationer som då kan uppstå. Indirekt kan även konstruktionsändringar orsaka materialbrist.

Dålig fackkunskap ansågs ibland vara en störning i de studerade företagen. Om de som planerar i företaget har kännedom om att fackkunskapen är dålig måste de vid denna planering utgå från detta faktum. Därför kan, per definition, dålig fackkunskap inte betraktas som en störning. På samma sätt kan inte heller långtidsfrånvaro betraktas som en störning, eftersom företagen måste känna till detta och ha hunnit anpassa sig till situationen.

För El-divisionen och Projekt tillverkaren är de upplevda störningarna i stort sett samma som de vid inköp, eftersom monteringen är relativt okomplicerad och kostnaderna för köpta insatsvaror till monteringen svarar för en mycket stor andel av de totala tillverkningskostnaderna. El-divisionen och Projekt tillverkaren hade dessutom relativt få maskiner i förhållande till Hantverksföretaget och Verkstadsföretaget. Den försämring i konjunkturen som förelåg vid intervjuerna på Hantverksföretaget hade lett till permitteringar och en kraftigt minskad omsättningshastighet av varulagret. Konjunkturförsämringen är dock omöjlig att påverka på kort sikt, eftersom det är många händelser som på lång sikt försämrar en konjunktur. Då det är känt att konjunkturen är svag är detta inte att betrakta som en störning.

Maskinhaverier (IV) och arbetsfel (V) var två störningar som indirekt ansågs kunna vara orsakade av fackliga beslut eller direkt vara orsakade av principerna för lönesättning till de kollektivanställda. Speciellt märkbar var den senare orsaken, när lönen baseras på det antal färdigvaror som tillverkas oberoende av dess kvalitet. Konsekvensen av dessa störningar

var, förutom ökade kostnader och minskade intäkter från försäljning, att personalens arbetstillfredsställelse sjönk när bearbetade varor måste kasseras, maskiner ständigt repareras och arbetstider ändras. Låg arbetstillfredsställelse ansågs dessutom kunna leda till korttidsfrånvaro (VI) och ökad slutandefrekvens. Hög arbetstillfredsställelse ansågs vara en av orsakerna till att korttidsfrånvaron (VI) var låg i Projektstillverkaren. Materialbrist (VII) ansågs ofta vara orsakad av störningar vid inköp. Materialbrist (VII) kan även förklaras av konstruktionsändringar och ändrade kundönskemål. De störningar som identifierats vid de studerade företagens bearbetning och montering är främst orsakade av interna händelser.

Brigelius och Rosén (1990:a) grupperar störningarna i de fysiska flödet i avdelningar och layout, genomloppstider och ställtider, kapacitet/flaskhalsar samt seriestorlekar. De störningar som jag identifierat utgör endast en bråkdel av de som finns representerade i deras studie. Detta beror delvis på skillnader i definitionen av begreppet störning och/eller på det konjunkturläge som rådde vid tiden för respektive studie. Störningar vid bearbetning och montering får konsekvenser beträffande begreppen tid, kvantitet, plats och kvalitet i följande avseende:

- | | |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fel tid | Maskinhaverier och korttidsfrånvaro kan leda till att genomloppstiden för att tillverka en färdigvara förlängs, vilket ökar tillverkningskostnaderna och kapitalbindningen i insats- och färdigvaror. Arbetsfel och maskinhaverier leder till dålig tillverkad kvalitet och till omproduktion och förseningar. |
| Fel kvantitet | Fel tillverkad kvantitet leder till omproduktion och nya omställningar av maskiner etc, vilket ökar tillverkningskostnaden för en färdigvara. Även korttidsfrånvaro, maskinhaverier och arbetsfel kan leda till att fel kvantitet tillverkas. |
| Fel plats | Bearbetade insatsvaror som ligger på fel plats måste letas fram, vilket orsakar förseningar. |
| Fel kvalitet | Dåligt tillverkad kvalitet leder till omproduktion eller senare reklamationer från företagens kunder. Försenade leveranser till kund är en annan konsekvens av dåligt tillverkad kvalitet. |

För de studerade företagen kan noteras att Hantverksföretaget saknade montering. Verkstadsföretaget hade såväl egen bearbetning som montering. El-divisionen och Projektillverkaren monterade däremot enbart ihop köpta insatsvaror. Dessa skilda förutsättningar gör att de negativa konsekvenserna av olika störningar skiljer sig åt.

4.1.3.3 Identifierade störningar vid försäljning

Av de störningar som identifierats vid företagets försäljning kommer följande två störningar fortsättningsvis att fokuseras:

VIII. *Dålig kvalitet*

Dålig kvalitet på färdigvarorna leder till returer och omarbete eller kassationer. Dålig kvalitet kan vara orsakad av leverantörer eller av andra händelser inom företaget. För Hantverksföretaget och Verkstadsföretaget var arbetsfel en viktig orsak till dålig kvalitet. Här är störningen orsakad av interna händelser och mycket kostsam när den bristande kvaliteten upptäcks sent. Ännu värre är det när kunden upptäcker kvalitetsbrister. När färdigvaror av bristfällig kvalitet identifieras sent utefter företags materialflöden kan det bli mycket kostsamt, eftersom förädlingsvärdet hela tiden ökar.

IX. *Ändrade kundönskemål*²⁷

Ändrade kundönskemål leder till konstruktionsändringar, vilket kan betraktas som en störning orsakad av externa händelser. Kundens ändrade önskemål kan bli kostsamma även om de verkar vara obetydliga. Det var främst respondenterna hos Projektillverkaren som upplevde denna störning. Antalet ändringar påverkar tillverkningskostnaden för en färdigvara genom att omkostnader ökar och förseningar uppstår. I vissa fall ökar även kostnaden för kassationer om lagerhållna insatsvaror blir föråldrade.

En grundläggande affärsidé för samtliga fyra företag var att kundernas önskemål skall tillfredsställas. I vissa fall upplevdes obalans mellan efterfrågan och utbud som en störning, vilket ansågs kunna uppstå av kundens ändrade önskemål eller dåliga prognoser från företagets sida. Respondenterna i Hantverksföretaget ansåg sig vara speciellt exponerade för sådana störningar. Att efterfrågan varierar på detta sätt är dock ej att

²⁷ Respondenterna menade ofta att konstruktionsändringar, orsakade av kunderna, var en störning. Denna störning har således vissa likheter med störning III, vilken orsakas av interna konstruktionsfel.

betrakta som en störning, enligt min definition av störning, utan snarare som brus.²⁸

Att kunderna ändrade sina önskemål ansågs bland annat vara en störning när leveranstiderna önskades kortare än normalt eller specialkonstruktioner önskades efter det att kontrakt skrivits. Att kunder ändrar sina önskemål kan indirekt vara orsakat av för generösa avtal (kontrakt) gentemot kunderna. Det var främst Projektverkaren och till viss del El-divisionen som utformade detaljerade kontrakt med såväl kunder som leverantörer. Projektverkaren kunde som exempel bli tvungen att betala stora böter till sina kunder vid försenade leveranser. Om en grundläggande affärsidé för företaget är att tillfredsställa sina kunders behov bör de avvikelser som orsakas av kundernas agerande inte betraktas som störningar. Även ändrade kundönskemål som leder till positiva konsekvenser i form av ökade intäkter från försäljning, är inte att betrakta som störningar.

Ändrade kundönskemål (IX) kan leda till konstruktionsändringar, omarbete och att nya insatsvaror måste beställas från nya leverantörer. Detta är både tidskrävande och kan även försena leveranser till andra kunder, genom att planerad bearbetning och montering förrycks. Dessa störningar kan alltså leda till att företaget stör sina kunder.

Brigelius och Rosén (1990:a) delar in upplevda störningar vid försäljning i valet av distributionskanal, försäljningsform, leveranstider, transportmedel och emballage. Bland de störningar de identifierat fanns ett flertal fall där kunderna störs av det säljande företaget. Det fanns också flera fall där kunden anses orsaka störningar. Sålunda kan störningar vid försäljning vara orsakade av såväl interna som externa händelser, beroende på vilken utgångspunkt som tas.²⁹ Ändrade kundönskemål leder till fördröjd bearbetning och montering och eventuellt till sena leveranser till andra kunder. Därför bör det för varje företag vara av intresse att genom kontrakt försöka kompensera sig för de ändringar som kunden gör.

Störningar vid försäljning är liknande de vid inköp med den skillnaden att kunden störs på samma sätt som det säljande företaget störs av sina leverantörer. Några identifierade konsekvenser av störningar vid försäljning, med avseende på begreppen tid, kvantitet, plats och kvalitet är:

²⁸ Jämför med kapitel 1.

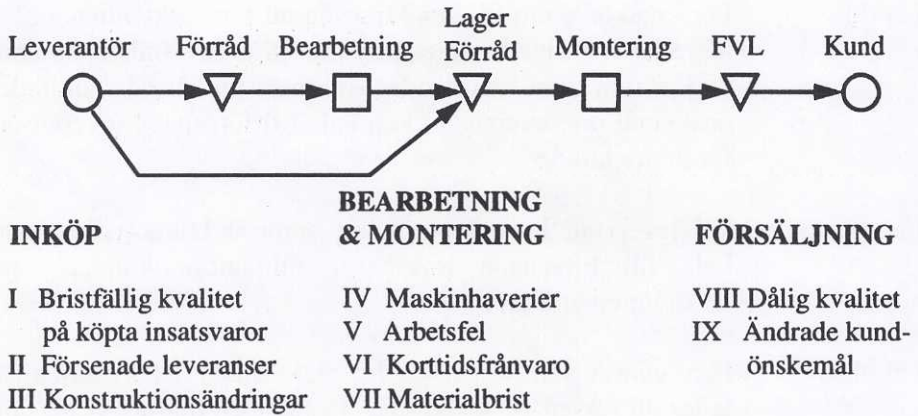
²⁹ Det är tveksamt om kunderna kan anses störa företaget, eftersom tillfredsställelse av kundernas önskemål är grundläggande drivkrafter för hög effektivitet i nästan alla företag.

- Fel tid Försenad leverans till kund innebär att servicekvaliteten blir lägre än förväntad, vilket kan innebära att konkurrenterna kan stärka sina marknadspositioner. En kunds ändrade önskemål om leveranstid kan leda till försenade leveranser för andra kunder.
- Fel kvantitet Fel levererad kvantitet innebär omproduktion, vilket kan leda till försenade leveranser till andra kunder, om kapaciteten är knapp.
- Fel plats Färdigvaror som ligger på fel plats måste letas fram och leder till försenade leveranser. Personalen måste i detta fall sysselsätta sig med icke-värdeskapande aktiviteter.
- Fel kvalitet Leverans av bristfällig kvalitet till kund kan leda till reklamationer med omarbetning och/eller kassationer som följd.

Flera orsaker till att företaget stör sina kunder är de andra störningar som identifierats utefter företagets materialflöden. Att reklamationer och kassationer uppstår vid/innan försäljning till kunderna kostar vanligtvis mer än om kassationer uppstår tidigt utefter ett materialflöde.

4.1.4 Sammanfattning och slutsatser avseende identifierade störningar

De viktigaste frågorna inför den empiriska studien rörde identifiering av vem som anser sig drabbad av olika störningar, orsaker till sådana störningar och efterföljande konsekvenser av desamma. Begreppen rätt tid, kvantitet, plats och kvalitet har använts för att beskriva hur störningar på olika sätt leder till negativa konsekvenser för tillverkande företag. De empiriska erfarenheterna har även jämförts med de resultat som Brigelius och Rosén (1990:a) kom fram till i sin studie. Det kan konstateras att respondenterna upplevt ett flertal olika händelser som störningar. Utifrån definitionen av begreppet störning har jag valt att beskriva de störningar som var *vanligast förekommande* i företagen och de som respondenterna främst ville undvika. En överblick över dessa störningar ges i figur 4.7.



Figur 4.7 Identifierade störningar utefter företagets materialflöden

De störningar som uppstår utefter tillverkande företags materialflöden påverkar de mål som företagen eftersträvar i flera olika avseenden. Klart är att dålig kvalitet i olika avseenden är en vanlig och allvarlig konsekvens av störningar, eftersom det kan leda till högre kostnader, högre kapitalbindning och lägre intäkter än planerat. Hos El-divisionen och Projekt tillverkaren var bristfällig kvalitet av köpta insatsvaror och leveransförseningar mycket allvarliga störningar, eftersom kostnaderna för färdigvarorna främst hänfördes till köpta insatsvaror. Hos Hantverksföretaget och Verkstadsföretaget uppstod oftare allvarliga störningar vid bearbetning och montering av insatsvaror än hos de två andra företagen.

Även om det finns vissa skillnader avseende vilka av ovan nämnda störningar som upplevdes i de fyra företagen, finns det också vissa likheter. Förekomsten av de *identifierade störningarna* i de studerade företagen sammanfattas i tabell 4.1 nedan.

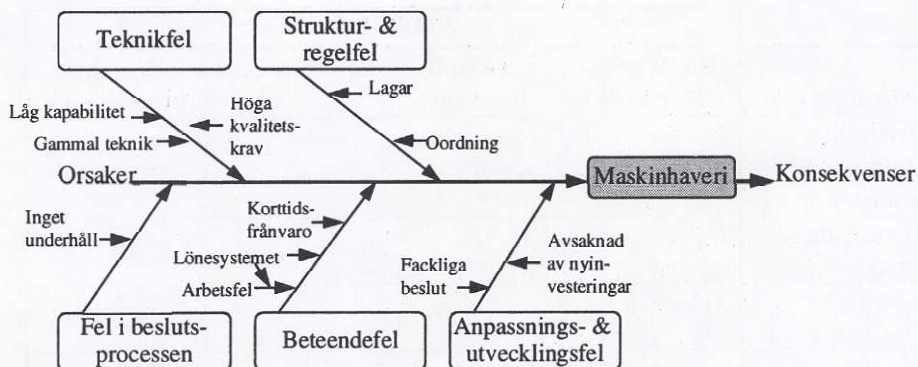
Störning:	FÖRETAG			
	Hantverks- företaget	Verkstads- företaget	El-divisionen	Projekt- tillverkaren
Bristfällig kvalitet på insatsvaror	F	F	F	F
Försenade leveranser		F	F	F
Konstruk- tionsändringar			F	F
Maskin- haverier	F	F		
Arbetsfel	F	F	(F)	(F)
Korttids- frånvaro	(F)	F	(F)	(F)
Materialbrist		F	F	F
Dålig kvalitet	F	F		
Ändrade kundönskemål				F

F = Förekomst av störningar vid intervjutillfället.

(F) = Dessa störningar förekom tidigare, men upplevdes ej vara störningar vid intervjutillfället.

Tabell 4.1 Förekomst av störningar i de studerade företagen

Störningar kan delas upp i de som orsakas av externa händelser och de som orsakas av interna händelser. Störningar orsakade av externa händelser är ofta orsakade av ett företags leverantörer. Interna störningar kan i sin tur vara orsakade av sådana externa störningar. Interna störningar leder vidare till såväl interna som externa konsekvenser genom att företaget stör egna avdelningar utefter sina materialflöden samt sina kunder. I avsnitt 4.1.1 visades hur företag kan analysera orsaker till olika störning med hjälp av ett *Ishikawa-diagram*. I figur 4.8 ges exempel på hur en sådan analys kan göras för ett maskinhaveri. Orsakerna är de som förespråkades i avsnitt 4.1.1. Med konsekvenser avses i figur 4.8 konsekvenser på såväl de centrala begreppen tid, kvantitet, plats och kvalitet, som konsekvenser på avkastning och risk.



Figur 4.8 Exempel på Ishikawa-diagram över orsaker till ett maskinhaveri

Den kapitalrationalisering som förespråkas i litteraturen om JIT, bör (ceteris paribus) leda till högre avkastning till ägarna av ett företag. En reducering av lagernivåer leder å andra sidan till att exponeringen för störningar ökar. Förekomst av störningar kan leda till såväl positiva som negativa konsekvenser på kapitalbindningen i ett företags kapitalbindning. Beträffande de centrala begreppen tid, kvantitet, plats och kvalitet kan störningar leda till följande negativa konsekvenser på kapitalbindningen.

Insatsvaror kan levereras in för sent (fel tid), vilket innebär leveransförseningar senare utefter materialflödet. Insatsvaror blir då liggande, vilket ökar kapitalbindningen. Å andra sidan binds inte kapital av de insatsvaror som levereras för sent, varför det är svårt att säga om en leveransförsening är ensidigt negativ för ett företags kapitalbindning. Fel kvantitet kan levereras in, vilket leder till att material, som skall bearbetas och/eller monteras måste vänta, vilket ökar kapitalbindningen. Insatsvaror ligger på fel plats och måste letas fram, vilket kan leda till förseningar. Varor som inte hittas binder kapital. Dålig kvalitet leder till ombeställningar, eftersom insatsvaror inte kan användas. Kassationer kan dessutom uppstå senare utefter materialflödet.

Företagens *kostnader* påverkas också i olika avseenden av störningar. Kostnaderna kan t ex öka om varor ligger på fel plats och måste letas fram. Är insats- och/eller färdigvarors kvalitet bristfällig måste de omarbetas, vilket ökar tillverkningskostnaden. Alternativen är annars att kassera varan eller i vissa fall att sälja den till ett lägre pris. Ökad korttidsfrånvaro innebär ofta att antalet anställda måste hållas högre än planerat, enligt en optimal plan, och att antalet färdigvaror som kan tillverkas per anställd

minskar, Att personalen erhåller bonus, som baseras på den mängd varor som tillverkas ansågs vara en indirekt orsak till många störningar. Ett sådant lönesystem kan leda till ökade tillverkningskostnader.

Störningar kan också leda till negativa konsekvenser med avseende på företagets *intäkter* om service och kvalitet försämras. Om färdigvaror av bristfällig kvalitet levereras kanske kunden inte kan utnyttja den köpta varan som planerat. Kunden kommer antagligen inte att betala för en färdigvara av bristfällig kvalitet förrän felet är åtgärdat. Om störningen är allvarlig kan detta innebära att kunderna inte återkommer, vilket på längre sikt kan få mycket allvarliga konsekvenser.

Jag har tidigare hävdad att en ensidig fokusering på kapitalrationalisering kan vara negativ i företags strävan efter hög effektivitet. I kapitel 5 presenteras ett mått som kan användas för att analysera störningars konsekvenser mot bakgrund av detta mål. Hur de nio störningar (I-IX) som presenterats i detta kapitel kan analyseras mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk, behandlas därefter i kapitlen 6 och 7.

4.2 Klassificering av åtgärder

Planeringen av tillverkande företags materialflöden utgår i de enklaste fallen från att dessa flöden är fria från osäkerhet och därmed fria från störningar. Det förekommer dock en mängd olika störningar utefter dessa flöden, där några vanligt förekommande identifierats i föreliggande studie. Inom ramen för ett företags planering måste bland annat, för att på något sätt hantera uppkomna störningar, olika typer av åtgärder vidtas. Vilka olika typer av åtgärder som kan vidtas för att hantera olika störningar kommer i detta avsnitt att behandlas.

Då förutsättningarna för att tillverka varor skiljer sig åt mellan företag, varierar störningars konsekvenser mellan dem. Således bör även lämpligheten av att vidta en viss åtgärd för att hantera en viss störning variera mellan olika typer av företag. Vad som är en lämplig åtgärd kommer också att variera beroende på vem som väljer åtgärd. Störningar som orsakas av en leverantör kan t ex innebära att denna leverantör drar nytta av sin "möjlighet" att försena den egna leveransen. Leverantören kanske inte är intresserad av att åtgärda den hos kunden upplevda störningen. Samtidigt uppstår negativa konsekvenser hos kunden och kanske för någon/några andra intressenter. En viktig uppgift för de som

drabbas av störningar är att med olika åtgärder hantera dessa störningar genom att de (störningarna) elimineras eller att deras konsekvenser åtminstone reduceras. Det måste då klargöras *vilka åtgärder* som kan vidtas, *vem* som skall åtgärda vilken störning och *hur* åtgärden kan finansieras.

I de fall speciella krav från kunderna inte föreligger, innebär valet mellan olika åtgärder att en *prioritering* måste göras. Vilken åtgärd som prioriteras framför en annan kan dock variera mellan olika intressenter. Åtgärder kan t ex vidtas av någon som orsakar en störning eller av någon som drabbas. Detta innebär att en åtgärd som vidtas mot samma slags störning kan finansieras på olika sätt (t ex genom lagerhållning hos en intressent eller förebyggande underhåll hos en annan intressent). Olika åtgärder kan dessutom leda till olika konsekvenser på lång eller kort sikt. Innan valet av åtgärd görs måste förslag på åtgärder för att hantera respektive störning finnas. En bedömning av vilka konsekvenser åtgärdena resulterar i måste också vara klargjort.

4.2.1 Konsekvensinriktade åtgärder

Den litteratur som behandlar åtgärder mot störningar och likartad planering (t ex planering under osäkerhet) är mycket omfattande och har långa traditioner. Det är inom ramen för föreliggande studie inte möjligt att göra en fullständig beskrivning av denna litteratur. I detta avsnitt har jag dock tänkt nämna några åtgärder som jag har valt att kalla *konsekvensinriktade åtgärder*. Dessa "klassiska" åtgärder finns väl beskrivna utifrån olika infallsvinklar (Buffa och Traubert, 1972; Evans, 1993).

För att återgå till litteraturen om störningar har Lindau och Lumsden (1993) delat in åtgärder för att hantera störningar i fyra grupper.³⁰ Om tiden för inleverans från en leverantör varierar kan en *säkerhetstid* införas som åtgärd. Om inlevererad kvantitet varierar kan förutom säkerhetstid även ett *säkerhetslager* hållas. Om tiden för inleveranser varierar och dessutom inte är balanserad mot efterfrågan kan *säkerhetskapacitet* införas. Dessa tre "klassiska" åtgärder ökar säkerheten i företagets planering. Den fjärde åtgärden, som är vanlig vid alla typer av störningar, är *omplanering* av verksamheten. Denna omplanering sker i flera fall genom så kallade brandkårsutryckningar.

³⁰ Se även Lindau och Lumsden (1995).

Ytterligare en konsekvensinriktad åtgärd är att förbättra *inspektionen* av varors kvalitet, om kvaliteten på insatsvarorna varierar. Störningar som innebär såväl tidsförseningar som kvalitetsbrister kan också innebära att anställda måste arbeta *overtid*, vilket är en vanlig åtgärd i praktiken. Maskinhaverier är en vanlig störning som nämns i litteraturen, vilken kan åtgärdas med *reparation* (underhåll) av maskinerna. En reparation som görs efter det att ett maskinhaveri inträffat kan benämnas löpande underhåll.³¹

Även om jag inte i detalj går in på teorierna kring ovanstående nämnda åtgärder, kan det konstateras att dessa åtgärder ofta är konsekvensinriktade. Med konsekvensinriktade åtgärder försöker företag öka säkerheten i sin planering, genom att konsekvenserna reduceras. Dessa åtgärder är främst inriktade mot kortsiktig reduktion av störningars konsekvenser. Exponeringen för störningar kan alltså kvarstå till viss del. Genom att införa konsekvensinriktade åtgärder som säkerhetslager och säkerhetstid, kan företag undvika att störningar fortplantar sig i företagen, genom att de absorberas i buffertar av olika slag.

4.2.2 Orsaksinriktade åtgärder

Till skillnad från ovanstående åtgärder, som är konsekvensinriktade, förespråkas i litteraturen om JIT att företag skall reducera sin lagerhållning (och annat slöseri) för att exponera sig för störningar. Därigenom kan orsakerna till störningar identifieras för att elimineras med hjälp av olika åtgärder. Under senare år har ett flertal åtgärder inriktade mot sådana kvalitetsförbättringar utvecklats. Dessa åtgärder innefattas bland annat inom principen JIT och kan t ex innebära att företagen, genom att exponera sig för störningar, kan lära sig att hantera dessa. Begrepp som förknippas med kvalitetsförbättrande åtgärder är bland annat statistisk processtyrning, kvalitetsrevision, Ishikawa-diagram, kvalitetscirkel och Total Quality Management (TQM) (Riggs och Felix, 1983; Sandholm, 1988; Strand, 1989; Spencer, 1994).³²

Kvalitetsförbättrande åtgärder (åtgärdsprogram) kan, enligt Schonberger (1982), sammanfattas i två överlappande strategier: *just-in-time*

³¹ Reparationer kan även vara förebyggande, vilket beaktas i nästa avsnitt. Den litteratur som behandlar underhåll är mycket omfattande och kan inte i detalj behandlas i föreliggande studie.

³² Dessa och andra åtgärder behandlas mer i detalj i litteratur om JIT. Vissa av dessa orsaksinriktade åtgärder kanske främst ger resultat på lång sikt. Jämför även med avsnitt 4.1.1.

produktion (JIT) och *total quality control* (TQC). Målet med strategierna är att minimera slöseri av olika slag, vilket i och för sig är förknippat med en mängd olika åtgärder.³³ Fördelarna med strategierna är många. I kapitel 1 visades att JIT ofta är inriktad mot eliminering av lagernivåer, vilket kan leda till ökad avkastning. Ökat risktagande (genom att exponeringen för störningar ökar) är en kritik jag framför mot en alltför ensidig fokusering på kapitalrationalisering.

För att beskriva hur en kontinuerlig reduktion av lagernivåer (kapitalrationalisering) kan synliggöra olika störningar, så att företag kan lära sig åtgärda dessa när de uppstår, används ofta likheten med ett vattenflöde eller en sjö. Genom att gradvis reducera lagernivåer utefter ett materialflöde tvingas problem upp till "ytan". Därigenom hävdas det att en garanti fås, för att företag verkligen tar itu med de svagaste punkterna (Shingo, 1984). Sänkta lagernivåer antas på så sätt stimulera förändringar i företag, så att förekomsten av störningar kan reduceras. Dessutom frigörs kapital bundet i varulager, vilket kan leda till förbättrad avkastning (De Treville, 1987; Inman och Mehra, 1993; Bäcklund, 1994; Balakrishnan et al, 1996).

Enligt litteratur om JIT gäller det att skapa sådana förutsättningar i tillverkningen att företag kan arbeta störningsfritt med minimala lager (Shingo, 1984). En reduktion av lagernivåer ökar dock företags exponering för olika störningar utefter ett materialflöde på kort sikt. Detta innebär att investeringar måste göras i andra resurser än just lagerhållning. En reduktion av lagernivåer innebär också att företag måste anpassa sig till den ökade exponeringen för olika störningar, genom att lära sig hantera dem (De Treville, 1987).

Genom att vidta olika former av åtgärder kan många störningar elimineras och dess konsekvenser därigenom reduceras. Företag kan t ex reducera genomloppstider i tillverkningen, göra förebyggande underhåll för att minska antalet maskinhaverier och kassationer, anpassa tillverkningen till varierande efterfrågan genom att investera i flexiblare produktionsutrustning (Hassan och Kinard, 1992; Inman och Mehra, 1993; Ramarapu et al, 1995).³⁴ I den omfattande litteratur som behandlar JIT förespråkas framför allt denna typ av orsaksinriktade åtgärder. Orsaksinriktade åtgärder är, till skillnad från konsekvensinriktade åtgärder, inriktade mot långsiktig reduktion av störningars konsekvenser. För att denna typ av åtgärder skall kunna göras jämförbara med konsekvensinriktade åtgärder, krävs att utgifterna för dem periodiseras på lämpligt sätt.

³³ Därav följer att strategierna kanske snarare bör kallas åtgärdsprogram.

³⁴ Jämför med figur 1.2.

4.2.3 Kontrakt som åtgärd

Förutom att investera i åtgärder av ovanstående slag, kan företag försäkra sig genom att formulera olika former av *kontrakt*. Kontrakt skrivs vanligtvis mellan två eller flera intressenter vid extraordinära beslutssituationer. När det finns risk för att störningar kan inträffa, kan dessa behandlas i sådana kontrakt. Genom att extraordinära situationer kontrakteras, kan kompensation ges för de negativa konsekvenser som kan uppstå om en störning inträffar, dvs om det planerade utfallet uteblir. Säkerhet kan på så sätt skapas genom kontrakt, där ersättning utgår till en intressent, vid felaktigheter från en annan intressent (Williamson, 1986). Även speciella strukturer över styrningen av ett företag kan kontrakteras, där strukturerna kan utformas i syfte att reda upp potentiella störningar. Kontrakt kan även utgöras av regler och ge signaler om löpande förhållanden avseende störningar (ibid). Om kontrakt utformas på detta vis bör orsakerna till störningar kunna elimineras.³⁵

En svårighet vid formulering av kontrakt är att bestämma vilken information som skall ingå i kontraktet. För att åtgärder snabbt skall kunna sättas in av rätt intressent måste information om störningar snabbt finnas tillgänglig. Mellan tillverkande företag och deras leverantörer kan t ex kontrakt formuleras för att gälla levererad kvantitet och varors kvalitet, tillverkningsdag, leveransdag, innehållsdeklaration, pris, betalningsdatum, garantier etc. Att köpa en vara utan att teckna något kontrakt bör innebära att kunden accepterar försämringar i form av förseningar, sämre kvalitet etc. För att undvika sådana oönskade försämringar bör kontrakt kunna formuleras, som gör att kunden kan kompenseras med att varan köps till ett lägre pris.

Ytterligare en svårighet vid formulering av kontrakt är att de aldrig kommer att vara kompletta hur de än utformas, eftersom kompletta kontrakt innebär att de intressenter som tecknar ett kontrakt måste binda sina beteenden för ett mycket stort urval av händelser. Händelser som vid en beslutssituation inte kan förutses kan inte heller specificeras i kontrakt och inte heller beteendet när dessa icke-förutsedda händelser inträffar (Baiman, 1990). Vissa störningar kan vara sådana händelser som inte går att förutsäga.

³⁵ Vid införandet av JIT formuleras ofta långa kontrakt med leverantörer (Epps, 1995). Nackdelar som framförs med sådana kontrakt, är att förutsättningarna för att sätta marknadsbaserade priser kan försvinna, kreativiteten hos leverantören kan försämrats samt att kostnaderna för att byta leverantör kan bli betydande (Waters, 1995).

För att kunna formulera kontrakt måste de intressenter som ingår i ett kontrakt också kunna skilja på kontrakterbara och icke-kontrakterbara händelser. *Kontrakterbara händelser* kan vara externa händelser som inträffar ex post och gör säljarens åtagande omöjliga.³⁶ Säljarens fabrik kan som exempel brinna ned eller det kan inträffa någon händelse som hindrar säljaren att köpa en insatsvara från sina leverantörer. Att leverantören inte kan leverera vid en sådan störning behöver (i ett sådant fall) inte nödvändigtvis innebära att leverantören skall kompensera köparen för den sena (uteblivna) leveransen.³⁷

De intressenter som ingår i kontrakt kan alltså formulera kontrakten så att de är försäkrade mot konsekvenserna av de *externa händelser* som kan inträffa, som skulle kunna hindra genomförandet av kontraktet. Om intressenterna är lika (symmetriskt) informerade om sannolikheten för att sådana externa händelser skall inträffa, kan risken att händelserna påverkar den fysiska möjligheten för en intressent att genomföra kontraktet ofta kontrakteras (Schwartz, 1992). Dessutom är förekomsten av externa händelser verifierbar. Sådana kontrakt kan som exempel innehålla en *force-majure*-klausul som ursäktar säljaren vid brand, jordbävning, krig etc. Denna typ av kontrakt är konsekvensinriktad. Kontrakt kan således fungera antingen som en orsaksinriktad eller som en konsekvensinriktad åtgärd.

4.2.4 Empiriska slutsatser avseende åtgärder

Störningar som förekommer i logistiska system leder vanligtvis till att olika former av åtgärder måste vidtas. Genom att säkerhetslager av insats- och färdigvaror eller säkerhetskapacitet (t ex mer personal) hålls ökar företags kapitalbindning och deras avkastning till ägarna försämras. Ett alternativ till att hålla lager är att eliminera lagerhållningen (kapitalrationalisera) och vidta orsaksinriktade åtgärder. Ett problem för företagen måste här vara att veta hur effektiva olika åtgärder är i förhållande till varandra eller om en viss störning ej åtgärdas.

Vid besöken på de fyra företagen söktes förslag på åtgärder mot de störningar som respondenterna angav. På samma sätt som det finns vissa likheter mellan förekomst av störningar i företagen, finns det vissa likheter mellan de förslag som framkom för hur störningar kan hanteras med olika

³⁶ En *icke-kontrakterbar händelse* kan till skillnad från kontrakterbara händelser vara att kontraktera priset på en färdigvara, som en funktion av kostnaden för leverantören att tillverka varan ifråga (Schwartz, 1992).

³⁷ Jämför med det juridiska begreppet "force majeure".

åtgärder. Likheter fanns mellan Hantverksföretaget och Verkstadsföretaget, vilket också kan förväntas. Detsamma gäller de likheter som fanns mellan El-divisionen och Projekttillverkaren.

För att kunna hantera störningar på ett effektivt sätt är det viktigt att samla in och analysera information om störningarna i fråga. Detsamma gäller förslag på lämpliga åtgärder. En och samma störning kan ofta hanteras på olika sätt och det är inte säkert att valet av åtgärd blir det samma i två skilda företag. Dessutom kan bakomliggande orsaker till att en störning uppstår påverka valet av åtgärd.

Det finns enligt min mening två grundläggande skillnader mellan konsekvensinriktade och orsaksinriktade åtgärder. Konsekvensinriktade åtgärder är inriktade mot att försöka lindra konsekvenserna av olika störningar med hjälp av buffertar (t ex säkerhetslager). Vid införandet av JIT förespråkas istället att buffertar, så som säkerhetslager, reduceras eller allra helst elimineras, så att orsaker till störningar kan elimineras med hjälp av orsaksinriktade åtgärder. Till dessa åtgärder kan kontrakt läggas, vilket är en form av åtgärd som kan vara såväl konsekvens- som orsaksinriktad. I tabell 4.2 sammanfattas respondenternas föreslagna åtgärder, mot bakgrund av indelningen i de två klasserna konsekvens- och orsaksinriktade åtgärder.

Av tabell 4.2 framgår att det ofta finns en stor mängd åtgärder för att hantera en och samma störning. Huruvida åtgärderna är rätt klassificerade kanske kan diskuteras. I vissa fall kan en åtgärd (t ex justering av priser i ett kontrakt) vara såväl konsekvens- som orsaksinriktad. De förslag på åtgärder som respondenterna angett är ingen fullständig lista över alla typer av åtgärder som finns, men de ger en föreställning om det problem som kan uppstå vid hantering av störningar. Företag behöver inte bara prioritera bland störningar som skall hanteras utan även vid valet av åtgärder uppstår ett prioriteringsproblem.

STÖRNING	ÅTGÄRD	
	Konsekvensinriktad (klassisk)	Orsaksinriktad (principen JIT)
Bristfällig kvalitet på insatsvaror	- Lagerhållning - Justera priser	- Byte av leverantörer - Bättre samarbete med leverantörer
Försenade leveranser	- Lagerhållning - Justera priser	- Byte av leverantörer - Bättre samarbete med leverantörer
Konstruktions- ändringar	- Prissätt ändringar i konstruktionen	- Bättre planering - Förenkla konstruktionen - Låt leverantörer konstruera insatsvaror
Maskinhaverier	- Lagerhållning	- Utbildning - Bättre informationshantering - Investera i nya maskiner - Bättre ordning och reda - Förbättrat underhåll - Planering av verktygsanvändning
Arbetsfel	- Lagerhållning	- Delegera ansvar - Utbildning - Prissätt kunskap och inför som del av lönen - Anställ mer personal - Förbättrad avsyning - Bättre informationshantering - Bättre ordning och reda
Korttidsfrånvaro	- Övertidsarbete	- Förbättra arbetsmiljön - Inför närvaro som en del av lönen
Materialbrist	- Lagerhållning - Reparation	- Bättre samarbete med leverantörer - Bättre konstruktionsunderlag
Dålig kvalitet	- Sänk priser	- Hantera övriga störningar
Ändrade kundönskemål	- Prissätt ändringar som görs av kunden	- Bättre planering och kontroll

Tabell 4.2 Förslag på åtgärder från empirin för att hantera störningar med avseende på två klasser av åtgärder

4.2.5 Sammanfattning och slutsatser avseende åtgärder

Sammanfattningsvis kan åtgärder för att hantera eller gardera sig för störningar samt för att reducera eller eliminera konsekvenserna av störningar, vara av olika slag. Relevanta åtgärder kan vara att hålla säkerhetslager, säkerhetstid och/eller säkerhetskapacitet, omplanera verksamheten när störningar inträffar eller formulera kontrakt som ger kompensation om störningar inträffar. Dessa typer av åtgärder ökar säkerheten (minskar risken/osäkerheten) utefter ett materialflöde genom att störningar elimineras eller att de negativa konsekvenserna av störningar reduceras. Åtgärderna kan vara förenade med ökade intäkter på bekostnad av ökade kostnader och/eller kapitalbindning, t ex i form av kostnader för personal eller lagerhållning av insats- och färdigvaror. Huruvida en viss åtgärd är mer effektiv än en annan, och jämfört med om en störning ej åtgärdas, kan dock vara svårt att avgöra. Om kundernas behov inte är styrande och flera störningar förekommer samtidigt, kan det dessutom vara svårt att avgöra huruvida en viss störning bör åtgärdas framför en annan. Det finns enligt min mening ett behov av att visa hur företag kan prioritera mellan olika åtgärder, så att hanteringen av störningar kan bli effektivare.

Gemensamt för många åtgärder är att de är inriktade mot att låta *störningen kvarstå*, men att deras *konsekvenser tas bort, kompenseras och/eller reduceras*. Exempel på sådana åtgärder är säkerhetslager, säkerhetstid och kontrakt som gör att konsekvenserna av störningar försvinner eller absorberas utefter materialflödet. Åtgärderna kan också vara inriktade mot att *ta bort (eliminera) eller reducera förekomsten av störningar* och därmed även deras *konsekvenser*. Exempel på sådana åtgärder är anskaffning av nya leverantörer, förebyggande underhåll av maskiner, kontrakt som förändrar individens beteende m.m..

Två utgångspunkter för att klassificera åtgärder förespråkas i föreliggande studie. Dels baseras de på Van Gigchs klassificering av orsaker till störningar, dels på om åtgärderna är *konsekvensinriktade* eller *orsaksinriktade*. I tabell 4.3 ges exempel på åtgärder enligt denna klassificering. Då det ofta finns en stor mängd åtgärder för att hantera en och samma störning utgör åtgärderna i tabell 4.3 endast ett principiellt förslag på hur dessa kan klassificeras.

	Typ av åtgärd	
	Konsekvensinriktad (klassiska)	Orsaksinriktad (principen JIT)
Orsaker till störningen:	<i>Störningen finns kvar</i>	<i>Störningen tas bort</i>
<i>Struktur- och regelfel</i>	Håll högre kapacitet än nödvändigt	Förändra organisationens struktur
<i>Teknikfel</i>	Reparera maskiner (löpande underhåll)	Gör förebyggande underhåll
<i>Fel i beslutsprocessen</i>	Gör löpande omplanering	Byt informationssystem
<i>Beteendefel</i>	Håll säkerhetslager	Formulera om bonus-system för anställda
<i>Anpassnings- och utvecklingsfel</i>	Håll säkerhetslager	Utbilda personal

Tabell 4.3 Några exempel på åtgärder med avseende på två klasser av åtgärder och fem orsaker till att störningar uppstår.

Åtgärder, eller åtgärdsprogram, av sådant slag som anges i tabell 4.3, kan ge positiva konsekvenser på färdigtidpunkt, tillverkad kvalitet och kvantitet m.m., vilket kan leda till positiva konsekvenser för ett företags avkastning. Åtgärder innebär vanligtvis att någon form av merarbete måste utföras, vilket leder till ökade kostnader för en del intressenter utefter materialflödet. Samtidigt kan sådant merarbete tillfredsställa kundens önskemål avseende hög kvalitet, vilket kan leda till ökade intäkter. Om åtgärderna leder till negativa eller positiva konsekvenser för hela företaget kan dock vara svårt att avgöra. Hur företag kan analysera störningars ekonomiska konsekvenser så att rätt åtgärd väljs återkommer jag till i kapitlen 5, 6 och 7.

4.3 Sammanfattning av studiens referensram

För att uppnå *hög effektivitet* försöker de flesta företag göra noggranna, genomtänkta planer. Planer som skall ge ägarna hög avkastning till begränsad risk och som kan tillfredsställa kundernas krav och önskemål. De delmål som intressenter i sådana företag försöker uppnå inom ramen för sådana planer är ofta motstridiga. Dessutom uppstår störningar utefter deras materialflöden, vilka leder till att avvikelser från planerna uppstår. Olika planer i olika typer av företag leder också till olika exponering för störningar. Vissa intressenter utefter ett materialflöde kanske inte drabbas av att en störning inträffar, samtidigt som andra drabbas negativt av samma störning. Konsekvensen av en störning kan således bero på vilket mål som avses och på vilken intressent som gör bedömningen av vad som är att betrakta som en störning.

Huvudproblemet i föreliggande studie är att det finns ett behov av att utveckla en metod, som gör att företag inom ramen för befintlig kapacitet, vid sin hantering av störningar, kan prioritera mellan olika åtgärder så att denna hantering blir effektivare. Centralt för att uppnå hög effektivitet utefter materialflöden är att varor levereras till kunden i *rätt tid*, i *rätt kvantitet*, till *rätt plats* och till *rätt kvalitet*. Dessa krav från företagets kunder styr ofta vid hanteringen av störningar. Brister ett eller flera av dessa begrepp kan det uppstå brister i samtliga, vilket får konsekvenser på effektiviteten.

I merparten av den litteratur som behandlar hantering av störningar i logistiska system är eliminering av lagernivåer (kapitalrationalisering) centralt för att synliggöra störningar, så att åtgärder kan vidtas för att hantera dem när de uppstår. En ensidig fokusering på eliminering av lagernivåer ökar dock exponeringen för störningar och därmed ökar risken för att avkastningen blir lägre än vad ägarna kräver. Sällan beaktas de intäkter som kan uppstå av att varor lagerhålls. Jag menar att detta kan vara olyckligt och att en effektiv hantering av störningar istället bör styras mot ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk.

Störningar leder, enligt min definition av begreppet, till "negativa konsekvenser". Med negativa konsekvenser avses *ekonomiska konsekvenser*, där det med ekonomiska konsekvenser avses konsekvenser på företags möjlighet att uppnå ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk. Givetvis kan det uppstå andra negativa konsekvenser som endast med svårighet kan kvantifieras med monetära mått. De ekonomiska konsekvenserna delar jag in i de som inte är tillräckligt kostsamma (*incidenter*),

de som är kostsamma (*störningar*) och de som är mycket kostsamma (*katastrofer*).³⁸ Vad som är en incident i ett företag, kan vara en störning i ett annat. Därför måste det vara av största vikt för företag att kunna bedöma huruvida en störning är "kritisk" och kan leda till allvarliga ekonomiska konsekvenser för företaget i fråga - dvs att ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk inte kan uppnås.

De intressenter som avses är främst företags *primära intressenter* i form av avdelningar och individer i dessa avdelningar samt företags leverantörer och kunder. De händelser som ger upphov till störningar delas in i *externa* och *interna händelser*.³⁹ Händelserna avser var *huvudorsaken* till störningen går att finna, vilket dock kan vara svårt, eftersom flera händelser kan orsaka samma störning och efterföljande konsekvenser. Mer i detalj kan orsaker till störningar delas in i de som orsakas av struktur- och regelfel, teknikfel, fel i beslutsprocessen, beteendefel samt anpassnings- och utvecklingsfel. Att identifiera och strukturera störningar med hjälp av Ishikawa-diagram, kan underlätta förståelsen för störningars orsaker och konsekvenser.

Avseende de *åtgärder* företag kan sätta in för att hantera störningar förespråkas i föreliggande studie två klasser av åtgärder - *konsekvens-* och *orsaksinriktade åtgärder*. Valet av åtgärd får därigenom konsekvenser på störningar genom att de kan tas bort eller att ett företag accepterar att de finns kvar. *Incidenter* åtgärdas kanske enklast när de inträffar och kan därigenom bli en del i den dagliga planeringen. En konsekvensinriktad åtgärd mot *katastrofer* är tecknande av en försäkring (ett *kontrakt*), t ex i form av en *force-majure*-klausul. Ett problem för många företag är att olika åtgärder kan användas för att hantera en och samma störning. Oavsett vilken åtgärd som väljs i sådana fall, bör hanteringen av störningar vara effektiv. Det har i litteraturen inte visats hur en sådan prioritering mellan olika åtgärder bör göras, när flera störningar inträffar samtidigt utefter tillverkande företags hela materialflöden.

³⁸ Denna indelning utvecklas något i avsnitt 5.1.2.

³⁹ I vissa fall är det mer relevant att benämna dessa exogena och endogena.

KAPITEL 5

MÅTT FÖR ATT ANALYSERA STÖRNINGARS EKONOMISKA KONSEKVENSER

5.1 Inledning

I kapitel 1 presenterades några vanliga definitioner av JIT, olika mål med JIT samt medel för hur målen med JIT skall uppnås. Jag uppmärksammade i detta sammanhang faran i allt för ensidig eliminering av lagerhållning (kapitalrationalisering) utan en ordentlig analys av de risker detta kan medföra. När lager elimineras ökar exponeringen för störningar, och risken bör därigenom öka för att avkastningen skall hamna under ägarnas krav. I detta kapitel (kapitel 5) diskuteras mer ingående hur risker har behandlats i litteraturen samt hur avkastning kan mätas. Målet med kapitlet är att presentera ett mått i enlighet med delsyfte två. Det vill säga ett mått som kan vara lämpligt för att analysera störningars konsekvenser mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk.

5.1.1 Begreppet risk

Begreppet störning definierades i kapitel 1 som en oönskad, slumpmässig händelse, som leder till avvikelser från en plan och vars konsekvenser är negativa för någon/några av planens intressenter. Planering där inga störningar förekommer innebär att företag med säkerhet bör kunna uppfylla sin plan och därmed målet med verksamheten - att uppfylla ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk. I motsats till detta fall (med säkerhet) kommer förekomst av störningar att leda till att planeringen sker under osäkerhet eller risk. Enligt ekonomisk teori betyder detta att ägare till företag med många störningar, bör ställa högre krav på avkastningen, än ägare till företag där störningar eliminerats.

Begreppet risk uppfattas i dagligt tal som fara eller vågspel. För vissa företag kan dock risktagande vara viktigt för att skapa vinster, om man lyckas göra goda bedömningar av risken. I ett sådant sammanhang har begreppet risk både en positiv och en negativ sida i förhållande till ett förväntat värde. I samband med begreppet risk har jag inledningsvis i detta avsnitt nämnt begreppen säkerhet och osäkerhet. Begreppen säkerhet,

osäkerhet och risk är med varandra närbesläktade och har definierats av Knight (1921) på följande sätt:¹

- *Säkerhet*. Om det är känt att en viss handling leder till ett specifikt resultat föreligger säkerhet. Säkerhet kan sägas vara ett specialfall av risk, där sannolikheten för ett specifikt resultat är lika med 1.
- *Osäkerhet*. Om en handling kan leda till ett antal möjliga utfall, där sannolikheterna är helt okända föreligger osäkerhet. Osäkerhet påminner om risk, men med den skillnaden att sannolikheter inte är kända. Osäkerhet är ofta beroende av den tidshorisont som betraktas, där en längre tidshorisont innebär ökad osäkerhet.
- *Risk* är en benämning på ett förhållande, där det är känt att en handling leder till ett av ett antal möjliga resultat. Riskens betecknar här sannolikheten för att en händelse skall inträffa. Sannolikheterna för utfallen förutsätts vara kända för beslutsfattaren (intressenten).²

Då störningar, per definition, leder till negativa konsekvenser, fokuseras intresset i föreliggande studie mot den negativa sidan av riskbegreppet, dvs faran för att en slumpmässig händelse negativt skall påverka möjligheten att nå ett uppställt mål. Konsekvensen av en störning antas ju bli negativ för någon/några av en plans intressenter. Begreppet risk används fortsättningsvis i de sammanhang där risk (eller osäkerhet) avseende ett resultat (ägarnas krav på hög avkastning) avses.³

Såväl exponeringen för störningar som risk i samband med resultatmätning kan beräknas från en skattad fördelningsfunktion. Framtagandet av en fördelningsfunktion kräver registrering av de avvikelser som är förknippade med störningen i fråga.⁴ Som exempel kan en ideal⁵

¹ Litteraturen om begreppen osäkerhet och risk är alltför omfattande för att på ett rättvist sätt kunna behandlas i föreliggande studie. Knights definitioner av säkerhet, osäkerhet och risk utgör en utgångspunkt för flera efterföljande författare i ämnet. Se t ex McCann (1994) för en genomgång av hur osäkerhet och risk har behandlats i ekonomisk litteratur.

² Ett enkelt exempel på risk är sannolikheten att slå en sexa med en tärning. Den är en på sex. Utifrån detta enkla exempel framgår att det med risk kan avses såväl sannolikheten för att en störning skall inträffa som resultatet av störningen ifråga. I ett komplext system är sambanden inte alltid så enkla att de går att beskriva på detta sätt.

³ Med risk kan även avses sannolikheten för att en händelse (störning) skall inträffa. Risk (sannolikheten) för att en störning skall inträffa benämner jag sedan tidigare exponering.

⁴ För att kunna mäta denna sannolikhet krävs i de flesta fall att en stor mängd data

leveranstid representeras av ett medelvärde och avvikelser från denna leveranstid av ett spridningsmått (standardavvikelse eller varians), där större avvikelse innebär större risk (Ben-Horim och Levy, 1983). Om tiden vid tillverkning av en vara är normalfördelad med förväntat värde av 10 timmar och standardavvikelsen 4 timmar, kan det som exempel vara av intresse att beräkna risken för att tillverkningstiden skall överstiga 20 timmar.⁶

Jag menar att det för många företag framför allt måste vara risken att inte uppnå ägarnas krav på hög avkastning som måste begränsas. En analys av störningars konsekvenser bör därför ske mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk, där det med begränsad risk menas att företag vill begränsa sannolikheten att avkastningen hamnar under en viss kritisk gräns. Olika intressenter kan dock vara beredda att ta olika stora risker. En intressent kan ha någon av följande tre riskattityder (Elton och Gruber, 1987; Brigelius & Rosén, 1988):

- *Riskaversion*, innebär att särskild vikt läggs vid ogynnsamma utfall.
- *Risktagare*, innebär att särskild vikt läggs vid gynnsamma utfall.
- *Riskneutralitet*, innebär att samma vikt läggs vid såväl gynnsamma som ogynnsamma utfall.

Vilken riskattityd en/flera intressenter i tillverkande företag kan antas ha, kan diskuteras. I dagspress går det t ex att utläsa hur viktigt det är för företag att undvika olika former av störningar. Främst kanske detta har uppmärksammats i samband med strejker av olika slag (Epps, 1995; Minahan, 1996). Ett centralt mål i litteraturen om JIT är ju eliminering av slöseri, vilket bland annat innebär att störningar skall elimineras. Det stora intresset av att eliminera störningar eller åtminstone reducera dess konsekvenser bör innebära att intressenter i tillverkande företag vill undvika störningar och de ogynnsamma utfall som dessa leder till.

kring förekomsten av en störning inhämtas. Ofta är det dock endast möjligt att skatta ett samband utifrån några få iakttagelser av förekomsten av en störning (Hamilton, 1985; Frankel, 1988).

⁵ Med "ideal" avses här en leveranstid enligt en optimal plan. Om säkerhet är ett kriterium för att en plan skall vara optimal, kommer standardavvikelsen att vara 0.

⁶ Genom att beräkna konsekvenserna utifrån en sådan fördelningsfunktion kan en fördelningsfunktion för det förväntade ekonomiska utfallet räknas fram. Mer om detta i kapitel 7.

Fortsättningsvis antas därför att intressenterna i de logistiska system som studeras är riskaverta.⁷

De avvikelser som störningar ger upphov till, kan behandlas på olika sätt. En central fråga i föreliggande studie är att visa hur dessa avvikelser kan analyseras och uttryckas i ekonomiska termer. Två framträdande metoder vid ekonomiska analyser av risker är att justera den kalkylränta som används vid en beslutssituation eller att justera de betalningsströmmar som förväntas uppstå vid en beslutssituation.⁸ Risken (konsekvensen av en störning) kommer fortsättningsvis uttryckas i termer av (sannolikheten för) ett *ekonomiskt bortfall*, eftersom det är den negativa sidan av risk som är av störst intresse. Mätning av den förväntade avkastningen utan risk kommer att justeras genom att förväntade intäkter reduceras och/eller genom att förväntade kostnader ökas. Genom att identifiera existerande eller potentiella störningar utefter ett materialflöde och justera intäkter och kostnader därefter, kan ekonomiska konsekvenser av en eventuell störning analyseras.⁹

5.1.2 Risker förknippade med kapitalrationalisering

Kapitalrationalisering¹⁰ anses ha medfört en mängd fördelar för många företag. Fördelar som kopplas till kontinuerliga förbättringsåtgärder är förbättrad kvalitet, färre kassationer, färre returerna, mindre omarbete, reducerade ledtider och högre produktivitet.¹¹ Ett område som behandlats djupgående i detta sammanhang är hur företag bör gå till väga när de skall implementera JIT (Crawford et al, 1988; Keller et al, 1992; Sohal et al,

⁷ Att intressenter är riskaverta kan också bero på asymmetri i belönningssystem. Som exempel är det vanligare att bli "hängd" för misslyckade chansningar än för förbigångna möjligheter (Alles et al, 1995).

⁸ I modeller från finansieringsteorin används justering av kalkylräntan som ett sätt att värdera risk på kapitalmarknaden. Kalkylräntan avspeglar en investerares avvägning mellan förväntad avkastning och risk. Beroende på riskens storlek för respektive investeringsalternativ kommer kravet på den förväntade avkastningens storlek att variera och kalkylräntan kan justeras därefter (Stewart, 1991). En grundläggande teori för riskanalys av investeringar är portföljvalsteorin, vilken utvecklades av Markowitz (1952). Enligt portföljvalsteorin vill investerarna på marknaden placera i "portföljer" med hög förväntad avkastning och låg risk. Portföljvalsteorin har senare utvecklats till den välkända Capital Asset Pricing Model (CAPM) (Sharpe, 1964).

⁹ Detta behandlas också i litteratur om risk management. Se t ex Sandin (1980), Hamilton (1985) och White (1995). Ibland kan det vara mer korrekt att analysera inbetalningar och utbetalningar, vilket framgår av avsnitt 5.2.

¹⁰ Så som kapitalrationalisering beskrivs i merparten av litteraturen om JIT.

¹¹ Se t ex Green et al (1991), Moras och Dieck (1992), Inman och Mehra (1993), Hendricks (1994) samt Balakrishnan et al (1996).

1993; Epps, 1995; Ramarapu et al, 1995). Av stort intresse i dessa studier är också de störningar (och andra problem) som kan uppstå när ett företag ändrar principerna för hur deras materialflöden skall planeras.

En kontinuerlig reduktion av lagernivåer kan leda till en ökad exponering för störningar (sårbarheten ökar), eftersom de negativa konsekvenserna av ett avbrott utefter ett materialflöde ökar i takt med att lagerhållningen reduceras (för att i idealfallet helt elimineras). Detta problem påvisas bland andra av Crawford et al (1988), De Treville (1987), Chapman (1990 och 1992), Inman och Brandon (1992) Natarajan och Goyal (1994) samt (Epps (1995). Förutom de störningar som identifierats i föreliggande studie, kan avbrott i ett företags tillverkning uppstå på grund av störningar i trafiken, vilket har rapporterats från Japan (Natarajan och Goyal, 1994). När lagerhållningen reduceras ökar även stressen hos de anställda, eftersom tiden för att vidta lämpliga åtgärder mot störningar reduceras (Inman och Brandon, 1992).

När företag reducerar sin lagerhållning synliggörs störningar och andra medel (orsaksinriktade åtgärder) införs för att eliminera eller reducera förekomsten av störningar och dess konsekvenser. Att införa sådana åtgärder är ofta nödvändigt för att tillverkningen skall kunna fortgå som planerat och målen med JIT skall kunna uppnås. Det vill säga att färdiga varor kan levereras tidsmässigt rätt, i betydelsen att de skall tillverkas för att levereras i rätt tid, i rätt kvantitet, till rätt plats och rätt kvalitet. Litteratur inom området visar att en breddning av anställdas kunskaper, förebyggande underhåll, kvalitetsarbete samt reduktion av ställtider och orderstorlekar är centrala åtgärder, som måste vidtas för att varor skall kunna levereras tidsmässigt rätt utan att exponeringen för störningar skall öka (Spencer och Guide, 1995).

Åtgärder av ovanstående slag innebär för många företag att betydande kostnader uppstår. Det finns ett behov av att visa hur företag kan analysera de ekonomiska konsekvenserna av att vidta sådana förbättringsåtgärder, så att insättandet av dessa åtgärder kan bli effektivare. Många små företag har t ex inte råd att införa JIT på grund av de kostnader som skulle uppstå för utbildning, förebyggande underhåll etc (Inman och Mehra, 1990).¹²

¹² Detta beror sannolikt på att en dominant intressent (en köpare) fastställer spelreglerna, vilka den dominerade intressenten (en leverantör) måste följa för att få behålla sin kund. Se t ex Karlsson och Norr (1994), Epps (1995) samt Waters (1995).

5.1.3 Störningars ekonomiska konsekvenser

Ett resonemang vid införandet av JIT är att störningar existerar utefter materialflöden. Dessa upplevs som allvarliga eller så är man inte medveten om dess existens, eftersom de inte medför några synbara konsekvenser. Lagerhållning kompenserar ju för sådana och störningarna absorberas i buffertar. När lagernivåer reduceras, synliggörs störningar och dess konsekvenser. Istället för att låta lagerhållning kompensera för de konsekvenser störningar ger upphov till skall man enligt principen JIT åtgärda störningarna när de inträffar, eller ännu hellre, innan de inträffar.

Även om fördelarna med att införa JIT har många förespråkare kan man inte bortse från hur fördelarna presenteras och kvantifieras. Litteratur inom området, är framför allt inriktad på den kapitalrationalisering som uppstår i samband med reduktion av lagernivåer (Lessner, 1989; Green et al, 1991; Najarian, 1993; Waters, 1995; Balakrishnan et al, 1996). En ensidig eliminering av lagernivåer kan dock vara alltför begränsad, eftersom ett företag inte bara binder kapital i lager. Dessutom behandlas inte den exponering för störningar, som är förknippad med lagerreduktion, tillräckligt utförligt (De Treville, 1987; Alles et al, 1995). Hur vet man t ex att det är effektivare att reducera lagernivåer och införa orsaksinriktade åtgärder, än att låta lagerhållning kompensera för de konsekvenser som kan uppstå av störningar?

Information i samband med kapitalrationalisering, är främst i form av de variationer som uppstår på tillverkad kvantitet, kvalitet, lagernivåer, efterfrågan, servicenivåer, returfrekvenser och underhåll (Harrell, 1992).¹³ Även om merparten av dessa mått som är icke-monetära, finns det givetvis en koppling mellan dessa mått och de ekonomiska konsekvenser som kan uppstå av att kontinuerliga förbättringsåtgärder vidtas i samband med kapitalrationalisering (Najarian, 1993; Hendricks, 1994).

Jag menar att det finns ett behov av att visa hur företag kan analysera störningars konsekvenser på avkastningen, så att hanteringen av störningar kan bli effektivare.¹⁴ Att det finns ett sådant behov visas också av

¹³ Debatten kring de mått som används för att motivera, analysera och kontrollera den verksamhet som bedrivs i samband med JIT är allt för omfattande för att presenteras här. Se t ex Foster och Horngren (1987 och 1988), Howell och Soucy (1987), Keegan et al (1989), Lessner (1989), Maskel (1989), Hassan och Kinard (1992), Lummus och Duclos (1992) samt Najarian (1993).

¹⁴ Av litteraturen inom området framgår det i och för sig att införandet av JIT (kapitalrationalisering) medför många positiva konsekvenser på företags konkurrenskraft och därmed dess avkastning. Det har dock inte visats hur företag kan analysera dessa konsekvenser innan de kapitalrationaliserar. Fördelarna beskrivs

Balakrishnan et al (1996), som i en studie av flera företag visat att det inte är säkert att avkastningen förbättras bara för att ett företag lyckats reducera sina lagernivåer. Något som också påpekas av Chihikara och Weiss (1995). En effektiv reducering av lagernivåernas storlek bör istället analyseras mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk.

Den främsta ekonomiska fördelen som brukar framföras av att införa JIT, är att kapitalbindningen minskar när lagernivån reduceras. För att det skall vara effektivt att kapitalrationalisera får dock intäkterna och/eller kostnaderna inte avvika så att avkastningen minskar totalt sett. Det finns endast ett fåtal studier som visar att företag som inför JIT, förutom att reducera sin kapitalbindning även kan öka sin avkastning (Inman och Mehra, 1993; Balakrishnan et al, 1996). Vad som saknas i dessa studier är dock en analys av de risker som uppstår vid kapitalrationalisering. Visserligen har risker behandlats i andra studier (se t ex Zangwill, 1987; Zangwill, 1992; Chapman, 1992; Alles et al, 1995), men dessa studier är inte inriktade mot att analysera konsekvenser mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk.

Enligt min mening kan det inte, enligt min definition av effektivitet, vara effektivt för alla företag att helt eliminera sin lagerhållning för att med orsaksinriktade åtgärder eliminera (hantera) alla typer av störningar. Det bör därför finnas ett behov av att utveckla en metod för hur företag kan analysera störningars konsekvenser, så att åtgärder som leder till högre effektivitet, kan vidtas. För att mäta störningarnas konsekvenser på företags effektivitet bör t ex klargöras vilket kapital och vilka kostnader som skall beaktas samt hur stort intäktsbortfallet blir av en störning i ett givet system. En central fråga är hur vi mäter avkastning på kort sikt.

Enligt definitionen av begreppet störning lägger störningar hinder i vägen i företagets strävan att uppnå hög effektivitet. Att avgöra "storleken" på en störning kan dock vara mycket svårt. Dessutom kan olika intressenter drabbas på olika sätt av olika störningar. För någon intressent kan t ex ökad kapitalbindning vara "mer negativt" än ökade kostnader.¹⁵ För en annan intressent kan ökad kapitalbindning, å andra sidan, vara betydelselöst i relation till ett eventuellt intäktsbortfall.

Innan de ekonomiska konsekvenserna kan analyseras måste de avvikelser som störningar kan ge upphov till kunna identifieras och de ekonomiska

oftast utifrån empiriska studier av framgångsrika företag.

¹⁵ Ökad kapitalbindning innebär i och för sig ökade kostnader, i form av räntekostnader.

konsekvenserna av avvikelserna kunna kvantifieras. Störningar leder till ett flertal olika avvikelser och ekonomiska konsekvenser för den som drabbas. Störningar kan t ex leda till *ökad resursförbrukning* genom att varor med dålig kvalitet måste omarbetas eller kasseras. Att störningar leder till ökad resursförbrukning har också behandlats i litteraturen.¹⁶ I litteraturen skiljer man mellan olika kostnader förknippat med kvalitet. Kostnader för att förebygga, upptäcka och för att åtgärda kvalitetsbrister innan varor levereras samt kostnader som uppstår när kunder returnerar varor av bristfällig kvalitet (Youde, 1992; Horngren et al, 1994; Diallo et al, 1995). Störningar kan också leda till att åtgärder, t ex i form av övertidsarbete, måste vidtas och därmed till att kostnaderna (resursförbrukningen) för att tillverka en vara ökar.

Förutom ökad resursförbrukning kan störningar leda till *ökad kapitalbindning* (vilket också leder till ökad resursförbrukning) om tillverkningen avstannar och delvis bearbetade insatsvaror måste lagerhållas. Om ett företag dessutom levererar sina varor för sent kommer kunden att betala för varorna senare än planerat. Den ökade kapitalbindningen får därmed konsekvenser på ett företags finansiering. Konsekvenserna av att företagets in- och utbetalningar varierar på ett ogynnsamt sätt, blir att företagets kapitalbehov i flera fall ökar. Kapitalbehovet uppstår av att det finns en tidsskillnad mellan det att ett företag betalar för insatsvaror, löner etc, tills dess att en kund betalar för de färdiga varor företaget tillverkat och sålt. Utbetalning sker vanligtvis innan inbetalning erhålls, varför det måste finnas en kassa att ta pengar ur om inte företaget skall behöva låna pengar när det är dags att betala leverantörer och anställda.

Störningars konsekvenser på företags kapitalbindning har behandlats i litteraturen. Enligt principen JIT skall varor levereras just-i-tid för behov, varför den tid varor lagerhålls har fått en central betydelse (Shingo, 1984). Lindau och Lumsden (1993) menar att störningar absorberas genom de aktiviteter som vidtas när störningar uppstår och att en konsekvens av störningar är ökad lagerhållning (kapitalbindning). Störningar, t ex i form av maskinhaverier, kan innebära att tillverkningen avstannar och att kapital binds under en längre tid än planerat, vilket är en central utgångspunkt i De Treville (1987).¹⁷ Störningar, t ex i form av försenade inleveranser, kan å andra sidan innebära att kapital binds under en kortare tid än planerat, dock kan kostnader komma att öka och utleveranser försenas.

¹⁶ Brigelius och Rosén (1990:a) fokuserar som exempel störningars konsekvenser på företags "materialflödeskostnader".

¹⁷ Ju längre tid insats- och färdigvaror lagerhålls och bearbetas inom ett företag desto mer kapital ackumuleras och binds i dessa.

Störningar kan givetvis även leda till *minskad försäljning av varor* om delvis bearbetade insatsvaror måste kasseras eller om kvaliteten på färdigvaror är så dålig att kundernas betalningsvilja minskar. Kunderna kan dessutom övergå till konkurrenter, för att täcka sina behov av varor. I sådana fall minskar kvantiteten sålda färdigvaror kanske inte bara på kort sikt utan även på lång sikt. Om tillverkningen försenas av en störning eller kvaliteten på levererade färdigvaror är bristfällig kan ett intäktsbortfall uppstå genom att antalet levererade färdigvaror minskar.¹⁸ Med intäkter avses företagets fakturerade försäljning, vilken uttrycks som produkten av antalet levererade färdigvaror och priset för dessa. Förutom en minskning av försäljningsvolymen kan priset på färdigvaran som säljs bli lägre, eftersom priset för varor av bristfällig kvalitet bör vara lägre än om kvaliteten är hög. Hur intäktssidan kan analyseras i samband med störningar har nästan helt försumrats i litteraturen, även om kopplingar mellan intäkter och kvalitet, intäkter och service samt intäktsbortfall (bristkostnad) finns beskrivet.

Tillverkning av varor med störningar får sammantaget konsekvenser på ett företags effektivitet genom att kapitalbindning och kostnader kan komma att öka samt försäljning gå förlorad (intäktsbortfall). Ett företag kan i samtliga dessa fall ställa konsekvenserna av att tillverka varor utan störning (det ideala tillståndet enligt en fastställd optimal plan) mot den *alternativkostnad* som uppstår vid förekomst av störningar. Begreppet alternativkostnad är beslutsrelaterat och kan på kort sikt uttryckas som det ekonomiska bortfall som uppstår, om störningen hindrar företaget att tillverka och leverera färdigvaror enligt plan.

När störningars ekonomiska konsekvenser analyseras i den fortsatta studien kommer jag, vilket tidigare nämnts, att låta kalkylräntan vara oförändrad och istället låta de avvikelser som störningar ger upphov till på resursförbrukning, kapitalbindning och intäkter från försäljning av varor avgöra riskens storlek.¹⁹ Vid en analys av störningars ekonomiska konsekvenser bör sammanfattningsvis sannolikheten för att en störning (händelse) skall inträffa, ställas i relation till konsekvenser på en verksamhets avkastning (dvs kapitalbindning, kostnader, och intäkter). Konsekvenserna på avkastningen, av såväl olika störningar som vilka åtgärder som väljs för att hantera störningarna, kan med ett gemensamt begrepp uttryckas som företagets *alternativkostnad*. Principerna för hur en

¹⁸ I litteraturen behandlas intäktsbortfall även som en kostnad (bristkostnad). Mer om detta i kapitel 7.

¹⁹ Detta sätt att hantera risk/osäkerhet förespråkas också vid beräkning av kalkylmässigt resultat, vilket jag återkommer till senare i detta kapitel.

störnings ekonomiska konsekvenser kan analyseras sammanfattas i figur 5.1.



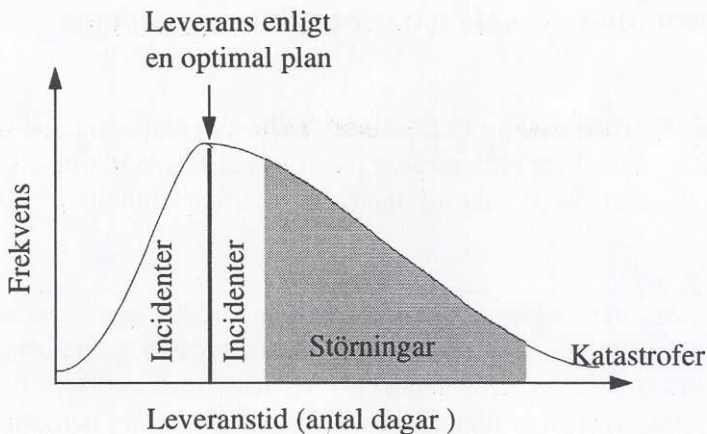
Figur 5.1 Principiell indelning av störningars ekonomiska konsekvenser²⁰

De ekonomiska konsekvenserna av en störning kan som vi sett bero på frekvensen och kostnaden för störningen ifråga, vilka i sin tur kan bero på operatören, typen av maskin eller verktyg som används eller vad för slags insatsvara som bearbetas. Avseende sannolikheten för att en störning skall inträffa fokuseras i föreliggande studie de fall där sannolikheten är måttlig eller hög för att en störning inträffar. När det gäller storleken på en störning fokuseras de fall där de ekonomiska konsekvenserna på företags avkastning är avsevärd.²¹

Låt oss, som exempel, anta att ett företag upplever försenade leveranser från en leverantör som en störning. Data antas finnas för antal leveransdagar och därmed också hur ofta en försenad leverans inträffar samt hur lång (t ex hur många dagar) förseningen är vid varje tillfälle. Sannolikheten för att en leverans skall ske enligt en optimal plan eller att en försening skall inträffa, kan då illustreras med en frekvensfunktion som i figur 5.2. Konsekvensen av en störning mäts i detta fall som det antal dagar en leverans försenas med.

²⁰ Jämför med avsnitt 4.1, där olika sätt att betrakta konsekvenser av störningar (händelser och/eller orsaker) presenteras.

²¹ Då olika företag är exponerade för olika störningar i olika hög grad, anger en "måttlig eller hög sannolikhet" och "avsevärda ekonomiska konsekvenser" endast den principiella åtskillnad som föreligger mellan begreppet störning och begreppen incident och katastrof.



Figur 5.2 Frekvensfunktion för en stokastisk variabel för leveranstid och dess konsekvenser²²

Jag har tidigare antagit att intressenter är riskaverta. Intressenterna i varje företag antas därutöver, som i figur 5.2, kunna sätta gränser för vad som är att betrakta som ideal, förväntad leveranstid och därigenom också kunna skilja mellan incidenter, störningar och katastrofer. Var intressenten ifråga sätter sina gränser kan bero på vilket mått som används. Jag har hävdat att insättandet av åtgärder för att hantera störningar, måste analyseras mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk. Det räcker således inte att enbart analysera konsekvenser av en försenad inleverans (eller andra störningar) mot bakgrund av mått på kvantitet, plats, tid (som i figur 5.2) och kvalitet, eftersom dessa mått inte kan användas för att avgöra hur mycket en åtgärd får kosta för att den skall vara effektiv. Hur den avkastning som ett företag genererar kan beräknas, behandlas därför i nästa avsnitt.

²² Ytan under kurvan motsvarar sannolikheten för katastrof, störning etc. Denna sannolikhet antas gälla givet en viss lagernivå.

5.2 Presentation av mått och generella antaganden

Utifrån tidigare diskussion beträffande risk och hur exponering för störningar har behandlats i litteraturen om JIT dras följande slutsats, vilken kommer att bilda utgångspunkt för den fortsatta framställningen.

Det finns ett behov att visa hur ekonomiska konsekvenser bör analyseras mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk, så att företag vid sin hantering av störningar kan prioritera mellan olika åtgärder så att denna hantering blir effektivare.

I detta avsnitt presenteras ett mått som kan användas vid en sådan analys. För detta ändamål kommer mätning av ägarnas krav på avkastning och samtidig mätning av avkastning och risk att behandlas mer ingående. Ägarna antas ju kräva hög avkastning till begränsad risk, där det med begränsad risk avses begränsad sannolikhet för att avkastningen hamnar under en viss kritisk gräns.²³

Den fortsatta framställningen kommer att utgå från ett antal grundantaganden, vilka utvecklas och beskrivs mer ingående i senare avsnitt. Ett centralt antagande är dock att kapaciteten är given, vilket gör att endast de avvikelser som uppstår på ett företags särintäkter och särkostnader kommer att beaktas.²⁴ Jag antar också att in- och utbetalningar följer förädling av varor utefter ett materialflöde och att dessa betalningar antas vara lika med företags särintäkter och särkostnader.²⁵

²³ I detalj kommer avvägningen mellan avkastning och risk att behandlas i kapitel 7.

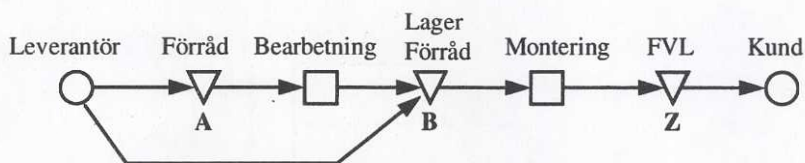
²⁴ Särintäkter och särkostnader är beslutsrelaterade, varför de i och för sig gäller även om kapaciteten inte antas vara given. Att kapaciteten är given innebär att analysen är inriktad mot kortsiktig planering. Det principiella resonemanget kan även antas vara giltligt vid förändring av mer långsika planer. Jag har dock avgränsat mig bort från att behandla långsiktiga konsekvenser av att hantera störningar.

²⁵ Ett sådant antagande är vanligt i litteraturen, t ex vid beräkning av optimala inköpskvantiteter med hjälp av EOQ-modellen (Chihikara och Weiss, 1995).

5.2.1 Beräkning av kapitalbindning och kapitalbehov

Innan vi fördjupar oss i mätningen av den avkastning som det antas att ägarna kräver, kan det vara lämpligt att visa hur ett företags kapitalbindning kan beräknas. Detta är ju ett mått som fokuseras i litteraturen om JIT. Följande avsnitt tar sin utgångspunkt i ett antal antaganden. Vid beräkning av kapitalbindning och kapitalbehov antas att insatsvaror levereras i de kvantiteter som behövs vid tillverkning av en viss färdigvara (t ex en serie eller ett projekt). Det antas att inköp sker i kvantiteter lika stora som den kvantitet som enligt plan skall användas vid tillverkningen. Kapitalbehovet uppstår alltså vid inköp (när de köpta varorna betalas) och kapitalet binds under hela den tid som passerar tills dess att den tillverkade färdigvaran är såld (tills dess att den är levererad och kunden har betalt).²⁶

Låt oss för enkelhetens skull fördjupa oss i ett enkelt numeriskt exempel och anta att ett företags materialflöde består av en leverantör, tillverkning av en färdigvara och försäljning till en kund. Låt oss också anta att *insatsvaran A* köps in från leverantören till ett förråd och att *insatsvaran B* köps in från leverantören till ett andra förråd/mellanlager. Efter bearbetningen av insatsvara A monteras insatsvara A och B ihop till färdigvaran Z och säljs till en kund. Detta enkla materialflöde kan illustreras med figur 5.3.²⁷



Figur 5.3 Det enkla materialflödet

Låt oss vidare anta att en mer detaljerad plan för att tillverka färdigvaran Z är känd. Efterfrågan antas vara känd och konstant under tidsperioden, liksom tillverkningstakten. Vidare existerar det inga resursbegränsningar avseende utrymme och kapital. Löneutbetalning antas ske dagligen med lika stora belopp. Betalningen för bearbetning och montering uppstår således inte förrän insatsvaror bearbetas och/eller monteras.²⁸ Betalning för insatsvaror antas ske vid inleverans av varorna och kunderna antas

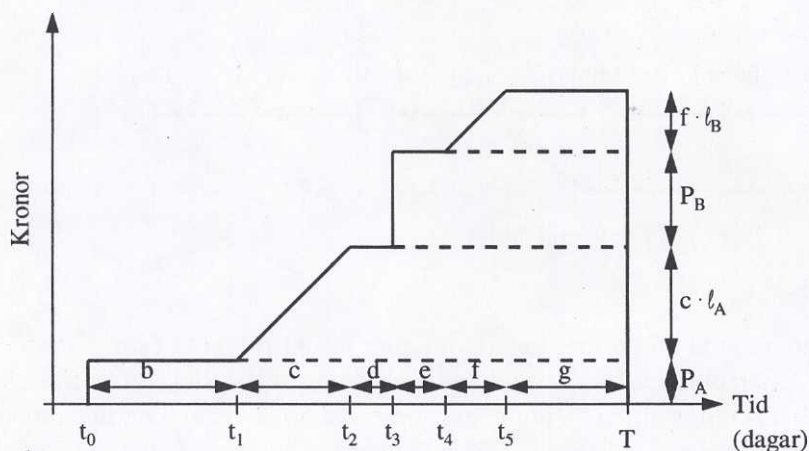
²⁶ Se figurerna 5.4 och 5.6.

²⁷ Jämför med figur 1.1.

²⁸ I verkligheten betalas lön vanligtvis ut en gång i månaden eller var 14:e dag.

betala för färdigvarorna vid utleverans. Jag bortser alltså, för enkelhetens skull, från de kredittider som i normala fall förekommer vid inköp och försäljning av varor. Då jag avser studera tillverkning under given kapacitet, bortses även från kapacitetskostnader (lokaler, maskiner etc). Jag bortser, för enkelhetens skull, även från ordersärkostnader och andra lagerhållningssärkostnader (t ex för hantering och försäkring) än den räntekostnad lagerhållningen medför. Detta innebär att den kapitalbindning som analyseras endast är relaterad till de (direkta) inköps- och arbetskostnader, som uppstår vid förädling av varor.

De utbetalningar som uppstår av att insatsvaror köps in och att löner betalas ut kan illustreras på olika sätt. Kapitalbindningen (kapitalbehovet) utefter det enkla materialflöde som illustrerats av figur 5.3, kan enligt den så kallade tidsmetoden illustreras med figur 5.4.²⁹ I figur 5.4 illustreras den kumulativa kapitalbindningen under ett förhållande där säkerhet råder.³⁰ Denna figur illustrerar också hur en insatsvaras förädlingsvärde ökar med tiden, när den bearbetas eller monteras samman med andra insatsvaror. Vid beräkning av kapitalbindning enligt *tidsmetoden* görs en uppdelning knuten till kostnadsslagen (direkt material och direkt lön) vid förädling av en vara.³¹ En fördel med beräkningen enligt tidsmetoden är att tidens betydelse för kapitalbehovet betonas (Chase och Aquilano, 1992).



Figur 5.4 Kumulativ kapitalbindning

²⁹ Jämför med figur 1.2.

³⁰ Störningars konsekvenser på kapitalbindningen utvecklas senare i detta avsnitt.

³¹ Alternativt kan kapitalbindningen beräknas som ett värde av det kapital som binds i förråd, varor i arbete och färdigvarulager var för sig, vilket kallas balansräkningsmetoden. Se t ex Tersine (1988) eller Hansson (1993).

I figur 5.4 illustreras hur det först sker en inleverans av insatsvaran A vid tidpunkten t_0 , då även betalning sker. Vid tidpunkten t_1 påbörjas bearbetningen av insatsvara A och vid tidpunkten t_2 är bearbetningen färdig. Vid tidpunkten t_3 levereras insatsvara B in och betalas. Vid tidpunkten t_4 påbörjas monteringen av Z (dvs insatsvarorna A och B) och vid tidpunkten t_5 är monteringen färdig. Vid tidpunkten T levereras färdigvaran Z till kund, som omgående betalar färdigvaran. Företaget binder alltså kapital mellan tidpunkterna t_0 och T. Den förväntade *kumulativa kapitalbindningen* för en färdigvara kan därvid beräknas enligt uttryck 5.1, som ytan mellan dessa tidpunkter.³²

$$(5.1) \text{ Kronordagar} = P_A (b+c+d+e+f+g) + l_A \left(\frac{c}{2} + d + e + f + g \right) + \\ P_B (e+f+g) + l_B \left(\frac{f}{2} + g \right)$$

där:

- b = tid i förråd för A
- c = bearbetningstid för A
- d = tid i mellanlager för bearbetade insatsvaror
- e = tid i förråd för B
- f = monteringsstid för färdigvaran Z (A och B)
- g = tid i färdigvarulager för Z
- l_A = direkt lön vid bearbetning av A
- l_B = direkt lön vid montering av A och B
- P_A = inköpspris för insatsvara A
- P_B = inköpspris för insatsvara B

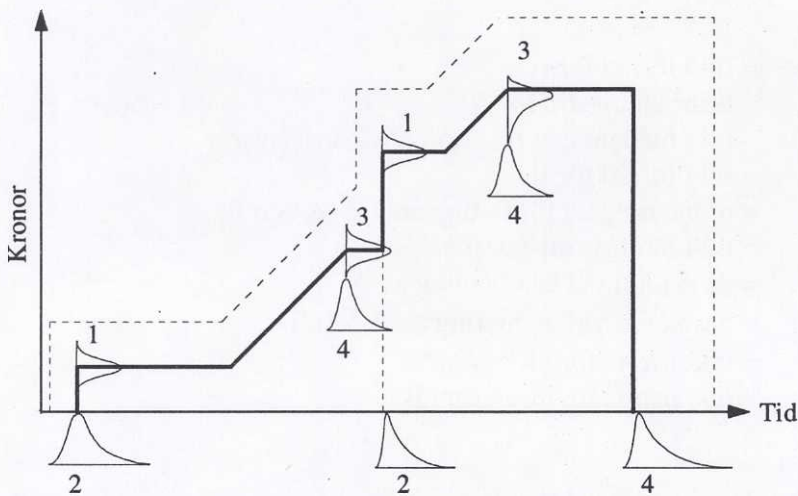
Uttrycket 5.1 ger oss måttet *kronordagar*, som är summan av det rörelsekapital som binds under det antal dagar det tar att tillverka en enhet av Z. Genom att beräkna antalet kronordagar fås ett mått på värdet av lagerhållningen. Det är detta värde som bör reduceras (elimineras) enligt principen JIT. Låg kapitalbindning (kapitalrationalisering) leder ju till ökad avkastning, enligt den välkända Du-Pont-modellen.³³ Måttet förespråkas bland annat av Cox och Goldratt (1986), eftersom lagerhållning kan

³² Den kumulativa kapitalbindningen vid en given tidpunkt, kan betraktas som en stokastisk variabel.

³³ Se t ex Ericsson och Persson (1982) eller SRF (1982).

betraktas som ett lån för en del av ett materialflöde.³⁴ Värdet på lånet är kostnaden för köpta och/eller förädlade varor. Måttet kan alltså användas för att finna ut var utefter materialflödet kapital binds - t ex i förråd eller i färdigvarulager. Divideras värdet av den kumulativa kapitalbindningen (antalet kronordagar) med det antal dagar som kapitalet är bundet erhålls *genomsnittligt bundet rörelsekapital* (RK). Det genomsnittligt bundna kapitalet kan sedan via kalkylräntan ge oss kostnaden för detta kapital (*kapitalkostnaden*).³⁵

Måttet kronordagar (uttrycket 5.1) kan betraktas som en stokastisk variabel, eftersom störningar kommer att leda till avvikelser från den förväntade nivån på kapitalbindningen. I figur 5.5 illustreras några av de avvikelser (konsekvenser) som kan uppstå av de störningar som presenterats i kapitel 4. I figur 5.5 illustrerar nummer 1 störningen försenade leveranser, nummer 2 störningen bristande kvalitet på insatsvaror, nummer 3 störningarna arbetsfel och korttidsfrånvaro samt nummer 4 störningarna maskinhaverier, arbetsfel, korttidsfrånvaro och materialbrist.³⁶



Figur 5.5 Exempel på variationer som kan uppstå av störningar

³⁴ Se även Chase och Aquilano (1992).

³⁵ Räntekostnaden är proportionell mot den kumulativa kapitalbindningen och kan även beräknas som produkten av kumulativ kapitalbindning och räntesats, dividerat med antal dagar per år. Den kalkylränta som används för att beräkna kapitalkostnaden skall avspegla *alternativkostnaden* för kapitalet. Se t ex Kaplan (1982), Brealey och Myers (1984), Drury (1992) eller Chamberlain och Cambell (1995).

³⁶ Störningarna är förklarade i kapitel 4 och bilaga 5. Störningarna III och IX är ej med i figuren, men dessa kan leda till att de andra störningarna uppstår.

När störningar inträffar uppstår variationer på kapitalbindningen. Av figur 5.5 framgår det att störningar kan leda till variationer avseende *tiden* för bearbetning och/eller lagerhållning. Störningar kan också leda till variationer avseende de *kvantiteter* (och därmed kostnaderna) som levereras in och/eller tillverkas under en given tidsperiod. De variabler som avspeglar tider ($b - g$) och de som avspeglar kostnader (P_A, P_B, l_A och l_B) i uttryck 5.1 kommer att ta olika stor andel av den kumulativa kapitalbindningen i olika företag. Därmed kommer också betydelsen och konsekvenserna av olika störningar att variera mellan olika typer av företag. Den streckade linjen i figur 5.5 illustrerar hur variationer i tider och kvantiteter kan leda till ökad kumulativ kapitalbindning. Av figur 5.5 framgår också att intäkterna inte beaktas vid beräkning av ett företags kapitalbindning.

En nackdel med att analysera störningars konsekvenser på den kumulativa kapitalbindningen är att de avvikelser som uppstår på kapitalbindningen inte kan ställas mot alternativet att åtgärda störningen innan den inträffar. En materialbrist tidigt uteftett materialflödet kan dessutom leda till att kapitalbindningen senare utefter materialflödet minskar och på kort sikt även totalt i företaget. En ensidig strävan efter låg kapitalbindning (kapitalrationalisering), som ett medel för att öka avkastningen, kan således leda till missvisande slutsatser. En låg kapitalbindning kan ju leda till ökad risk för oönskade konsekvenser på avkastningen (dvs även på kostnader som intäkter).³⁷

I och med att det inte går att avgöra hur effektiv hanteringen av störningar är genom att enbart analysera avvikelser i kapitalbindningen, måste det vara av intresse att använda ett annat mått för att kunna analysera om hanteringen av störningar skall kunna bli effektivare. Jag menar att de avvikelser som störningar ger upphov till istället bör analyseras mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk. Hur denna avkastning kan beräknas kommer att behandlas i nästa avsnitt.

³⁷ Se kapitel 7, där bristkostnad behandlas. Att kapitalbindningen minskar på grund av en störning är i och för sig inte jämförbart med att den minskar på grund av en medveten strategi (plan), men de konsekvenser som uppstår på såväl kostnader som intäkter kan i båda fallen bli oönskade och bör vara nödvändiga att analysera.

5.2.2 Beräkning av kalkylmässigt resultat (EVA)

I föregående avsnitt visades hur ett företags kapitalbindning (kapitalbehov) kan beräknas. Som tidigare nämnts utgår jag från att ett företags grundläggande mål är att uppnå ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk, där det med begränsad risk avses begränsad sannolikhet att avkastningen hamnar under en viss kritisk gräns.

Jag menar därför att störningar måste analyseras mot ett annat mål (mått) än lägsta möjliga genomsnittliga kapitalbindning, vilket är dominerande i litteraturen om JIT (och annan litteratur som är inriktad mot kapitalrationalisering). Genomsnittlig kapitalbindning och den kapitalkostnad som därigenom kan beräknas avspeglar ju inte till fullo de konsekvenser som störningar ger upphov till. Om hanteringen av störningar skall kunna bli effektivare, bör en analys av störningar istället inriktas mot den avkastning ett företag genererar genom sina planer. Dessutom bör den risk som dessa planer ger upphov till beaktas i en sådan analys.

Jag utgår i detta avsnitt från att en analys av ett företags avkastning, kan göras utifrån ett företags förädling av varor. Avkastningen kan då uttryckas som ett kalkylmässigt resultat (*economic value added* eller EVA), där beräkningen av avkastningen görs utifrån ett företags resultaträkning (Stewart, 1991; Gupta et al, 1995; Brigham och Gapenski, 1996).³⁸ EVA, som är ett kalkylmässigt resultat, mäts som verksamhetens totala överskott (intäkter minus kostnader) minus kostnaden för det kapital som investerats i verksamheten.³⁹ En fördel med EVA är att måttet lätt kan anpassas till en avgränsad (kort) tidsperiod. Intresset i föreliggande studie är ju inriktat mot hur företag på ett effektivare sätt kan hantera störningar utefter sina materialflöden, inom ramen för sin befintliga kapacitet, dvs på kort sikt.

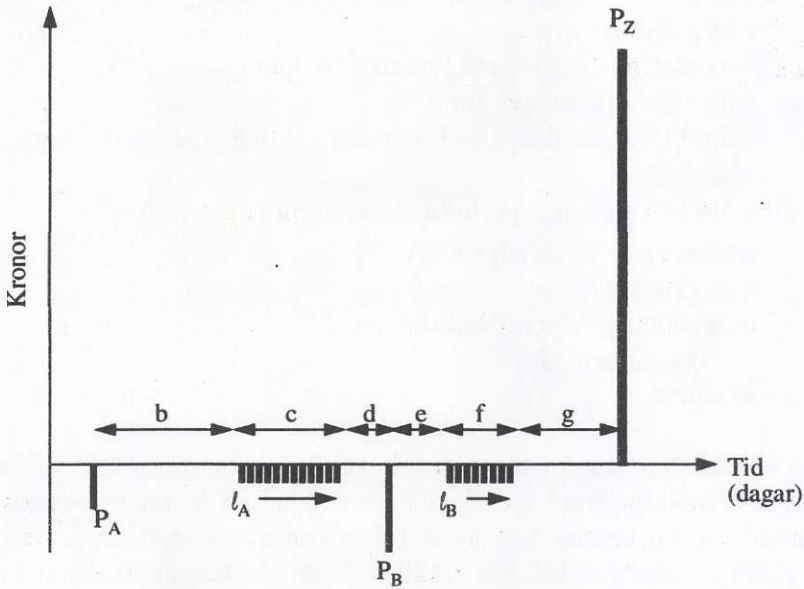
En analys av ett företags kalkylmässiga resultat kan liknas vid det problem som uppstår inför val mellan olika investeringar (Solomons, 1965; Tomkins, 1975:a och 1975:b; Egginton, 1995; Chihikara och Weiss, 1995). För att bedöma om en investering är "effektiv" (lönsam) eller inte är det brukligt att på lång sikt använda någon form av investeringskalkyl, som grundar sig på ett projekts framtida betalningsströmmar (*cash-flow*). Ofta förespråkas här att den sk. nuvärdekalkylen används.

³⁸ Vid beräkning av EVA görs normalt justeringar för goodwill, kostnader för forskning och utveckling, skatter etc, vilket jag ej kommer att beakta.

³⁹ Måttet kalkylmässigt resultat förespråkas av många akademiker när en del av ett företags årliga överskott analyseras. Se t ex Kaplan (1982), Anthony et al (1984), Woodward (1991), Ezzamel (1992) samt Egginton (1995).

Betalningarnas storlek och de tidpunkter när de inträffar är intressanta att analysera, eftersom värdet av en krona idag inte är lika med en krona i morgon, givet att kapital förräntas. Alternativanvändningen av kapitalet kan då ge en viss avkastning. Betalningsströmmarna och förräntningen av det bundna kapitalet kan betraktas på två sätt. Betalningsströmmarna kan antingen betraktas som diskreta eller som kontinuerliga betalningsförlopp. Räntan på det bundna kapitalet kan på motsvarande sätt vara diskret eller kontinuerlig. Vid beräkning med diskret ränta antas att förräntningen (värdetillväxten) sker vid slutet av respektive period. Vid beräkning med kontinuerlig ränta antas istället att kapital kan återinvesteras vid varje "ögonblick" under en period.

Låt oss återgå till det enkla materialflödet, som beskrivits i figur 5.3 och 5.4, för att illustrera hur betalningarna kan antas inträffa i tiden. De förväntade betalningarna utefter det enkla materialflödet kan illustreras med figur 5.6. Här antas ett förhållande, där betalning för varor sker vid inleveranser av insatsvaror (och utleverans av färdigvaror) samt att betalning av löner sker när insatsvaror förädlas.



Figur 5.6 Betalningarna över tiden

Om ett företags ägare antas vilja maximera avkastningen på sitt satsade kapital, kommer de enligt ekonomisk teori också att vilja maximera

nettonuvärdet (*Net Present Value* eller NPV) av de betalningar som visas i figur 5.6. Nuvärdet⁴⁰ av dessa förväntade betalningar kan formuleras som i uttryck 5.2.⁴¹ Jag utgår fortsättningsvis från att räntan är diskret och justeras på årsbasis, där ett år antas vara 360 dagar.

$$(5.2) \text{ NPV} = -P_A - \frac{\left(\sum_{t=1}^c \frac{\ell_A}{(1+r)^{t/360}} \right)}{(1+r)^{b/360}} - \left(\frac{P_B}{(1+r)^{(b+c+d)/360}} \right) - \frac{\left(\sum_{t=1}^f \frac{\ell_B}{(1+r)^{t/360}} \right)}{(1+r)^{(b+c+d+e)/360}} + \left(\frac{P_Z}{(1+r)^{(b+c+d+e+f+g)/360}} \right)$$

där:

- b = tid i förråd för A
- c = bearbetningstid för A
- d = tid i mellanlager för bearbetade insatsvaror
- e = tid i förråd för B
- f = monteringsstid för färdigvaran Z (A och B)
- g = tid i färdigvarulager för Z
- ℓ_A = direkt lön per tidsperiod (här satt = 1 dag) vid bearbetning av A
- ℓ_B = direkt lön per tidsperiod vid montering av A och B
- P_A = inköpspris för insatsvara A
- P_B = inköpspris för insatsvara B
- P_Z = försäljningspriser för färdigvara Z
- r = kalkylränta (årlig)
- t = tidpunkt

Den första termen i uttryck 5.2 motsvarar betalning av insatsvara A, vilken betalas vid referenstidpunkten t_0 (i figur 5.4). I täljaren i den andra termen diskonteras lönen vid bearbetning av A till början av tidsperioden c (t_1 i figur 5.4). Därefter diskonteras den erhållna nuvärdessumman av lönen för period c till referenstidpunkten (t_0). Tidsperioden c antas i detta fall representera genomsnittligt antal dagar, vilket även gäller för de andra tidsperioderna i modellen. I den tredje termen beräknas nuvärdet av den till förrådet inköpta insatsvaran B. I den fjärde termen beräknas nuvärdet av lön vid montering av insatsvarorna A och B på samma sätt som för det

⁴⁰ Begreppet nuvärde används fortsättningsvis synonymt med nettonuvärde.

⁴¹ Betalningarna antas vara stokastiska variabler, som påverkas av störningar.

andra uttrycket. I den sista termen diskonteras slutligen inbetalningarna från försäljning av färdigvaran Z från kundens betalningstidpunkt till referenstidpunkten (t_0).

Det nuvärde (NPV) som beräknas, kan betraktas som en stokastisk variabel där störningar kommer att leda till avvikelser från det förväntade nuvärdet. En analys av nuvärdet, enligt uttryck 5.2, kommer att leda till andra konsekvenser på de variabler som avspeglar tider ($b - g$) och de som avspeglar kostnader⁴² (P_A , P_B , l_A och l_B), än en analys av kumulativ kapitalbindning enligt uttryck 5.1. Vid en analys av nuvärdet kommer avvikelser från planerade kostnader (P_A , P_B , l_A och l_B) och intäkter (P_Z) att slå igenom hårdare än konsekvenser orsakade av avvikelser i tiden ($b - g$). En beräkning av nuvärdet är ju, enligt teorin, känsligast för avvikelser på *cash-flow* (Pinches, 1995). Då det antas att tidsperioden är kort, kommer avvikelser på tiden endast i extremfall att leda till stora avvikelser på nuvärdet. Den korta tiden gör också att konsekvenserna av att välja diskret eller kontinuerlig ränta endast får marginell betydelse.⁴³

Genom att generalisera uttrycket 5.2 till uttryck 5.3 kan det med uttrycken 5.4 - 5.9 visas att nuvärdet av ett företags betalningar (NPV) även kan beräknas som ett företags kalkylmässiga resultat, dvs EVA (Solomons, 1965; Amey, 1975; Tomkins, 1975:a; Emmanuel och Otley, 1976; Brealey och Myers, 1984; Pike och Dobbins, 1986).⁴⁴ Uttrycken 5.3 - 5.9 visar att det finns en direkt koppling mellan ägarnas krav på avkastning (nuvärdet av alla framtida betalningsströmmar eller NPV) och beräkning av ett företags kalkylmässiga resultat. Nuvärdet (NPV) av betalningarna, enligt uttryck 5.3, ger ett värde på den förväntade avkastningen.

$$(5.3) \text{ NPV} = \sum_{t=0}^T \frac{I_t(x) - U_t(x)}{(1+r/T)^t}$$

där:

⁴² Diskontering görs av betalningar. Då jag antar att betalning sker vid resursförbrukning (och inleverans), kan utbetalningar jämföras med kostnader.

⁴³ Se text Brealey och Myers (1984), Pike och Dobbins (1986), Pinches (1995) eller Grubbström och Lundquist (1996).

⁴⁴ Efter det att Solomons propagerat för måttet kalkylmässigt resultat följde några år där måttet diskuterades av bland annat Amey och Tomkins. Det är denna diskussion som ligger till grund för uttrycken 5.3 - 5.8.

- $I(x)$ = stokastisk variabel som anger inbetalning (intäkt) vid försäljning av x
 $U(x)$ = stokastisk variabel som anger utbetalning (kostnad) vid inköp/tillverkning av x
 r = kalkylränta för hela perioden som består av n delperioder
 t = tidpunkt
 T = sluttidpunkt

Istället för att beräkna nuvärdet av betalningarna, kan uttryck 5.3 formuleras om till att avse slutvärdet av dessa betalningar, vilket är lika med ett kalkylmässigt resultat. En beräkning av betalningarnas slutvärde (*Net Terminal Value* eller NTV), kan göras enligt uttryck 5.4.

$$(5.4) \text{ NTV} = \sum_{t=0}^T (I_t(x) - U_t(x)) \left(1 + \frac{r}{T}\right)^{T-t}$$

Då föreliggande analys berör kortsiktig analys av ett företags avkastning och en hel period som är kortare än ett år eller mindre, kan uttryck 5.4 approximeras till uttrycken 5.5 - 5.7.

$$(5.5) \text{ NTV} = \sum_{t=0}^T (I_t(x) - U_t(x)) \left(1 + \frac{T-t}{T} \cdot r\right)$$

$$(5.6) \text{ NTV} = \sum_{t=0}^T (I_t(x) - U_t(x)) + \sum_{t=0}^T (I_t(x) - U_t(x)) \left(\frac{T-t}{T} \cdot r\right)$$

$$(5.7) \text{ NTV} = \sum_{t=0}^T I_t(x) - \sum_{t=0}^T U_t(x) + r \cdot RK(x)$$

där:

genomsnittligt bundet rörelsekapital ($RK(x)$) kan formuleras som uttryck 5.8.

$$(5.8) \text{ RK}(x) = \sum_{t=0}^T (I_t(x) - U_t(x)) \left(\frac{T-t}{T}\right)$$

Observera att uttryck 5.8 (och således också den näst sista termen i uttrycken 5.6 och 5.7) kommer att bli negativt i de fall som inbetalning endast sker i slutet av tidsperioden, dvs vid tidpunkt T . Detta innebär att uttryck 5.8 utgör det genomsnittligt bundna rörelsekapitalet (RK). Det genomsnittliga bundna kapitalet kan sedan via kalkylräntan ge oss kostnaden för detta kapital (*kapitalkostnaden*). Om vi återgår till exemplet med det enkla materialflödet som beskrivits tidigare, kan det förväntade kalkylmässiga resultatet (EVA), i enlighet med uttryck 5.2, beräknas som uttryck 5.9⁴⁵, där EVA kan antas vara en stokastisk variabel.

$$(5.9) \text{ EVA} = P_Z - P_A - c \cdot \ell_A - P_B - f \cdot \ell_B - r \cdot \text{RK}$$

där:

c = bearbetningstid för A

f = monteringsstid för färdigvaran Z (A och B)

ℓ_A = direkt lön per tidsperiod⁴⁶ vid bearbetning av A

ℓ_B = direkt lön per tidsperiod vid montering av A och B

P_A = inköpspris för insatsvara A

P_B = inköpspris för insatsvara B

P_Z = försäljningspris för färdigvara Z

r = kalkylränta

RK = genomsnittlig kapitalbindning (rörelsekapital)

t = tidpunkt

T = sluttidpunkt

$$P_Z = \sum_{t=0}^T I_t(x)$$

$$P_A + c \cdot \ell_A + P_B + f \cdot \ell_B = \sum_{t=0}^T U_t(x)$$

$$\text{RK} = \sum_{t=0}^T (U_t(x)) \left(\frac{T-t}{T} \right)$$

⁴⁵ Dvs den approximation som utgörs av uttryck 5.7.

⁴⁶ Observera att lönen i detta fall betraktas per tidsperiod och inte per enhet som tillverkas. Den direkta lönen per enhet blir här summan av direkt lön per tidsperiod dividerat med det antalet enheter som tillverkas.

Om vi återgår till det enkla exemplet kan det genomsnittligt bundna rörelsekapitalet (RK) således beräknas enligt uttryck 5.10.

(5.10)

$$RK = P_A \left(\frac{T-0}{T} \right) + \ell_A \left(\frac{T - (b + \frac{c}{2})}{T} \right) + P_B \left(\frac{T - (b+c+d)}{T} \right) + \ell_B \left(\frac{T - (b+c+d+e + \frac{f}{2})}{T} \right)$$

$$RK = \frac{\left(P_A(b+c+d+e+f+g) + \ell_A \left(\frac{c}{2} + d+e+f+g \right) + P_B(e+f+g) + \ell_B \left(\frac{f}{2} + g \right) \right)}{T}$$

där:

T = b+c+d+e+f+g, dvs summan av alla delperioder eller total tidsperiod

och övriga beteckningar som ovan.

Störningar innebär att variationer uppstår avseende bland annat tider (t ex vid sena inleveranser), kvantiteter (t ex vid arbetsfel som orsakar kassationer) eller priser (t ex vid försäljning av färdigvaror av dålig kvalitet). De konsekvenser som uppstår av störningar kommer således att leda till avvikelser från de förväntade värdena från uttrycken 5.1 - 5.10. Avvikelser kan bäst analyseras genom att ett kalkylmässigt resultat (EVA) beräknas.⁴⁷ Då kan, förutom de avvikelser som avspeglas i företagets kapitalkostnad, även de avvikelser störningar får på företags intäkter och kostnader analyseras.

Det kalkylmässiga resultatet (EVA) uttrycker summan av särintäkterna (inbetalningarna) och särkostnaderna (utbetalningarna) under en given tidsperiod minus kostnaden för det genomsnittligt bundna rörelsekapitalet under denna tidsperiod. En klar fördel med att analysera EVA, i stället för genomsnittlig kapitalbindning, är att företagets inbetalningar (P_Z) beaktas, vilket inte görs vid en analys av genomsnittlig kapitalbindning, enligt uttryck 5.1. Då EVA kan betraktas som en stokastisk variabel och konsekvenserna på såväl kapitalbindning och kostnader som intäkter analyseras, kan det avgöras om en investering i åtgärder är effektiv eller

⁴⁷ Där en sådan beräkning lämpligast görs med hjälp av simulering, vilket beskrivs mer ingående i kapitlen 6 och 7.

inte, dvs om den är acceptabel mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk.⁴⁸

Det finns som vi ser en direkt koppling mellan en nuvärdekalkyl (som används för att uttrycka ägarnas krav på hög avkastning) och det kalkylmässiga resultatet (EVA). Beräkning och användning av måttet kalkylmässigt resultat har diskuterats länge i litteraturen. Jag menar att detta mått i större utsträckning bör kunna användas för att analysera störningars konsekvenser utefter tillverkande företags materialflöden, så att insättandet av åtgärder kan bli effektivare.

5.3 Sammanfattning och slutsatser

I föreliggande studie tas en utgångspunkt i den litteratur som behandlar JIT, där principen JIT kan sägas forma en planeringsmetod, som leder till effektiv hantering av störningar. Av litteraturen framgår det att låg kapitalbindning i allmänhet används som ett kriterium för att avgöra om hanteringen av störningar är effektiv. Enligt min mening är en analys av företags kapitalbindning (kapitalrationalisering) inte tillräcklig för att avgöra effektiviteten utefter ett företags materialflöde och därmed inte heller för hur effektivt ett företag hanterar sina störningar. Dessutom beaktas sällan den exponering för störningar ett företag utsätter sig för när lagernivåer reduceras. Jag har mot bakgrund av dessa brister förespråkade att företag bör planera sin hantering av störningar, så att ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk kan uppnås.

Det andra delsyftet med föreliggande studie är därför att presentera ett mått som är lämpligt för att analysera störningars ekonomiska konsekvenser, utefter tillverkande företags hela materialflöden, mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk - dvs hög effektivitet. I detta kapitel har, i enlighet med detta delsyfte, ett mått (EVA) presenterats som företag kan använda vid en sådan analys, inom ramen för dess befintliga kapacitet. Med EVA, som är ett kalkylmässigt resultat, avses intäkt minus tillverkningskostnad minus kostnad för genomsnittligt bundet rörelsekapital.

⁴⁸ Hur de planerade värdena och avvikelser från dessa värden kan analyseras, kommer att behandlas djupare i kapitlen 6 och 7.

Bland de antaganden som gjorts kan nämnas att tillverkade, ej levererade färdigvaror, värderas till tillverkningskostnadspris, dvs kostnaden för insatsvaror plus kostnaden för direkt lön. Med rörelsekapital avses det kapital som binds i förråd, lager och färdigvarulager. Jag bortser således från det kapital som binds i anläggningstillgångar, eftersom analysen avser ett befintligt system med given kapacitet. Jag antar också att betalning omedelbart följer leverans. De antaganden som gjorts medför att analysen blir något förenklad, men det principiella resonemanget kan trots det antas gälla vid analys på längre sikt och med beaktande av t ex kredittider och tillverkningsomkostnader. Om åtgärder vidtas på lång sikt bör utgifterna för sådana åtgärder periodiseras på lämpligt sätt, så att kalkylen blir anpassad till den tidsperiod som skall analyseras.

Jag menar att EVA, som kan betraktas som en stokastisk variabel, bör användas för att analysera om åtgärder för att hantera de störningar som företag exponerar sig för är effektiva, dvs om ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk kan uppnås. Med begränsad risk avses begränsad sannolikhet för att avkastningen hamnar under en viss kritisk gräns. Riskens kan mätas som den spridning (variation) som uppstår med avseende på avkastningen, vilken t ex kan mätas som standardavvikelsen kring ett medelvärde, där större standardavvikelse innebär större risk. Denna risk kan vid användandet av EVA skattas genom att avvikelser på företags förväntade inbetalningar (intäkter) och utbetalningar (kostnader) analyseras under en given tidsperiod.

Fördelen med att använda det presenterade måttet EVA, för att beräkna ett förväntat kalkylmässigt resultat, är måttets koppling till det krav som ägarna har på hög avkastning till begränsad risk. En sådan hänsyn tas inte om enbart konsekvenser på ett företags kapitalbindning analyseras. I kapitlen 6 och 7 visas mer i detalj hur detta mått kan tillämpas med hjälp av simulering för att analysera störningars konsekvenser.

KAPITEL 6

ANALYS AV STÖRNINGARS KONSEKVENSER MED HJÄLP AV SIMULERING

6.1 Introduktion till simuleringen

Litteraturen om JIT har inriktats mot reducering och eliminering av lagernivåer (kapitalrationalisering), vilket skall garantera att de allvarligaste störningarna synliggörs och kan åtgärdas. Sällan beaktas konsekvenserna på företagets avkastning och de risker som lagerreduktion är förknippad med. Därför menar jag att hanteringen av störningar bör styras mot högsta möjliga avkastning till begränsad risk. I kapitel 5 presenterades ett mått som kan användas vid en sådan analys, så att hanteringen av störningar kan bli effektivare.

I detta kapitel visas, i enlighet med det tredje delsyftet, hur systematiken för att identifiera störningar och det presenterade måttet för att analysera störningars ekonomiska konsekvenser, kan tillämpas med hjälp av simulering. Ett viktigt inslag är "design" av simuleringsmodeller och experiment. Med två olika simuleringsmodeller visas i avsnitten 6.3 och 6.4 hur störningars konsekvenser kan analyseras med hjälp av simulering, för två olika typer av företag (olika planer).¹

6.1.1 Motiv för att använda simulering vid analys av störningar

Simuleringsmodeller och modeller i allmänhet kan användas för att uppfylla olika mål. Gemensamma mål för de företag som studerats var att de ville undvika störningar och uppnå hög effektivitet. Följande målformulering gäller för den fortsatta framställningen.

Målet med att utveckla och använda simuleringsmodeller är att störningar då kan analyseras på ett sådant sätt att en effektiv hantering av störningar möjliggörs.

¹ I kapitel 7 visas i detalj hur en fördelningsfunktion över avkastningen kan beräknas med hjälp av simulering, så att hanteringen av störningar kan styras mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk.

Varför är då simulering lämplig för att visa på konsekvenserna av störningar, så att hanteringen av störningar kan styras mot högre effektivitet? Vilka är fördelarna och vilka är nackdelarna med simulering jämfört med andra modeller?

Genom att bygga och studera en modell (t ex en simuleringsmodell) möjliggörs bättre förståelse för en verklig funktion eller struktur. Modeller används ofta för att förutsäga beteendet av ett verkligt system, som dessutom kan varieras, så att olika förutsättningar i ett verkligt system lättare kan förstås. Modeller är även användbara för att försäkra sig om att mål för det studerade systemet kan uppnås (Madu och Kuei, 1993). En simuleringsmodell kan t ex utnyttjas för att skapa förståelse för hur ett materialflöde fungerar när störningar av olika slag inträffar och därmed göra det möjligt att undersöka olika strategier för tillverkning, investeringar i nya anläggningar m.m. (Chaharbaghi, 1990; Viktorsson, 1990).

Analytiska modeller och experimentverkstäder är två alternativ till simuleringsmodeller vid studier av materialflöden. Exempel på analytiska modeller är Wilsonformeln och kömodeller. Nackdelen med analytiska modeller är att detaljeringsnivån oftast är otillräcklig. Med analytiska modeller är det dessutom mycket svårt att ta hänsyn till dynamiken utefter ett helt materialflöde. Nackdelen med experimentverkstäder (eller andra befintliga system) är att det ofta är tidskrävande och ett kostsamt sätt att analysera störningar på (Savén, 1988; Dahlborg, 1991).

I kapitel 3 visades att det finns olika modeller för att beskriva ett system. En typ av modell är simulering, men även inom simulering finns olika typer av modeller. *Simuleringsmodeller* kan delas in i två huvudtyper, tidsstyrda och händelsestyrda. I en *tidsstyrd simulering*² kontrolleras tillståndet i modellen med regelbundna intervall. Simuleringens klocka uppdaterar tillståndet i modellen med jämna tidsintervall. Denna typ av simulering lämpar sig för processflöden, t ex kemisk industri (Savén, 1988). *Händelsestyrd simulering*³ är den andra och vanligaste simuleringstypen och lämpar sig bäst för tillverkande företag. Vid denna typ av simulering registreras varje händelse och sorteras i tidsordning i en händelselista, där tiden mellan två händelser kan vara sekunder, dagar eller veckor (Pidd, 1988; Savén, 1988; Law och Kelton, 1991). Tiden mellan händelserna registreras inte, eftersom "inga händelser" är ointressant att registrera. Att

2 Även kallad kontinuerlig simulering.

3 Även kallad diskret simulering.

simuleringsmodellen är händelsestyrd är ofta en förutsättning för meningsfull produktionssimulering (Savén, 1988).⁴

Simulering har den fördelen gentemot analytiska modeller, att mer komplexa system kan studeras. Vid simulering används datorer och någon typ av programvara för att bygga modeller, vars uppgift är att efterlikna det system som studeras. Systemet som studeras i föreliggande studie är ett logistiskt system - tillverkande företags hela materialflöden. Meningsfull simulering innebär även att ett problem måste vara formulerat, data och information insamlad, statistiska samband kända samt att en analys av simuleringens resultat görs (Madu och Kuei, 1993).

Till skillnad från de flesta analytiska modeller är simuleringsmodeller inte optimerande. Svaren blir inte av typen "kostnaderna (m.m.) minimeras med den givna lösningen", utan av typen "kostnaderna (m.m.) blir Y kronor om alternativ X väljs". Resultatet från en simulering måste givetvis analyseras utifrån de förutsättningar som beskrivs i modellen. För att simulera ett materialflöde måste en modell bestående av de mest *centrala komponenterna* från verkligheten byggas. En sådan modell kan i princip se ut som uttryck 6.1 (Savén, 1988).

$$(6.1) \quad R=f(P, \omega)$$

Uttrycket visar hur en simuleringsmodell kan ses som en funktion (f), där resultatet ($R=r_1, r_2, \dots, r_k$) beror på värdena på påverkbara faktorer ($P=p_1, p_2, \dots, p_n$) och ett antal "störfaktorer" ($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m$), som utgör modellen. *Resultatet* mäts t ex som förväntat kalkylmässigt resultat (EVA), vilket jag förespråkade i tidigare kapitel.⁵ De *påverkbara parametrarna* kan t ex vara leverantörer och insatsvaror som köps från dem, anställda i företaget, maskiner som används vid bearbetning och montering, färdigvaror som säljs till företagets olika kunder samt priser. *Störfaktorerna* i de kommande experimenten är några av de nio störningar som identifierats i kapitel 4. En mer detaljerad beskrivning av de centrala komponenterna görs inför respektive experiment.⁶

4 Med produktionssimulering avses simulering av ett produktionssystem. Se kapitel 1 och 3 för en definition av (produktions-) system.

5 Jämför med kapitel 5. Det är med hjälp av simulering även möjligt att analysera andra mått än det jag förespråkar.

6 Se även avsnitt 6.2.3, där antaganden och val av data behandlas.

Det dominerande användningsområdet för *produktionssimulering* är systemutveckling, vilket innefattar nyprojektering och vidareutveckling av befintliga anläggningar. Med systemutveckling menas hur en acceptabel plan för att genomföra ett aktuellt projekt kan åstadkommas (Savén, 1988; Law och Kelton, 1991). Om simulering används vid en sådan planering, blir det möjligt att göra experiment avseende framtida händelser. Simulering kan därmed även användas för att analysera störningar och dess konsekvenser, så att företag vid sin hantering av störningar kan prioritera mellan olika åtgärder, så att denna hantering blir effektivare. Simuleringens resultat blir då underlag för att påvisa konsekvenser av de störningar som förekommer i ett system och konsekvenserna av att en viss åtgärd vidtas. Givetvis måste analysen göras utifrån de i experimentet satta förutsättningarna (Viktorsson, 1990; Law och Kelton, 1991).

Lane et al (1993) visar att produktionssimulering är mycket vanligt vid planering och analys i tillverkande företag. Savén (1994) har, å andra sidan, genom en enkätstudie funnit att endast 4% av respondenterna i cirka 200 svenska verkstadsföretag, med mer än 100 anställda, anser att de arbetat mycket med simulering. Ännu färre, endast 2%, anser att de har god kunskap om simulering. Det anses i dessa företag även finnas en potential för bättre beslutsunderlag med hjälp av simulering, samtidigt som bristfällig kunskap inom området gjort att flera företag inte medvetet avfärdat, övervägt eller provat simulering (ibid). Trots att simulering anses vara ett av de bästa sätten att analysera störningar saknas det litteratur som beskriver hur en sådan analys bör utformas (se Viktorsson, 1990 och 1993).⁷ Enligt Viktorsson (1993) är layoutplanering, materialplanering, planering av bemanningsnivåer, kapacitetsplanering, investeringsplanering och balansering de vanligaste användningsområdena för simulering.

Bristande acceptans bland potentiella användare anses ha hindrat spridningen av simulering till fler användningsområden (Law och Kelton, 1991). För det första har simuleringsmodeller ansetts vara för komplexa. Detta har dock förändrats under senare år, eftersom det numera finns mjukvara som automatiskt gör en stor del av programmeringen. Ett andra problem har varit att det behövs lång tid att utveckla modeller för att göra experiment av komplexa system. Detta är numera ett mindre problem, eftersom hård- och mjukvara blivit allt tillgängligare till en allt lägre kostnad. Slutligen uppfattas många simuleringsmodeller som "*omfattande program, utvecklade för att finna svaret*". Denna syn på simulering är felaktig och gör att simulering inte alltid använts på "rätt" sätt. Fyra fördelar med simulering är påtagliga (Law och Kelton, 1991):

7 Se även avsnitt 6.1.2, där tidigare simuleringsstudier av JIT-system behandlas.

- Simulering är ofta det enda tänkbara alternativet vid analys av komplexa system med stokastiska (slumpmässiga) inslag.
- Simulering möjliggör jämförelser av olika planerade förändringar av existerande system.
- Simulering möjliggör experimentering under striktare kontroll än vad som är möjligt vid experimentering i ett verkligt system.
- Simulering gör det möjligt att studera ett system under kortare eller längre tidsperioder genom att längre tidsperioder komprimeras eller kortare tidsperioder expanderas.

Bland fördelarna med simulering kan även nämnas den realism som animerad simulering ger, vilken underlättar vid förståelsen för och logiken bakom en modell.⁸ När analytiska modeller används för att lösa problem i komplexa system kan förståelsen försämrats, vilket ofta leder till mer förenklingar än vad som är nödvändigt när simulering används. Simulering kan också med fördel användas när system som inte existerar studeras (Madu och Kuei, 1993). Då samma slumpantal kan användas om och om igen i en simuleringsmodell, kan små (eller stora) förändringar i modellen göras jämförbara. Om verkligheten studeras utan några som helst restriktioner, kan sådana experiment vara svåra att kontrollera.

Tidigare har simulering ofta setts som den sista utvägen, när ett system blivit allt för komplext att studera med hjälp av analytiska modeller. Att se simulering som det enda tänkbara alternativet vid analys av komplexa system är dock ett föråldrat sätt att se på simulering (Swain, 1995). Simulering kan idag användas för att bygga ett stort antal olika modeller och är liksom andra modeller mer lämpade för att analysera vissa problem än andra. Simulering är dock speciellt användbart när stegvisa förändringar i ett system skall analyseras. Dessutom är simulering lämpligt när problem med extrema utfall skall analyseras (ibid).

Bland nackdelarna med simulering är en praktisk nackdel att de programvaror (simulatorer) som finns att tillgå, är relativt kostsamma och att det kan ta relativt lång tid att lära sig programvarorna.⁹ Den snabba tekniska utvecklingen inom datorbranschen har dock reducerat

8 Med animerad simulering avses simulering där aktiviteter och händelser, t ex varor som flyttas eller maskiner som "arbetar", illustreras med ikoner på en skärmbild.

9 Programvaror (simulatorer) behandlas i avsnitt 6.2.2 och bilaga 6.

kostnaderna och mer pedagogiska användargränssnitt har underlättat inläringen av de tidigare så komplicerade programvarorna. Följande tre *nackdelar* med simulering är påtagliga (Law och Kelton, 1991):

- Simulering beräknar resultaten utifrån någon typ av fördelning, varför den ger olika resultat vid upprepade körningar. Först efter ett stort antal körningar är det möjligt att fastställa acceptabla resultat, vilket kan ta lång tid.
- Simulering kan vara dyrt och ta lång tid att genomföra.
- Mängden data simuleringen producerar kan ge beslutsfattaren uppfattningen att resultaten är trovärdiga, även vid en icke-valid modell.¹⁰ Detta intryck kan förstärkas vid animerad simulering.

Varför skall man då inte använda befintliga analytiska modeller vid analys av störningar? Komplexiteten i det studerade systemets omgivning samt behovet av att använda empiriska data gör att förutsägelsen av ett systems uppträdande med analytiska modeller kan vara omöjlig eller opraktisk. Analytiska modeller kräver ofta avancerad matematik, vilket gör det lättare att göra felaktiga förenklingar. För att undvika detta är simuleringsmodeller lämpliga att använda. Mot bakgrund av tidigare kapitel och diskussionen i detta kapitel, kan *mina motiv* för att använda simulering sammanfattas till följande:

- Med simulering klarar man enkelt av att beskriva slumpmässiga händelser, såsom störningar.
- I en simulator för animerad produktionssimulering är det relativt enkelt att bygga upp ett materialflöde och det går relativt lätt att variera flera *indata* (t ex ställtider, sjukfrånvaro, maskinhaverier och leveranstider).
- Flera *utdata* kan tas fram relativt snabbt (t ex tider, intäkter, kostnader, genomsnittlig kapitalbindning, kalkylmässigt resultat och kapacitetsutnyttjande).

Vad kan då uppnås med simulering av materialflöden? Målet med simuleringen i föreliggande studie, är att visa hur störningars konsekvenser kan analyseras utifrån ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk,

¹⁰ Validitet behandlas i avsnitt 6.2.4.

så att hanteringen av störningar kan bli effektivare. Simuleringen kommer också att visa hur olika mått kan användas för att analysera störningars konsekvenser.

Med analys av störningars konsekvenser avses såväl beskrivningar av befintliga system som förslag på hur företag bör göra för att avgöra vilken åtgärd (vilket åtgärdsprogram) som bör väljas mot bakgrund av målet effektivitet, vilket i detalj visas först i kapitel 7. En konsekvens av att kvantiteter, inköspriser, tillverkningskostnader, genomloppstider och försäljningspriser m.m. kan studeras i en simuleringsmodell, är att flera andra mått än det jag förespråkar kan analyseras. Det blir därigenom möjligt att analysera konsekvenserna av olika störningar och en mängd möjliga handlingsalternativ för att åtgärda dessa. Det blir även möjligt att beskriva hur konsekvenserna av störningar fortplantar sig utefter företags materialflöden, eftersom simulering har den fördelen att den kan hantera beroendeförhållanden och en slumpmässig händelseutveckling.

6.1.2 Tidigare studier med simulering av JIT-system

Ett flertal av de studier som behandlar JIT beskriver hur införandet av JIT gått till i framgångsrika företag. Till skillnad från dessa studier finns det studier som modellmässigt visar hur tillverkning och leveranser "just-i-tid" kan öka ett företags "effektivitet".¹¹ Vid litteratursökningar har jag funnit ett flertal studier som är inriktade mot simulering av så kallade JIT-system. Flera av dessa studier behandlar design av system och/eller jämför JIT med traditionella planeringsmetoder.¹² Några av studierna behandlar även störningar utefter tillverkande företags materialflöden.

En central studie är Ritzman et al (1984), som med omfattande simuleringar har studerat typiska amerikanska företag. De pekar ut ett antal centrala faktorer för att öka dessa företags effektivitet. De mäter effektivitet på en mängd olika faktorer, där den mest centrala är lagerreducering. Genom deras simuleringsstudie bekräftas att reduktioner i såväl ställtider som seriestorlekar (centralt vid införandet av JIT) är det bästa sättet att öka (den totala) effektiviteten utefter ett materialflöde. Detta har ju även framhävts i beskrivande studier av framgångsrika företag. De visar också hur en reduktion av maskinhaverier och andra

11 Dock inte så som effektivitet är definierat i föreliggande studie.

12 Se t ex Abdou och Dutta (1993), Berkley (1993), Albino et al (1995), Welgama och Mills (1995), Cormier och Kersey (1995) samt Chakravorty och Atwater (1995). Se även Singh och Brar (1992) för en genomgång av studier gjorda innan 1992.

störningar kan leda till förbättrad effektivitet. Förutom lagerreduktion leder en reduktion av störningar även till att kundservicen kan förbättras och att kostnader för arbete kan reduceras. Slutsatserna i deras studie kan verka ganska självklara. De beaktar dock inte de alternativkostnader som är förknippade med att vidta flera av de förändringar som föreslås, t ex för att vidta åtgärder som leder till att orsaker till störningar och dess konsekvenser kan reduceras.

Införandet av JIT medför ofta att ytor för att lagra varor, antalet containers och antalet truckar kan reduceras. Bookbinder och Locke (1986) jämför med två olika modeller (med och utan lagerhållning) hur distributionen mellan två företag fungerar vid sk. JIT-leveranser. Servicenivåer och kostnader används för att bedöma vilken av modellerna som är bäst (effektivast). Ett resultat är att JIT-leveranser är effektivare än leveranser med buffertlager.

Krajewski et al (1987) har studerat om beordring med Kanbankort kan fungera i amerikanska företag samt vilka omgivningsfaktorer som har störst betydelse för företagets effektivitet. Studien är en vidareutveckling av Ritzman et al (1984) och resultaten bygger på en enkät och simulering. De faktorer som visade sig ha störst betydelse för företags effektivitet var lagerhållning, typ av process (flexibilitet hos de anställda och reduktion av kassationer), säkerhetssystem (säkerhetslager, säkerhetstid eller säkerhetskapacitet) samt kundernas krav.

Cadley et al (1989) visar hur simulering använts vid planeringsstadiet för att hitta och lösa problem innan byggandet av en ny monteringsanläggning, som skulle styras med JIT. Genom att simulering användes redan i planeringsstadiet kunde många störningar vid byggandet av anläggningen undvikas. Hur störningar vid själva monteringsanläggningen kan reduceras, hade också studerats.

Lee (1991) visar hur simulering har använts vid design av ett planeringssystem baserat på JIT (och Kanban). Skillnaderna mellan ett befintligt system, med "stora" orderstorlekar, och ett planerat system, med "små" orderstorlekar, jämförs. Rekommendationen blir att införa det planerade systemet. Dvs att JIT är effektivare än det befintliga systemet.

Ytterligare en studie som kan nämnas är Ovrin (1991), som har använt simulering för att jämföra olika planeringsmetoder i olika typer av företag. De planeringsmetoder som undersöks är beställningspunktsystem och nettobehovsplanering. Han gör också en genomgång av andra studier, där simulering använts för att jämföra olika typer av planeringsmetoder. Av

hans genomgång framkommer att flera olika mått används för att bedöma effektiviteten av att använda en viss planeringsmetod i förhållande till en annan. Huruvida JIT är effektivare än andra planeringsmetoder diskuteras. Resultaten från de studier han har undersökt är dock inte entydiga.

Ovanstående studier har lite olika inriktning. Gemensamt för dem är att simulering använts för att finna lösningar som (i någon mening) leder till högre effektivitet. Bland de kriterier som använts för att bedöma effektivitet i ovanstående studier, fokuseras främst mått på kostnader, lagernivåer, servicenivåer och ställtider. Det råder en klar brist på simuleringsstudier som är inriktade mot analys av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk. Jag menar att det finns ett stort behov av att visa hur simulering kan användas för samtidig analys av avkastning och risk. Hur detta kan göras kommer att visas i den fortsatta framställningen.

6.2 Tillvägagångssätt

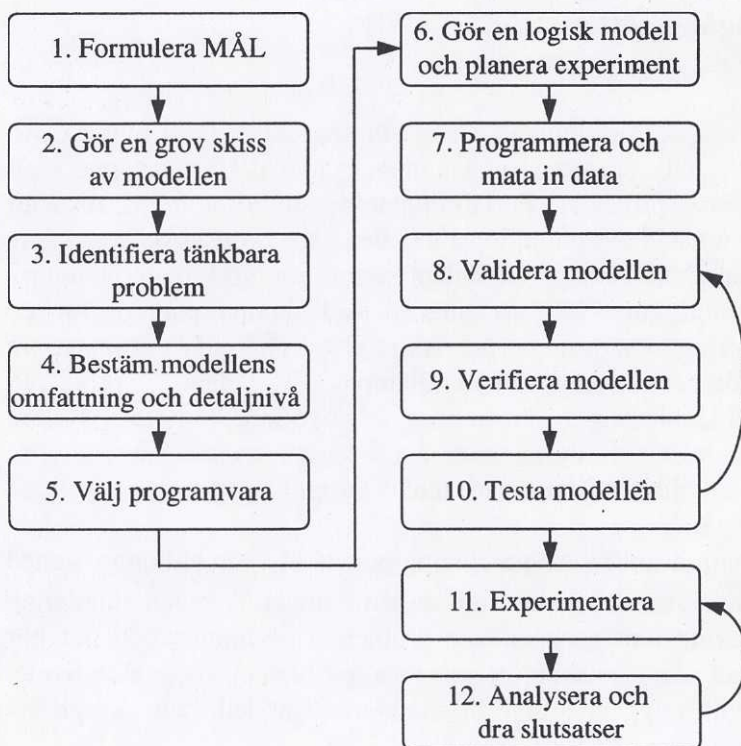
I samband med att det bestäms att simuleringsmodeller skall byggas och användas för att analysera ett visst fenomen, gäller det att formulera ett mål med simuleringsprojektet. För föreliggande studie är målet med att utveckla och använda simuleringsmodeller att konsekvenserna av störningar då kan analyseras på ett sådant sätt att en effektivare hantering av störningar möjliggörs. För att företag skall kunna planera för en effektivare hantering av störningar behövs ett "verktyg", där det mått som presenterats i föregående kapitel kan tillämpas. Ett sådant "verktyg" är simulering. Med simulering är det möjligt att analysera komplexa system med stokastiska inslag. Simulering är även lämpligt när man vill göra jämförelser mellan olika förändringar i tänkta system.

Jag kommer i detta avsnitt visa hur företag bör gå tillväga vid uppbyggnad av simuleringsmodeller och vid design av experiment.¹³ Innan simulering och experimentering kan börja, måste problemet definieras och det bör vara klargjort att det är lämpligt att lösa problemet med simulering. Arbetsgången vid byggandet av en simuleringsmodell och design av

13 Jag skiljer på begreppen experiment och experimentsituation. Med ett experiment avses en simulering av en given modell. Med experimentsituation avses hur en modell i grunden är uppbyggd, vilken situation som det görs experiment på.

experiment följer de steg som rekommenderas av Savén (1988). Dessa sammanfattas i figur 6.1.¹⁴

Efter det att ett mål med simuleringen formulerats, vidtas det andra steget, vilket är att göra en grov skiss av modellen. Hur en sådan skiss kan se ut visas i avsnitten 6.3 och 6.4. Utgångspunkten tas här från de flöden som studerats i föreliggande studies empiriska del.¹⁵ I avsnitt 6.2.1 behandlas det tredje steget, som är identifiering av tänkbara problem. Där behandlas till viss del även modellernas omfattning och detaljnivå, vilket är det fjärde steget. Det femte steget är att välja programvara med inriktning mot produktionssimulatorer, vilket behandlas i avsnitt 6.2.2. Det sjätte steget behandlas ej explicit. I avsnitt 6.2.3 behandlas det sjunde steget, som är val av de data som ingår i simuleringsmodellerna. I avsnitt 6.2.4 behandlas stegen 8, 9 och 10, som är validering och verifiering. I avsnitt 6.2.5 behandlas slutligen tillvägagångssätt när experiment skall utföras, dvs stegen 11 och 12.



Figur 6.1 Arbetsgången vid simulering

14 Se även Carrie (1988), Pidd (1988), Elzas et al (1989), Law och Kelton (1991) samt Madu och Kuei (1993).

15 Inspiration har också fåtts från Thorstenson (1988).

6.2.1 Generella utgångspunkter för experimenten

I detta avsnitt behandlas diverse tänkbara problem och simuleringsmodellernas omfattning bestäms i grova drag. Omfattningen av respektive modell diskuteras utifrån fem utgångspunkter.¹⁶

En *första* utgångspunkt är *möjligheten att tillverka varor i den takt som färdigvaror efterfrågas*. Denna takt bestäms av företagets tillgångar (resurser) och den kapacitet dessa tillgångar har. Med kapacitet menas företagets fasta resursers prestationsförmåga, där prestationsförmågan mäts som antalet varor som kan tillverkas (output) under en given tidsperiod.¹⁷ Utefter ett materialflöde, där det finns flera resurser, blir materialflödets kapacitet det antal enheter som kan tillverkas vid den långsammaste maskinen. Denna resurs är en så kallad trång sektion eller flaskhals (Frenckner, 1983; Cox och Goldratt, 1986; Evans, 1993). För varje experimentsituation har jag försökt att balansera kapaciteten, så att inga "flaskhalsar" existerar vid en optimal plan.

Jag avser att studera störningars konsekvenser på två olika typer av materialflöden (planer). En plan där efterfrågan (D) är större än (eller lika med) kapaciteten (P) ($D > P$) och en plan där kapaciteten är större än efterfrågan ($P > D$). För projekt tillverkning är det dock ej relevant att studera fall där efterfrågan är större än kapaciteten ($D > P$), eftersom ett "projekt" alltid antas vara efterfrågat av en kund.¹⁸ Det är dessutom ovanligt att företag tillverkar mot lager när kapaciteten är större än efterfrågan, utom för att hantera säsongvariationer eller för att bygga upp ett säkerhetslager.

En *andra* utgångspunkt är *typen av tillverkning* som företagen bedriver. Jag utgår från två typer av tillverkning, vilka benämns repetitiv tillverkning och projekt tillverkning. Med repetitiv tillverkning menas att ett stort antal av likadana färdigvaror tillverkas. Med projekt tillverkning menas att en eller ett fåtal färdigvaror tillverkas under en längre tidsperiod. Två avgörande skillnader mellan repetitiv tillverkning och projekt tillverkning är den kvantitet av insatsvaror som används för att tillverka en färdigvara och den tid det tar att tillverka en färdigvara.¹⁹ För varje experimentsituation antas fortsättningsvis att tillverkningen är repetitiv.

16 I mer detaljerade drag behandlas de data som används i respektive modell i avsnitt 6.2.3 och respektive modells omfattning i avsnitten 6.3 och 6.4.

17 Jämför med kapitel 1.

18 Utgångspunkten tas här utifrån de företag som studerats. Varje enskilt företag måste givetvis bygga en simuleringsmodell utifrån mer precisa förutsättningar.

19 Jämför med avsnitt 3.2.1.1.

En *tredje* utgångspunkt för experimenten är om tillverkning sker mot *lager* eller mot *kundorder*²⁰. För varje experimentsituation antas att tillverkning sker mot kundorder, eftersom tillverkning mot lager troligtvis medför att avkastningen påverkas av trender i efterfrågan, snarare än av de störningar som analyseras. Störningars konsekvenser på företags inbetalningar är dessutom en viktig del av analysen.²¹ Allt som tillverkas kan alltså säljas.

En *fjärde* utgångspunkt är att valet av åtgärder för att hantera störningar framför allt beror på om *en eller flera färdigvaror* tillverkas. Om flera färdigvaror tillverkas kan åtgärder för att hantera en viss störning få konsekvenser på tillverkningen av andra färdigvaror. Valet av åtgärd kan alltså beror på vilken färdigvara, av ett stort antal färdigvaror som tillverkas, vilket leder till att en prioritering måste göras mellan dem. För att undvika konflikter mellan flera färdigvaror och de styrregler som gäller för en tillverkningsorder bortser jag från tillverkning av flera färdigvaror.

En *femte* utgångspunkt är att företag vid sin planering av materialföden kan använda sig av olika *styrregler* för att bestäma när en tillverkningsorder skall initieras. De styrregler jag kommer att använda mig av i modellerna inriktar sig mot kapacitetsorienterad planering, beställningspunktsystem och *Cover-Time Planning* (täcktidsplanering).²² De möjligheter som finns med avseende på de fem utgångspunkterna sammanfattas i tabell 6.1.

20 Med kundorder avses att varor efterfrågas och kan säljas direkt när de är färdiga för försäljning. Till skillnad från tillverkning mot lager, som innebär att varor lagerhålls när de är färdiga för försäljning. Jag antar således att intressenter inom ett företag vet om att en kund, och därmed en order, finns.

21 Jämför med den första utgångspunkten ovan.

22 För en diskussion om dessa styrregler se t ex Axsäter (1979), Evans (1993) och Segerstedt (1995).

1	2	3	4	5
Kapacitet och efterfrågan	Typ av tillverkning	Tillverkning mot kundorder	En färdigvara	Styrregler vid planering
D>P	Repetitiv	JA	JA	Kapacitetsorienterad & beställningspunktsystem
D>P	Projekt	Ej relevant	Ej relevant	Ej relevant
P>D	Repetitiv	JA	JA	Cover-Time Planning
P>D	Projekt	JA	JA	Cover-Time Planning

Tabell 6.1 Utgångspunkter vid utformning av experiment

För att kunna undersöka konsekvenserna av att störningar inträffar under de olika förutsättningar som angivits i tabell 6.1, måste experiment göras och analyseras på dessa fall. Med hänsyn till utgångspunkterna ovan och de avgränsningar som där gjorts, har jag valt två olika experiment-situationer att analysera. Dessa sammanfattas i tabell 6.2.

Experimentsituation	
1	Efterfrågan större än (eller lika med) kapaciteten, repetitiv tillverkning mot kundorder, en färdigvara
2	Kapaciteten större än efterfrågan, repetitiv tillverkning mot kundorder, en färdigvara

Tabell 6.2 Två experimentsituationer²³

Genom att avgränsa simuleringen till två experimentsituationer blir omfattningen begränsad. Resultaten från de utvalda experiment-situationerna kan å andra sidan antas bli mer generella för principiellt skilda materialflöden och olika företags förutsättningar för att tillverka varor. Experimenten som görs i detta kapitel är dock inte tillräckliga för att jag skall uppnå studiens huvudsyfte och målet med simuleringen. Därför kommer experimentsituation 2 att studeras mer ingående, vilket görs i kapitel 7.

²³ Respektive experiment tar sin utgångspunkt i Hantverksföretaget och Verkstads-företaget (se tabell 6.3).

6.2.2 Val av programvara

För att gå vidare med experimenten måste en programvara väljas. Simulering var mycket populärt under 60- och 70-talet. Det har dock skett en stark utveckling av programvaror sedan slutet av 80-talet, då *produktionssimulatorer* gjort programmering och experimentering mer användarvänligt (Savén, 1988). Det hävdas också att modelleringsarbetet kan minska från sex månader till en vecka om man går över från *generella simuleringspråk* till en produktionsimulator.²⁴ Först så sent som 1988 går det att finna litteratur som behandlar produktionsimulatorer, om än i liten skala (Carrie, 1988; Browne och Rathmill, 1988; Banks et al. 1991). Pidd (1988) behandlar som exempel endast simulering med hjälp av generella simuleringspråk, vilka utvecklades under 60-talet. Den teori som då utvecklades gäller fortfarande i stor utsträckning, men "verktygen" har utvecklats och blivit mer användarvänliga. När man väl bestämt sig för att simulera gäller det att välja en simulator²⁵, med vars hjälp man kan modellera de för problemet centrala komponenterna ur verkligheten.

Det finns idag ett flertal produktionsimulatorer att välja mellan på marknaden. För att välja lämplig simulator har en jämförelse mellan olika simulatorers viktigaste för- och nackdelarna gjorts.²⁶ Vid valet av simulator 1994 framträdde, bland de tillgängliga simulatorerna på marknaden vid denna tid, ARENA, AutoMod II, SIMPLE++, Simfactory II.5 och Witness som de starkaste, i en grupp för sig. Av dessa har jag valt simulatorn Witness.

På marknaden finns dock ingen programvara, som är bäst lämpad i alla sammanhang. Varje simulator har sina för- och nackdelar. Simulatorn Witness lämpar sig dock väl för att utföra de experiment som jag avser att utföra där olika förutsättningar gäller vid tillverkning av varor. Det kan konstateras att det krävs ganska goda kunskaper i programmering för att i Witness lägga in flera störningar, oberoende av varandra i en resurs, vilket kan ses som en nackdel. Styrkan med Witness är dock den flexibilitet som kan uppnås genom sådan programmering samt de statistikmöjligheter som simulatorn medger.

24 Snabb utveckling av simulatorer har dock skett inom området sedan 1991. I princip kan en enkel modell byggas på några minuter. Generella simuleringspråk är t ex GPSS, SEE-WHY, SIMULA och SIMSCRIPT.

25 Begreppet simulator används fortsättningsvis synonymt med produktionsimulator.

26 Se bilaga 6. Se även Swain (1993) och (1995) för en genomgång av mer än 50 simulatorer som fanns på marknaden respektive år.

Produktionssimulatorens Witness utvecklades under senare delen av 80-talet av det engelska företaget ISTEEL, sedermera AT&T ISTEEL och numera Lanner Group. Witness är baserad på (det generella) simuleringsspråket SEE-WHY. Experimenten i föreliggande studie är gjorda med Windows-version 6.0, från 1994. I simulatorens finns fysiska byggstenar och logiska byggstenar. *Fysiska byggstenar* används för att "bygga" modellen av det system som studeras. De fysiska byggstenar som finns tillgängliga är artiklar, vätskor, lager, tankar, maskiner, processmaskiner, transportbanor, rör, spår/vägar, personal och moduler. De fysiska byggstenarna kan dock representera andra komponenter än de som de vid första anblicken verkar representera. En artikel kan till exempel representera en ordersedel och en maskin kan representera en kund eller ett kontor.

För att "koppla ihop" de fysiska byggstenarna används *logiska byggstenar*. Logiska byggstenar kan representera data och används även för att hantera data och utforma de rapporter som önskas. De logiska byggstenar som finns tillgängliga är attribut, variabler, fördelningar, filer, funktioner, skift, tidsserier, histogram, pajdiagram och artikelfiler. Den viktigaste delen för att få flödet att fungera är den push/pull-logik som finns i programvaran. Med push/pull-logik avses de styrregler som används för att bestämma hur varor skall "flöda" mellan delar (maskiner) utefter ett materialflöde. Det kan till exempel anges hur tillverkningen skall sekvensieras eller om tillverkningen skall ske mot lager eller kundorder. Simulatorens Witness består även av ett program (Witness XA) för att studera och analysera statistik från utförda experiment.²⁷ Avseende de statistiska mått som kan användas i simulatorens Witness, för att modellera stokastiska inslag, är det möjligt att välja mellan 14 typer av fördelningar (Witness användarmanual, 1994).

6.2.3 Antaganden och data vid experimenten

Efter valet av programvara skall en modell konstrueras och data läggas in i modellen. Data kan, enligt tidigare diskussion, karakteriseras som "påverkbara parametrar" och "störfaktorer". De händelser som kommer att analyseras, kan variera på olika sätt och i olika grad. Det kan vara tiden mellan ett maskinhaveri, tiden det tar att reparera en maskin efter ett haveri eller den kvantitet som kasseras av en viss insatsvara vid en viss del utefter ett materialflöde. Valet av fördelning som används för att beskriva dessa händelser har stor betydelse för utfallet av experimenten. Innan fördelning

²⁷ I avsnitten 6.3 och 6.4 samt i kapitel 7 har genererad data delvis bearbetats med hjälp av två andra programvaror - Microsoft Excel™ och STATISTICA™.

”väljs” för att beskriva störningar måste modellens omfattning och vad som skall vara med i modellen vara klargjort. Därefter kan data i form av *resurser*, *kapaciteter* och *tider* m.m. läggas in i modellen. Dessa data kan vara:

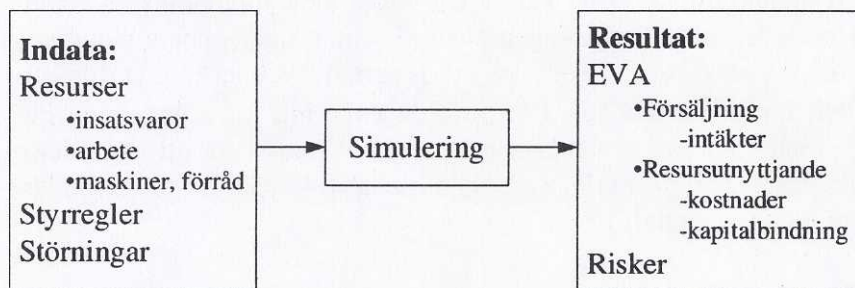
Resurser: Typ/antal av anställda, maskiner, förråd, m.m..

Kapaciteter: Prestanda avseende hastigheter, storlekar, frekvenser, m.m..

Insats- och färdigvaror: Strukturer, operationsföljder, kvalitet, m.m..

Styrregler: Regler för hur materialflödet styrs, arbetstider, operationsföljder, m.m..

Dessutom måste layout och placering av resurser fastställas. Till resurser, kapaciteter, insats- och färdigvaror, styrregler samt ”störfaktorer” kan *variabler* kopplas på så sätt att intäkter, kostnader, genomsnittlig kapitalbindning, m.m. kan mätas under en tidsperiod. I figur 6.2 sammanställs i grova drag den indata som används vid simuleringen och de resultat (output) som analyseras.



Figur 6.2 Använda indata och resultat som analyseras vid simuleringen

Definitionerna av centrala begrepp som *EVA* (kalkylmässigt resultat), risk och störning har gjorts i tidigare kapitel. Avseende *störningar* bör nämnas att ett flertal olika fördelningar kan användas för att beskriva dessa som slumpmässiga händelser. Fördelningarna kan vara teoretiska fördelningar eller empiriska fördelningar. *Teoretiska fördelningar* är väl dokumenterade och anses vara mycket användbara vid simulering. *Empiriska fördelningar* är anpassade av användaren och lämpliga att använda när ingen teoretisk fördelning finns att tillgå för den situation som skall simuleras eller när det finns insamlad data som klart anger hur verkligheten

ser ut. En empirisk fördelning är definierad av användaren till skillnad från teoretiska fördelningar, som är framtagna utifrån andra väl dokumenterade studier (Law och Kelton, 1991).

För att representera de slumpmässiga variationer som störningar innebär i en modell och för att genomföra de tänkta experimenten måste *sannolikhetsfördelningar* skattas. Dessa kan se ut på olika sätt för olika störningar. De kan vara vanliga teoretiska fördelningar så som poisson-, normal- eller exponentialfördelningar. Om den använda fördelningen inte är rätt vald blir dock simuleringen meningslös, trots att resten av modellen är riktig (Tersine, 1988). Tre typer av data kan användas vid simulering för att illustrera *frekvensen av störningar*: (1) Verkliga (historiska) data, (2) skattade empiriska fördelningar utifrån verkliga observationer eller (3) skattade teoretiska fördelningar utifrån verkliga observationer (Madu och Kuei, 1993). Då jag inte har tillgång till verkliga data om störningars fördelningar, har teoretiska fördelningar använts.

Av de 14 fördelningar som finns tillgängliga i simulatoren Witness används tre stycken.²⁸ Dels används en *trunkerad normalfördelning* som är lämplig för att representera händelser som är normalfördelade, men där avgränsningar från negativa eller positiva avvikelser från medelvärdet kan göras. Den "vanliga" normalfördelningen är ofta lämplig att använda för att representera cykeltider, som antas variera symmetriskt kring ett medelvärde. Den trunkerade normalfördelningen (T-normal-fördelning) fås genom att normalfördelningen avgränsas med ett max- och ett min-värde. Ytterligare en fördelning som har använts är *triangulärfördelningen*. En sådan fördelning kan vara lämplig att använda när statistisk information om händelser är svåra att tillgå, men där ett antal mest förekommande värden finns för att representera olika sannolikheter. Slutligen har en likformig (uniform) fördelning använts som en slumpalsgenerator för att generera *slumptal*, där sannolikheten för att en händelse inträffar är lika stor i samtliga fall.

I avsnitten 6.3.2 och 6.4.2 visas hur störningar är representerade med ovanstående fördelningar. Vissa reservationer avseende experimenten kan i detta sammanhang vara på sin plats att framföra. Då jag inte avser att simulera ett verkligt system och inte har tillgång till verkliga data, görs antaganden om vilka fördelningar som gäller vid experimenteringen med utgångspunkt från störningarna i de undersökta företagen. För att simulering och experiment vid analys av störningar skall bli meningsfull måste de statistiska skattningarna göras med större tillförlitlighet.

28 Mer om dessa och andra fördelningar finns beskrivet i Law och Kelton (1991).

Ytterligare en reservation gäller modellernas uppbyggnad. För att inte konsekvenserna av störningar skall påverkas av modellernas uppbyggnad har modellerna gjorts så enkla som möjligt. Det förekommer t ex inget skiftarbete och företagen (modellerna) antas arbeta med full kapacitet under hela den simulerade tiden.

Vid start av respektive experiment skall helst ett stabilt tillstånd råda. Detta uppnås genom att lägga till en s.k. *Warm-up*-period. Därigenom förhindras att variationer i de utgångsvärden som ges för lagerhållning m.m. varierar mellan de olika experiment som analyseras i en given experimentsituation. Den tidsenhet som angetts i respektive experiment är minuter, men det kan givetvis vara en annan tidsenhet. Förutom ovanstående reservationer måste en simuleringsmodell valideras och verifieras efter det att modellen konstruerats och data lagts in i modellen, vilket behandlas i nästa avsnitt.

6.2.4 Validering och verifiering

För att resultaten från en simuleringsmodell skall bli trovärdig krävs att modellen valideras och verifieras. *Validering* innebär att en överensstämmelse finns mellan beteendet i modellen och de verkliga förhållanden som undersöks. Om modellen inte är valid blir de slutsatser som dras utifrån modellen inte tillförlitliga. Validering av en modell måste ske kontinuerligt, varför det rekommenderas att en "log-bok" förs, där det anges vilka antaganden som görs under arbetets gång. För att kunna avgöra huruvida en modell är valid eller inte måste ett antal kriterier presenteras, för vad som gör att modellen ifråga är valid eller inte. Dessa kriterier involverar ofta såväl praktiska, teoretiska som statistiska överväganden (Naylor, 1971). Naylor och Fingers (1967) förespråkar en tre-steps-metod för att utveckla valida modeller.²⁹

Som ett *första steg* är det viktigt att utveckla en modell med hög "*face validity*", vilket innebär att modellen skall verka rimlig för andra individer med kännedom om det system som avbildas i modellen. Hög *face validity* kan uppnås genom att system observeras som liknar det som avbildas i modellen. Stöd kan också sökas från existerande teori, egen erfarenhet eller genom jämförelser med andra liknande modeller.

Det *andra steget* är att testa *modellens antaganden* empiriskt genom att göra en kvantitativ analys av gjorda antaganden. Detta steg kan göras

29 Se även Law och Kelton (1991) och Madu och Kuei (1993).

genom att studera hur modellen ändrar sig när små förändringar görs av en typ av data i taget, där data kan vara någon av de data som behandlats i avsnitt 6.2.3.

Det *tredje steget* är att analysera och bedöma det resultat (den *output*) som modellen genererar. Här görs en bedömning av hur väl modellens resultat stämmer med verkliga utfall. Existerar inga verkliga utfall jämförs modellens resultat med de utfall som kan förväntas i verkligheten.

Efter validering av modellen är det dags för verifiering. *Verifiering* innebär att modellen fungerar så som den är avsedd att fungera, utan att den för den skull behöver överensstämja med verkliga förhållanden. Law och Kelton (1991) anger följande alternativ för att verifiera en modell.³⁰

- Anlita en medhjälpare som läser programmet.
- "Kör" modellen under olika förutsättningar för att se om resultaten är rimliga utifrån gjorda antaganden och förväntade resultat.
- "Kör" en enklare modell där verkligheten är enklare att avbilda.
- Observera animationen.
- Analysera medelvärden och avvikelser och jämför dem med historiska data

För att inte okritiskt acceptera de resultat som experimenten i föreliggande studie ger, presenteras en noggrann beskrivning av respektive experiments förutsättningar och de antaganden som gäller för respektive experiment-situation i förhållande till verkligheten (se avsnitt 6.3 och 6.4). Modellerna i föreliggande studie har utvecklats stegvis med små förändringar i taget. Resultaten av dessa körningar har jämförts med förväntade resultat.³¹

Förutom överväganden av förväntade resultat, har ett antal tänkbara problem övervägts. Då företags hela materialflöden kan studeras i en simuleringsmodell, är det av betydelse om störningar inträffar tidigt eller sent utefter materialflödet. Störningar kan t ex innebära att kapitalbindningen ökar (minskar), samtidigt som det kalkylmässiga resultatet ökar (minskar). Huruvida effektiviteten förbättras eller försämras kan dock vara svårt att uppskatta utan att göra experiment. Därför har flera

30 Se även Naylor (1971) och Madu och Kuei (1993).

31 Se avsnitten 6.3.4 och 6.4.4.

körningar av de slutliga modellerna utförts för att få tillförlitliga data avseende avvikelser i de resultat som studeras.

6.2.5 Experimentering

När modellen validerats och verifierats är det dags att utföra experiment. *Experimenten* genomförs på så sätt att ett antal "scenarios" går igenom och resultaten analyseras mot bakgrund av ställda mål och antaganden (Madu och Kuei, 1993). Avseende mål och antaganden har följande frågor ställts:

- Är de parametrar (data) som beskrivs i modellen påverkbara eller inte?
- Är data som används i modellen observerbara eller inte?
- Hur mycket betyder detaljeringsgraden i modellen för de resultat som uppnås?

Andra frågor, som bör ställas enligt Naylor (1971), är om data i modellen är kvantitativa eller kvalitativa samt om händelser beskrivna i modellen är deterministiska eller stokastiska (slumpmässiga). Innan experiment utformas bör ovanstående frågeställningar vara besvarade. Jag har i kapitlen 4 och 5 beskrivit hur störningar kan observeras (identifieras), data (i form av störningar) kan kvantifieras samt hur konsekvenserna på ett företags effektivitet kan mätas. Utgångspunkter för hur detaljerade modellerna är har beskrivits i avsnitt 6.2.1. Den data som används är kvantitativ och såväl deterministiska som stokastiska (slumpmässiga) händelser är beskrivna i modellerna.

I den litteratur som behandlar simulering beskrivs i huvudsak två *metoder* vid utformning av experiment - klassisk och Taguchi. Jag begränsar mig till att behandla den klassiska metoden.³² Den *klassiska metoden* kan i sin tur delas in i tre grupper: (1) En-parameter-i-taget metod, (2) fullständig metod och (3) fraktal metod.³³ Den första metoden innebär att experiment görs så att en parameter i taget ändras och alla andra hålls konstanta. Den

32 Taguchi-metoden används främst vid kvalitetskontroll av varor och processer (Taguchi, 1988; Madu och Kuei, 1993). För en detaljerad beskrivning av Taguchi-metoden, se exempelvis Taguchi (1988) och Ross (1988).

33 (1) One-factor-at-a-time designs, (2) full factorial designs, and (3) fractional factorial design (Madu och Kuei, 1993).

andra metoden innebär att såväl en parameter i taget ändras som att kombinationer av flera ändringar görs samtidigt. Denna typ av experimentering innebär, vid ett test av 10 parametrar, där samtliga kan anta två värden, att antalet kombinationer blir 2^{10} . I ett sådant fall måste 1024 stycken olika experiment genomföras. Den tredje metoden innebär att endast en del (fraktal) av de fullständiga experimenten genomförs, nämligen de som anses viktiga (Naylor, 1971; Law och Kelton, 1991; Madu och Kuei, 1993).

Av ovanstående grupper är *min utgångspunkt* vid experimenten, att det räcker att ett antal intressanta fall analyseras.³⁴ Jag har inför varje typ av materialflöde som studeras, valt att först göra experiment på en modell utan störningar, för att sedan jämföra denna modell med utfallet av att enstaka störningar förekommer. Slutligen har experiment analyserats där ett flertal störningar förekommer samtidigt. Efter simuleringen av störningar förs diskussioner kring störningars konsekvenser samt val av åtgärder mot bakgrund av dessa konsekvenser. I detalj behandlas valet av åtgärder, så att hanteringen av störningar kan bli effektivare, i kapitel 7.

Experimentering innebär att varje modell körs (replikerar) flera gånger med olika slumpvalssträngar. Om inte olika slumpvalssträngar används, kan resultatet av de förändringar som ges i modellen endast komma att gälla givet att ett visst slumpval "råkar dyka upp" istället för de förändringar som görs i modellen (Madu och Kuei, 1993).

Vid experimentering i programvaran Witness finns det två sätt att utföra experiment på. Ett första sätt är att simulera modellen en tidsperiod och fortsätta nästa replikation där den första replikationen slutade, med samma eller ny slumpvalssträng. Ett andra sätt är att simulera modellen en tidsperiod för att sedan börja om från starttidpunkten med en ny slumpvalssträng. Jag har valt att genomföra experiment enligt det andra sättet, eftersom en uppbyggnad av lagerhållna varor vid starttidpunkten bör vara lika stor i samtliga av de fall som analyseras. Om så inte är fallet, kommer avvikelser, som beror på utgångsläget när en ny tidsperiod startar, att påverka resultatet (Witness användarmanual, 1994). Avseende den tidsperiod som simuleras, är den lika lång i samtliga experiment i respektive simuleringssituation.

Avseende det *antal replikationer* (körningar) som bör göras av respektive modell, kan det enligt Savén (1988) räcka med 30 replikationer för att få en uppfattning om resultatets medelvärde och standardavvikelse. Jag avser

34 Där sådana intressanta fall är behandlade i avsnitt 6.2.3.

därför i första hand göra 30 replikationer för respektive experiment. För att få en uppfattning om fördelningens utseende i detalj och skatta kritiska gränser, kan det vara nödvändigt att genomföra avsevärt fler replikationer. Antalet replikationer kan då bestämmas på samma sätt som när provtagningsstorlek (ett sampel) väljs vid "vanliga försök" i verkligheten, genom att ett signifikantstest görs. De olika typer av störningar som analyseras vid experimentsituation 1 och 2 är sammanställda i tabell 6.3. Störningarna är några av de som identifierats i den empiriska delen av föreliggande studie. I kapitel 7 behandlas ytterligare en experimentsituation (experimentsituation 3), vilken baseras på experimentsituation 2. Där görs experiment med 100 replikationer och det visas hur en fördelningsfunktion över avkastningen (EVA) kan skattas.³⁵

Förekommande störningar	Experiment-situation 1 (fullt kapacitets- utnyttjande)	Experiment-situation 2 (ledig kapacitet finns)
Försenade leveranser	Ja (a)	Ja (A)
Bristande kvalitet på insatsvaror	Ja (b)	Ja (B)
Maskinhaverier (med kassationer)	Nej	Två fall vid en station (C och D)
Arbetsfel (med kassationer)	Två fall vid en station (c och d)	Nej
Två störningar förekommer	a och b (e)	A och B (E)
	a och c (f)	A och C (F)
	b och c (g)	B och C (G)
	c och d (h)	B och D (H)
		C och D (I)
Fler än två störningar förekommer	b, c och d (i) b, c och d (j) b, c och d (k)	B, C och D (J)
Antal experiment som analyseras	11 st	10 st

Tabell 6.3 Sammanställning över förekommande störningar som analyseras

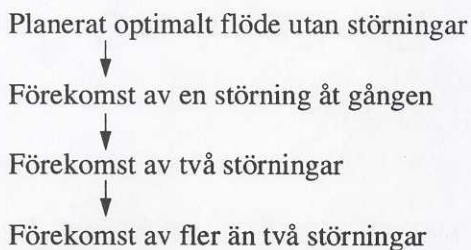
Avseende de två första experimentsituationerna, som beskrivs i avsnitten 6.3 och 6.4, kommer resultatet från det *första experimentet* för respektive

³⁵ Experimentsituation 3 och nödvändigheten av att göra fler än 30 replikationer behandlas mer i detalj i kapitel 7.

experimentsituation alltid att vara det mest effektiva systemet (modellen), vilket bland annat innebär att kundernas efterfrågan kan tillfredsställas just i tid och att inga störningar förekommer. I experimentsituation 1 innebär det att kapaciteten utnyttjas fullt ut (allt som tillverkas säljs med en gång) och i experimentsituation 2 att leveranser sker just i tid för kundens behov. I såväl experimentsituationerna 1 som 2 beställs insatsvaror så att inleveranser från leverantörer kommer i rätt tid för tillverkning.

Av tabell 6.3 framgår att konsekvenser av olika störningar kommer att analyseras i de två experimentsituationerna. Dessa experiment benäms *a - k* i den första experimentsituationen och *A - J* i den andra. Av experimenten med störningar kommer först en störning i taget att analyseras, t ex arbetsfel med 20 procents kassation vid bearbetningen. (se tabell 6.3 och figur 6.3). Därefter kommer samtidig förekomst av två störningar att analyseras, t ex leveransförseningar och maskinhaverier. Slutligen kommer experiment där fler än två störningar förekommer samtidigt att analyseras.

När flera störningar analyseras kommer experiment med olika sannolikheter att analyseras för att se hur störningskänsliga de system (modeller) som studeras är för olika störningar. Störningskänsligheten kommer att mätas som konsekvensen³⁶ av en viss "serie" störningar i relation till en annan "serie" med störningar. Dessa serier väljs utifrån resultaten av experimenten där en störning förekommer. Med hjälp av simulering är det även möjligt att analysera andra effektivitetsfaktorer, vilket jag i någon mån också gör.³⁷ I figur 6.3 sammanfattas tillvägagångssättet vid experimentsituationerna 1 och 2.



Figur 6.3 Tillvägagångssätt vid experimentsituationerna 1 och 2

36 Först och främst behandlas konsekvensen på det kalkylmässiga resultatet (EVA), men även konsekvenser på andra mått analyseras. Se avsnitten 6.3 och 6.4.

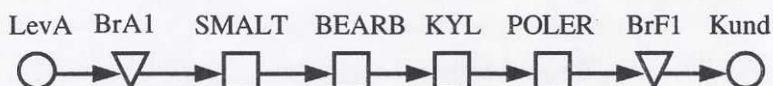
37 T ex vad gäller kapacitetsutnyttjande och brist hos kunden.

För att kunna styra hanteringen av störningar mot målet högsta möjliga avkastning till begränsad risk, måste sannolikheten för att avkastningen hamnar under en viss kritisk gräns kunna beräknas. En sådan analys är inte tillförlitlig efter experiment med endast 30 replikationer, varför experiment med 100 replikationer, kommer att analyseras djupare i kapitel 7.

6.3 Experimentsituation 1 - Hantverksföretaget

Den simuleringsmodell som konstruerats för experimentsituation 1 är en förenklad modell av de förutsättningar som gäller för tillverkningen i Hantverksföretaget.³⁸ För att illustrera störningars konsekvenser på ett enkelt sätt antar jag att en färdigvara (Z) tillverkas. En insatsvara (A) används för att tillverka färdigvaran Z. Inköp av insatsvaran görs enligt principer för ett beställningspunktsystem, vilket innebär att beställning görs så att en ny inleverans sker när lagret når ner till noll - dvs vid behov. Jag antar sedan att insatsvaran "trycks" vidare till varje efterföljande bearbetnings- och/eller lagerpunkt utefter flödet. Då efterfrågan är större än kapaciteten och allt som kan tillverkas också kan säljas är planeringen också kapacitetsorienterad.

De övergripande delmomenten utefter materialflödet i experimentsituation 1 är smältning av råmaterial, bearbetning, polering och inspektion samt lagerhållning (se figur 6.4). Materialflödet beskrivs schematiskt i figur 6.4.



Figur 6.4 Hantverksföretagets materialflöde

Materialflödets första del består av en leverantör (LevA), som levererar insatsvaran till Hantverksföretagets förråd (BrA1). Från förrådet läggs insatsvaran omgående i en ugn (SMALT), där den smälts. Efter smältning bearbetas den smälta insatsvaran av två "hantverkare" (BEARB). Efter bearbetning kyls den bearbetade insatsvaran ned på ett kylband (KYL). Efter avkyllningen poleras (POLER) färdigvaran för att sedan inspekteras. De färdigvaror som accepteras vid inspektion paketeras i satser om 20

38 Se även bilaga 3.

enheter och hamnar i färdigvarulagret (BrF1) för att omgående säljas till kunden (kund). De varor som kasseras efter smältning, bearbetning och/eller polering och inspektion kan inte återanvändas.

6.3.1 Resurser, kapaciteter och tider

I experimentsituation 1 analyseras ett materialflöde, där nära 100 % av kapaciteten utnyttjas. Varje experiment skildrar tillverkningen under cirka 51 timmar. Cykeltiderna för respektive arbetsstation är avvägda så att inga buffertar byggs upp i mellanlager under vägen från insatsvara till färdigvara. Utan störningar är det, under den tidsperiod som studeras, möjligt att tillverka och leverera 10 leveranser till kunden. Varje leverans innehåller 20 färdigvaror. Således kommer 200 färdigvaror att levereras enligt en optimal plan.

Insatsvaran finns alltid tillgänglig för levereras just-i-tid för att fylla på smältanläggningen. Ställtiderna vid maskinerna är försumbara, förutom då smältanläggningen värms upp. Det tar 50 minuter att fylla på och värma upp smältanläggningen. Smältanläggningen är kopplad till förrådet och påfyllning sker automatiskt, vilket tar 5 minuter. Det tar 15 minuter att bearbeta en insatsvara och 15 minuter att kyla av den bearbetade varan. Ytterligare en anställd polerar och inspekterar de varor som bearbetats, vilket tar 15 minuter per färdigvara.

	<u>Typ av maskin</u> ³⁹	<u>Cykeltid (min)</u>	<u>Kvantiteter</u>
Smältning:	<i>General</i>	50	100
Bearbetning:	<i>Production</i>	15	1
Avkylning:	<i>Conveyor</i>	15	10 (max)
Polering:	<i>Single</i>	15	1

Förråden och färdigvarulagret har inga restriktioner avseende de kvantiteter som kan lagras där. För tillverkning av en styck Z gäller följande produktkalkyl:

39 Dessa maskiner är typiska för Witness. I en annan simulator kan de ha andra beteckningar.

	<u>Kronor</u> <u>(kumulativt)</u>
<i>Inköpspris (DM):</i>	50 (50)
<i>Kostnad för arbete (DL):</i>	
Smältning	50 (100)
Bearbetning	100 (200)
Avkylning	0 (200)
Polering	<u>50 (250)</u>
Rörlig tillverkningskostnad	250
Täckningsbidrag	250
Försäljningspris	500

Jag bortser för enkelhetens skull från ordersärkostnader och lönekostnader vid omställningar av maskiner och verktyg. Den kumulativa kapitalbindningen mäts vid sex mätpunkter: förråd, smältning, bearbetning, avkylning, polering/inspektion samt färdigvarulager. Kalkylräntan är satt till 20 procent.

6.3.2 Störningar och åtgärder

Avseende störningar i Hantverksföretaget hade respondenterna olika syn på vilka störningar som förekom.⁴⁰ Elva experiment med fyra olika typer av störningar kommer att analyseras, där störningar bland annat antas leda till dåligt tillverkad kvalitet och efterföljande kassationer.⁴¹ Fyra grundläggande störningar (a-d) antas förekomma med olika sannolikhet.

- a) Varierande leveranstider och leveransförseningar från leverantören. Leveranstiden är triangulärfördelad med medelvärdet 734 minuter, minimivärdet 254 minuter och maxvärdet 1.214 minuter.
- b) Leverantören antas här leverera insatsvaror av bristfällig kvalitet, vilket upptäcks under smältning av insatsvaran. Jag antar att 20 procent av insatsvarorna är av dålig kvalitet och måste kasseras. Kassationerna inträffar slumpmässigt efter det att insatsvaran smälts ned.

40 Se kapitel 4 och bilaga 5.

41 Se tabell 6.3 för en översikt.

- c) Den tredje enskilda störningen är arbetsfel, vilket upptäcks efter bearbetningen. Jag antar att 20 procent av de bearbetade varorna måste kasseras. Arbetsfelen inträffar slumpmässigt.
- d) Den sista enskilda störning som analyseras är arbetsfel vid polering. Kvalitetsfelen upptäcks efter polering och inspektion. Jag antar även här att 20 % av de bearbetade, kylda och polerade varorna måste kasseras. Kassationerna sker slumpmässigt.

Efter det att enskilda störningar analyserats, analyseras fyra experiment där två störningar förekommer samtidigt utefter materialflödet.

- e) I detta experiment antar jag att störningarna a och b förekommer samtidigt. Samma värden som ovan används.
- f) I detta experiment antar jag att störningarna a och c förekommer samtidigt. Samma värden som ovan används.
- g) I detta experiment antar jag att störningarna b och c förekommer samtidigt. Kassationerna sker slumpmässigt. Samma värden som ovan används, vilket innebär att 20 procent av de delvis bearbetade insatsvarorna kasseras efter det att insatsvarorna smälts ned och att 20 procent av de återstående varorna kasseras efter bearbetningen.
- h) I detta experiment antar jag att störningarna c och d förekommer samtidigt. Kassationer och arbetsfel inträffar slumpmässigt. Samma värden som ovan används, vilket innebär att 20 procent av de delvis bearbetade insatsvarorna kasseras efter bearbetningen och 20 procent av de återstående varorna kasseras efter poleringen.

Slutligen analyseras tre experiment där det förekommer fler än två störningar samtidigt utefter materialflödet. Jag bortser här från leveransförseningar, eftersom resultaten⁴² indikerade stora variationer runt medelvärdet vad avser de rörliga tillverkningskostnaderna och genomsnittlig kapitalbindning. I tabell 6.4 har de sannolikheter som använts vid analysen av att störningarna b, c och d inträffar slumpmässigt, med efterföljande kassationer som följd, sammanställts.

42 Se avsnitt 6.3.4

Andel som antas kasseras vid respektive plats utefter materialflödet			
	Smältning	Bearbetning	Polering
i)	30 %	10 %	10 %
j)	10 %	30 %	10 %
k)	10 %	10 %	30 %

Tabell 6.4 Andel slumpmässiga kassationer vid experimenten i, j och k

Tillvägagångssättet vid denna experimentsituation innebär att en störning i taget analyseras först, varefter experiment med två och tre förekommande störningar analyseras. Valen av störningar i de olika experimenten är sammanställda i tabell 6.5.

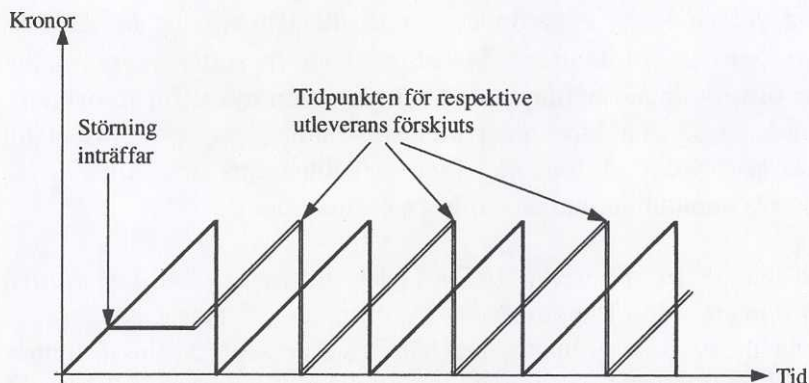
Experiment	Försenade leveranser	Bristande kvalitet på insatsvaror	Arbetsfel vid bearbetning	Arbetsfel vid polering
a	Ja			
b		Ja		
c			Ja	
d				Ja
e	Ja	Ja		
f	Ja		Ja	
g		Ja	Ja	
h			Ja	Ja
i - k		Ja	Ja	Ja

Tabell 6.5 Analyserade störningar i experimentsituation 1

Beträffande åtgärder för att hantera ovanstående störningar kan nämnas att flera av respondenterna i Hantverksföretaget ansåg att utbildning var en viktig åtgärd för att undvika kassationer. Förbättrad inspektion ansågs vara en annan åtgärd för att förhindra ytterligare bearbetning av insatsvaror med bristfällig kvalitet. En viktig fråga är hur mycket åtgärderna får kosta för att de skall vara effektiva. Andra intressanta frågor är: Vilka konsekvenser får olika typer av störningar, med likadan sannolikhet för att inträffa var för sig? Hur påverkas de mått som analyseras när störningar inträffar? Hur robusta är de mått som används? Vem drabbas av en störning och hur drabbas de?

6.3.3 Förväntade resultat av experimentsituation 1

Vid experimentsituation 1 är efterfrågan större än kapaciteten och företaget kännetecknas av repetitiv tillverkning mot kundorder. Endast en färdigvara tillverkas. Allt som tillverkas kan också säljas, efter paketering av en viss kvantitet (t ex 20). Färdigvarulagret kommer att utvecklas enligt ett jämnt sågtandat mönster (se figur 6.5).



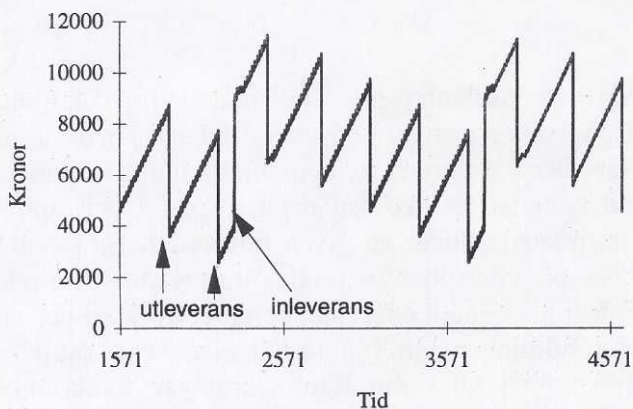
Figur 6.5 Mönster för färdigvarulagrets utveckling med och utan störningar (där $D > P$)

Förekomst av störningar (t ex maskinhaverier eller materialbrist) kommer att förändra lutningen på kurvan i figur 6.5, så att den planar ut när störningen ifråga inträffar. Detta illustreras av den dubbla linjen i figur 6.5. Utleveranserna till kund kommer att ske senare än planerat och antalet utleveranser blir färre än planerat under en given tidsperiod. En störning får således konsekvenser på efterföljande produktionscykler. Huruvida lutningen på kurvan blir helt horisontell eller inte, kommer dock att bero på var utefter materialflödet störningen inträffar (tidigt eller sent) samt om endast en störning förekommer eller om flera störningar förekommer samtidigt. Oavsett när en störning inträffar kommer intäkterna under tidsperioden att minska, vilket minskar den förväntade avkastningen. Det kalkylmässiga resultatet kommer även att minska genom att delvis bearbetade varor måste kasseras och tillverkningskostnaderna ökar.

6.3.4 Resultat av experimentsituation 1

Målet med experimentsituation 1 är att visa hur störningars konsekvenser kan analyseras när efterfrågan är lika med kapaciteten. Analysen kommer även att visa hur lämpliga olika mått är vid analys av störningar. För att göra resultaten jämförbara har en lika lång tidsperiod "simulerats" i varje experiment. Tiden har satts till 4646 minuter, vilket är så lång tid det tar att tillverka och sälja 200 färdigvaror om inga störningar förekommer (dvs 10 produktionscykler). Varje experiment i experimentsituationen börjar med en sk *warm-up* på 1571 minuter.⁴³ Starttidpunkten, dvs efter *warm-up*, har valts så att tillverkningen befinner sig i mitten av en cykel för inleverans. Under en tidsperiod utan störningar kan 200 färdigvaror levereras ut till kund, vilket sker vid 10 tillfällen. I figur 6.6 illustreras utvecklingen för den kumulativa kapitalbindningen enligt en optimal plan.

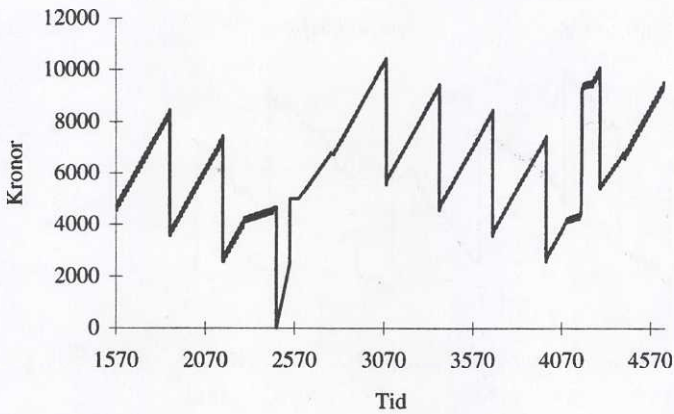
I de efterföljande tre figurerna (6.7 - 6.9) illustreras den *kumulativa kapitalbindningen* vid förekomst av störningar. Endast en av 30 replikationer har valts som illustration. Således representerar dessa figurer bara exempel på utfall vid förekomst av störningar. I figurerna 6.10 - 6.15 visas hur några centrala nyckeltal (mått) har varierat för experimenten.



Figur 6.6 Kumulativ kapitalbindning utan störningar

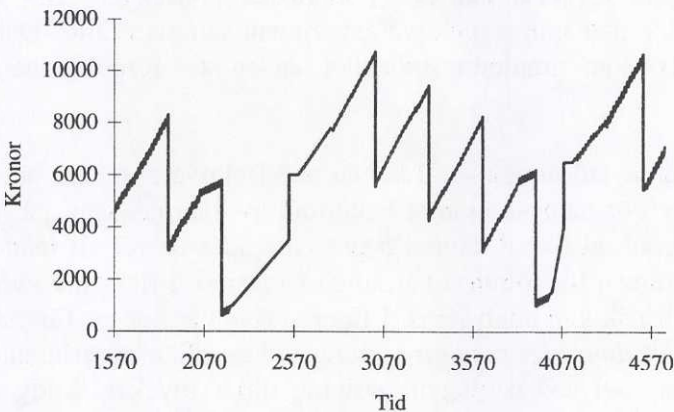
I *experiment a* analyseras konsekvenser av varierande leveranstider från leverantören. Hur den kumulativa kapitalbindningen utvecklas visas i figur 6.7.

⁴³ 4646 minus 1571 = 3075 minuter, dvs 51,25 timmar.



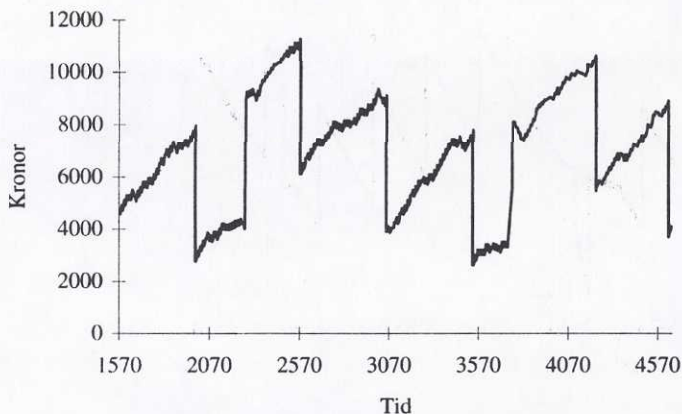
Figur 6.7 Kumulativ kapitalbinding från experiment *a* (en störning)

I *experiment e* analyseras ett experiment när *två störningar* förekommer samtidigt utefter materialflödet. Dessa är varierande leveranstider från leverantören och bristande kvalitet på insatsvaran. Hur den kumulativa kapitalbindningen utvecklas visas i figur 6.8.



Figur 6.8 Kumulativ kapitalbinding från experiment *e* (två störningar)

I *experiment i* analyseras ett experiment när *tre störningar* förekommer samtidigt. Här analyseras bristande kvalitet på insatsvaran och arbetsfel vid såväl bearbetning som polering. Här antas att 30 procent kasseras vid smältning, 10 procent vid bearbetning och 10 procent vid polering. Hur den kumulativa kapitalbindningen utvecklas visas i figur 6.9.



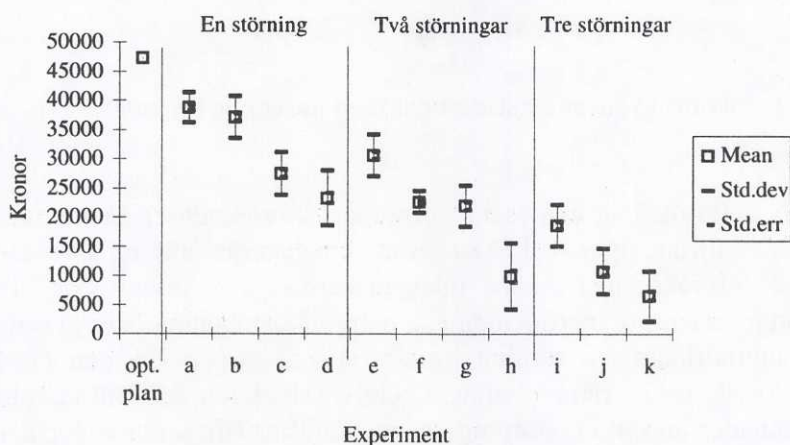
Figur 6.9 Kumulativ kapitalbindning från experiment i (tre störningar)

Figurerna 6.7 - 6.9 är "ögonblicksbilder" från en replikation. Dessa bilder har tagits fram för att illustrera hur störningar kan leda till avvikelser från plan. Utifrån dessa "ögonblicksbilder" är det dock inte möjligt att avgöra vilken/vilka störningar, som leder till de allvarligaste ekonomiska konsekvenserna. För att visa hur de ekonomiska konsekvenserna kan analyseras har olika mått från respektive experiment sammanställts. Det är vid en sådan analys som simuleringsmodeller har en stor fördel gentemot andra modeller.

För att hanteringen av störningar skall kunna bli effektivare, menar jag att dess konsekvenser bör analyseras mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk. I kapitel 5 presenterades därför ett mått på avkastning, inom ramen för företags befintliga kapacitet. I figur 6.10 visas hur avkastning och risk kan analyseras. I figuren framgår hur ett förväntat värde på måttet *kalkylmässigt resultat* varierar vid de olika experimenten. Det framgår också att avkastningen varierar olika mycket, kring ett förväntat medelvärde, vid de olika experimenten.⁴⁴ Om enskilda störningar jämförs, kan det konstateras att det kalkylmässiga resultatet blir sämre ju senare utefter det studerade materialflödet en störning inträffar (jfr $a - d$ och $i - k$). Detta beror på att varor som kasseras tidigt inte tar kapacitet senare utefter materialflödet i anspråk.

44 Jag antar i detta kapitel att resultatet är normalfördelat. Se kapitel 7 för en djupare analys av avkastning och risk.

Vid de tillfällen när två störningar förekommer utefter ett materialflöde, kan det konstateras att det inte nödvändigtvis medför allvarligare konsekvenser än när en störning i taget förekommer (jfr *e - h*) - trots att det totala antalet kassationer ökar. Detta är fallet vid experiment *g*. Det kan också konstateras att konsekvenserna av att varor kasseras vid tre maskiner inte nödvändigtvis är allvarligare än om varor kasseras vid två maskiner. Det är den allvarligaste störningen som tenderar sätta nivån på EVA. Förekomst av fler än en störning påverkar också avvikelserna från den förväntade avkastningen på ett sätt som kan vara svårt att beräkna. Detta framgår när experiment *h* jämförs med experimenten *i* och *j* (som till viss del är lika med *h*). Att konsekvenserna av störningarna varierar på detta sätt beror till viss del på de styrregler som används vid beställning av varor.

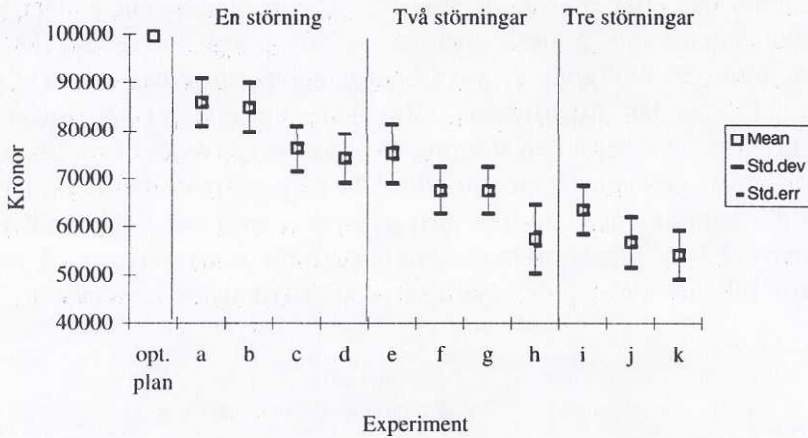


Figur 6.10 Konsekvenser av störningar med avseende på kalkylmässigt resultat (EVA)⁴⁵

Låt oss gå vidare och analysera konsekvenserna på företagets *intäkter*. Utan störningar skulle företaget uppnå en omsättning av 100.000 kronor (se figur 6.11). I de experiment som gjorts minskar intäkterna ju senare utefter flödet en enskild störning inträffar (jfr *a - d*, *e - h* och *i - k*). Även här kan vi konstatera att samtidig förekomst av störningar inte behöver leda till allvarligare konsekvenser än om endast en störning inträffar, men att flera störningar tenderar minska intäkterna. Vilken störning som förekommer bör alltså vara av stor betydelse för konsekvenserna, vilket

⁴⁵ EVA (och de andra resultaten) beräknas vid utleverans till kund, enligt formuleringen i uttryck 5.9. Delvis bearbetade och ännu ej sålda varor belastar således inte resultatet.

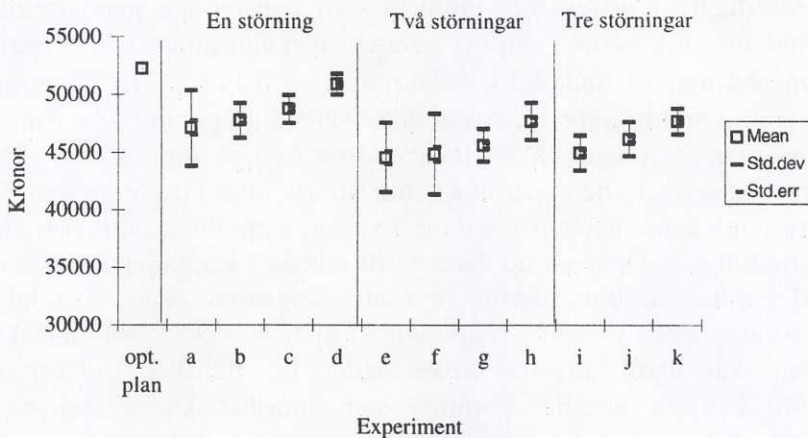
bör innebära att ett prioriteringsproblem lätt kan uppstå. Valet av styrregler leder givetvis till viss inverkan på resultatet.⁴⁶



Figur 6.11 Konsekvenser av störningar med avseende på intäkter

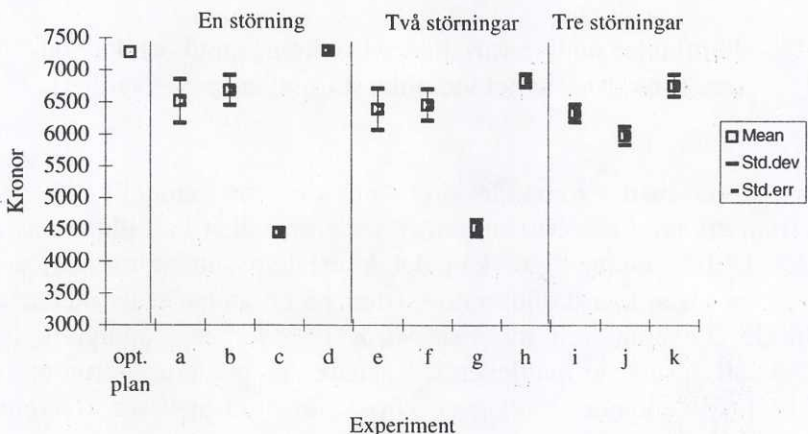
Låt oss fortsätta med att analysera störningars konsekvenser på företagets *kostnader*. Utifrån figur 6.12 kan det konstateras att relativt stora spridningar förekommer när inleveranserna av insatsvaror från leverantören varierar (experimenten *a*, *e* och *f*). Kostnaderna ökar ju senare utefter materialflödet en störning inträffar (jfr *a* - *d*, *e* - *h* och *i* - *k*). Samtidig förekomst av flera störningar behöver dock inte leda till märkbart högre kostnader än om en störning i taget inträffar (jfr serierna för *a* - *d* med *e* - *h* och *i* - *k*). En orsak till de marginella skillnaderna på företagets kostnader, är att kapaciteten inte kan utnyttjas fullt ut om varor kasseras, vilket innebär att företaget hinner förbruka fler insatsvaror i de fall där endast en störning i taget uppstår. De rörliga tillverkningskostnaderna kan alltså bli något högre vid förekomst av endast en (eller ingen) störning, eftersom det tillverkas färre varor när avbrotten utefter materialflöde är fler. Även här inverkar givetvis valet av styrregler på resultatet.

46 Denna frågeställning ligger dock inte inom ramen för föreliggande studie.



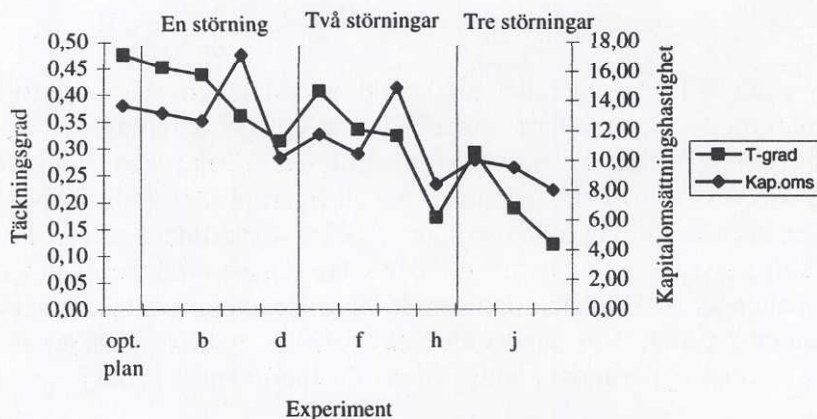
Figur 6.12 Konsekvenser av störningar med avseende på rörliga tillverkningskostnader

Även av figur 6.13 framgår det att spridningarna i den genomsnittliga kapitalbindningen är märkbart större när varierande leveranstider och leveransförsejningar från leverantören förekommer. Detta kan troligtvis förklaras av att antalet inleveranser per tidsperiod är litet. Kapitalbindningen är märkbart låg för experiment *c* och *g* (experiment *g* innehåller *c*). Man kan fråga sig om experiment *c* och *g* är de mest effektiva. Det kan också konstateras att kapitalbindningen är lägre för experiment *j*, än såväl experimenten *i* och *k*. Vid analys av kalkylmässigt resultat, intäkter och kostnader är dock experiment *i* bättre än såväl experimenten *j* som *k*.



Figur 6.13 Konsekvenser av störningar med avseende på genomsnittlig kapitalbindning

För att ytterligare illustrera det problem som uppstår när genomsnittlig kapitalbindning fokuseras, jämförs måtten täckningsgrad och kapitalomsättningshastighet i figur 6.14.⁴⁷ Utifrån figur 6.14 kan det i samtliga fall konstateras att *täckningsgraden* är lägre när störningar inträffar jämfört med fallet utan störningar. *Kapitalomsättningshastigheten* varierar dock märkbart. För vissa av de experiment som utförts utvecklas tendensen för kapitalomsättningshastigheten i samma riktning som för täckningsgraden och i andra fall inte. Orsaken till detta är att minskad kapitalbindning leder till ökad kapitalomsättningshastighet (och därigenom ökad avkastning enligt teorin), men i denna experimentsituation också till minskad försäljning och lägre intäkter, vilket leder till minskad avkastning. Därigenom kan en enskild störning, som minskar kapitalbindningen tillräckligt mycket, samtidigt som konsekvenserna på täckningsgraden är ”små”, leda till den felaktiga slutsatsen att det går att tjäna på störningar.



Figur 6.14 Jämförelse mellan variationer i täckningsgrad och kapitalomsättningshastighet vid olika störningar (medelvärden)

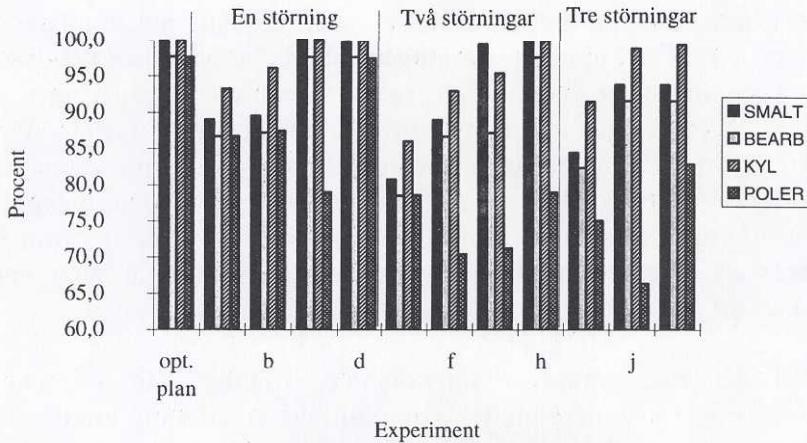
Ytterligare ett mått som är av intresse att studera är hur *kapacitetsutnyttjandet* av olika maskiner varierar, vilket kan illustreras av figur 6.15. Utifrån denna figur kan det konstateras att störningar, som inträffar på en plats, kan drabba intressenter på en annan plats utefter ett materialflöde. Leverantören av insatsvaror behöver nödvändigtvis inte drabbas av att insatsvarorna levereras senare än planerat, förutom om kunden (det tillverkande företaget) köper färre insatsvaror. Däremot

47 Täckningsgraden definieras här som kvoten av täckningsbidraget och omsättningen. Kapitalomsättningshastigheten definieras här som kvoten av omsättningen och rörelsekapitalet (omsättningstillgångarna).

kommer samtliga delar utefter kundens materialflöde att drabbas (jfr experiment *a*). Förekommer störningen arbetsfel vid bearbetningen, kommer kapaciteten att kunna utnyttjas för fullt fram till poleringen (jfr experiment *c*). Poleringen måste dock invänta de varor som inte anländer i tid. Därmed drabbas denna del av materialflödet genom att kapacitetsutnyttjandet blir lägre än planerat. Avseende störningar vid poleringen, blir kapacitetsutnyttjandet samma som om inga störningar hade inträffat (jfr experiment *d*). Däremot drabbas de kunder, som inte får sina varor levererade i tid.

I de fall där två störningar förekommer samtidigt blir kapacitetsutnyttjandet högre ju senare utefter materialflödet en störning inträffar (jfr experimenten *e* - *h*). Om ett företags mål är att uppnå högt kapacitetsutnyttjande, kan den felaktiga slutsatsen dras att störningar som förekommer tidigt utefter ett materialflöde bör hanteras i första hand, eftersom sådana störningar leder till lägst kapacitetsutnyttjande utefter materialflödet. Ett sådant beslut kan dock vara mindre effektivt än att hantera störningar som inträffar sent utefter samma materialflöde. Måttet kapacitetsutnyttjande kan möjligen användas för att se vem som drabbas av en störning, men det går inte att avgöra vilken störning som är effektivast att åtgärda. Det visar sig t ex i figur 6.15, att det är "effektivast" (med avseende på kapaciteten) för respektive avdelning att leverera varor av bristfällig kvalitet vidare till nästa del (avdelning) utefter flödet och hoppas att den bristfälliga kvaliteten upptäcks där.

I de fall när fler än två störningar förekommer samtidigt, kan det konstateras att fallet *k*, som ger det sämsta utfallet i samtliga mått som redovisas ovan (förutom måtten genomsnittlig kapitalbindning och kostnader), har det bästa kapacitetsutnyttjandet av fallen *i*, *j* och *k* samt ett bättre kapacitetsutnyttjande än flera av de experiment där endast två störningar inträffar samtidigt.



Figur 6.15 Konsekvenser av störningar med avseende på kapacitetsutnyttjande vid smältning, bearbetning, kyl och polering (medelvärden)

I detta avsnitt har jag illustrerat hur störningars konsekvenser kan analyseras med hjälp av olika mått. Jag har försökt påvisa hur valet av mått vid en analys av störningars konsekvenser påverkar resultatet av analysen. Ytterligare en slutsats är att förekomst av fler störningar inte behöver vara allvarligare än förekomst av en störning, eftersom det verkar som om den allvarligaste störningen sätter nivån på det kalkylmässiga resultatet. En reservation bör dock göras att de styrregler som använts, kan påverka resultaten i olika avseende. För en djupare analys av hur det går att avgöra vilken störning som är effektivast att åtgärda, hänvisas till kapitel 7.

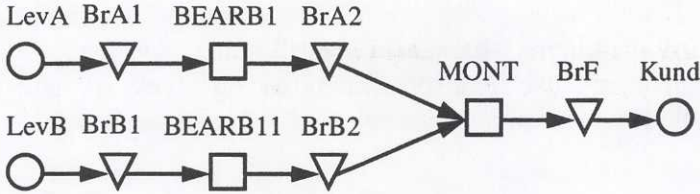
6.4 Experimentsituation 2 - Verkstadsföretaget

Den simuleringsmodell som konstruerats för experimentsituation 2 baseras i grova drag på de förutsättningar som gäller för tillverkning i Verkstadsföretaget.⁴⁸ För att illustrera störningars konsekvenser på ett enkelt sätt antas fortsättningsvis att två insatsvaror (A och B) används för att tillverka en färdigvara (Z). Tillverkning av färdigvaran sker enligt en så kallad *Cover-Time Planning*, där företaget har kontroll på sina genomloppstider och planerar sina inköp och tillverkningen enligt en avropsplan.⁴⁹

48 Se även bilaga 3.

49 Se Segerstedt (1995) för en beskrivning av *Cover-Time Planning*.

Efterfrågan antas vara jämnt fördelad över tiden och mindre än kapaciteten. Materialflödet i experimentsituation 2 beskrivs schematiskt i figur 6.16.



Figur 6.16 Verkstadsföretagets materialflöde

Företaget har två leverantörer (LevA och LevB), vilka levererar insatsvarorna A och B till Verkstadsföretagets två förråd (BrA och BrB). Insatsvara A bearbetas i en maskin (BEARB1) av en anställd. Insatsvara B bearbetas i en annan maskin (BEARB11) av en annan anställd. Efter bearbetning läggs insatsvarorna i två mellanlager (BrA2 och BrB2). Därefter monteras insatsvarorna vid en monteringsstation (MONT), där en tredje anställd arbetar. Efter monteringen inspekteras färdigvaran och läggs i färdigvarulagret (BrF). Färdigvarorna levereras i satser om 100 enheter till kunden (Kund).

6.4.1 Resurser, kapaciteter och tider

I experimentsituation 2 finns, till skillnad från experimentsituation 1, ledig kapacitet. Cykeltiderna för respektive arbetsstation är avvägda så att inga buffertar byggs upp i mellanlager under vägen från insatsvara till färdigvara. En period av 2000 minuter⁵⁰ analyseras vid experimenten, vilket är tiden från det att en tillverkningsorder om 100 enheter tillverkas tills dess att en ny tillverkningsorder påbörjas.

Insatsvaror beställs från leverantörerna, så att inleveranser sker just-i-tid för tillverkning av en serie. Leveranstiderna från såväl LevA och LevB, är 180 minuter. Bearbetningen av A och B tar 10,5 minuter. Det tar 10,5 minuter att montera och inspektera en färdigvara. De färdigvaror som accepterats läggs till färdigvarulagret, varifrån leverans sker till företagets kunder.

⁵⁰ 33,33 timmar.

	<u>Typ av maskin</u> ⁵¹	<u>Cykeltid (min)</u>
Bearbetning 1:	<i>Single</i>	10.5
Bearbetning 11:	<i>Single</i>	10.5
Montering:	<i>Assembly</i>	10.5

Förråden och färdigvarulagret har inga restriktioner avseende de kvantiteter som kan lagras där. För tillverkning av en styck Ak gäller följande produktkalkyl:

	<u>Kronor</u> <u>(kumulativt)</u>
<i>Inköpspris (DM):</i>	
A	100 (100)
B	100 (200)
<i>Kostnad för arbete (DL):</i>	
Bearbetning 1	100 (300)
Bearbetning 11	100 (400)
Montering	<u>100 (500)</u>
Rörlig tillverkningskostnad	500
Täckningsbidrag	500
Försäljningspris	1000

Jag bortser för enkelhetens skull från ordersärkostnader vid inköp samt lönekostnader vid omställning av maskiner och verktyg. Den kumulativa kapitalbindningen mäts vid de två bearbetningsstationerna, samtliga lagerpunkter samt vid monteringen. Kalkylräntan är satt till 20 procent.

6.4.2 Störningar och åtgärder

I Verkstadsföretaget förekom ett flertal olika störningar.⁵² Respondenterna hade dock olika syn på vilka störningar som fick konsekvenser för dem (se kapitel 4). Tio experiment med fyra typer av störningar kommer här att analyseras djupare.⁵³ De fyra grundläggande störningar som analyseras är följande (A-D):

51 Dessa maskiner är typiska för Witness. I en annan simulator kan de ha andra beteckningar.

52 Se kapitel 4 och bilaga 5.

53 Se tabell 6.3 för en översikt.

A) Leveransförseningar från en leverantör av insatsvaror. Förseningen representeras av en triangulärfördelning med medelvärdet 180 minuter, minimumtiden 140 minuter och maximumtiden 500 minuter. Inleveranstiden utan störningar är i denna experimentsituation 180 minuter. Jag antar således att insatsvarorna ibland kan levereras in för tidigt.

B) Kvaliteten på en insatsvara är bristfällig. Kvaliteten representeras av en T-normal-fördelning med medelvärdet 95, standardavvikelsen 10, min-värdet 80 och max-värdet 100.

C) Maskinhaverier vid BEARB1. Maskinhaverier inträffar med ett tidsintervall som är T-normal-fördelat med medelvärdet 10 minuter, standardavvikelsen 5, minimivärdet 6 och max-värdet 20 minuter. Maskinhaverier innebär att delvis bearbetade varor kasseras och nya insatsvaror beställs. Det tar 20 minuter att reparera varje maskinhaveri.

D) Maskinhaverier vid MONT. Maskinhaverier inträffar med ett tidsintervall som är T-normal-fördelat med medelvärdet 10 minuter, standardavvikelsen 5, minimivärdet 6 och max-värdet 20 minuter. Maskinhaverier innebär att delvis bearbetade varor kasseras och nya insatsvaror beställs. Det tar 20 minuter att reparera varje maskinhaveri.

Efter det att enskilda störningar analyserats, analyseras fem experiment, där två störningar förekommer samtidigt utefter materialflödet.

E) I det första experimentet antas att störningarna A som B förekommer samtidigt med samma antaganden om sannolikheter som angavs i de enskilda experimenten ovan.

F) I detta experiment antas att störningarna A och C inträffar samtidigt. Samma antaganden om sannolikheter som angavs i de enskilda experimenten ovan gäller.

G) I detta experiment antas att störningarna B och C inträffar samtidigt. Samma antaganden om sannolikheter som angavs i de enskilda experimenten ovan gäller.

H) I detta experiment antas att störningarna B och D inträffar samtidigt. Samma antaganden om sannolikheter som angavs i de enskilda experimenten ovan gäller.

D) Här antas att maskinhaverier vid BEARB1 och MONT inträffar samtidigt. Störningarna representeras av de förutsättningar som angivits vid experimenten C och D.

Slutligen analyseras ett experiment (J) där tre störningar förekommer samtidigt. Förutsättningarna vid denna analys är sammanställda i tabell 6.6.

Störning		
Bristfällig kvalitet av en insatsvara	Maskinhaveri vid BEARB1	Maskinhaveri vid MONT
T-normal-fördelning med medelvärdet 95, std = 10, min = 80 och max = 100	T-normal-fördelning med medelvärdet 10, std = 5, min = 6 och max = 20	T-normal-fördelning med medelvärdet 10, std = 5, min = 6 och max = 20

Tabell 6.6 Störningar vid experiment J

Även i denna experimentsituation är tillvägagångssättet sådant att en störning i taget analyseras först, varefter experiment med två och tre förekommande störningar analyseras. Valen av störningar i de olika experimenten är sammanställda i tabell 6.7.

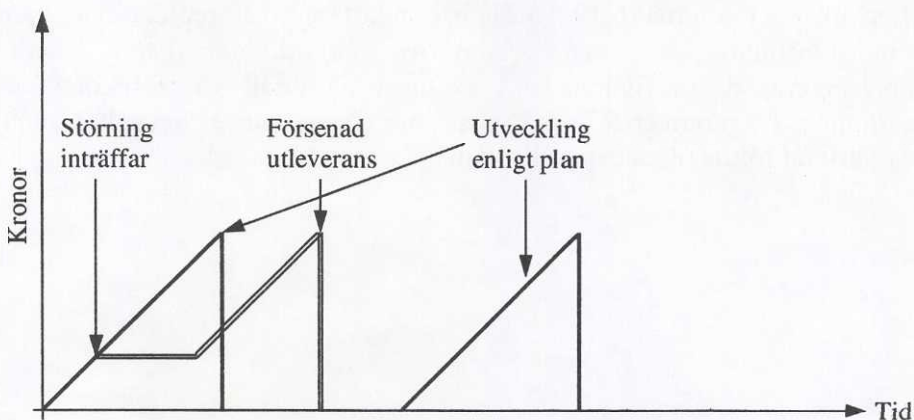
Experiment	Försenade leveranser	Bristande kvalitet på insatsvaror	Maskinhaveri vid bearbetning 1	Maskinhaveri vid montering
A	Ja			
B		Ja		
C			Ja	
D				Ja
E	Ja	Ja		
F	Ja		Ja	
G		Ja	Ja	
H		Ja		Ja
I			Ja	Ja
J		Ja	Ja	Ja

Tabell 6.7 Analyserade störningar i experimentsituation 2

Avseende åtgärderna kan nämnas, att flera av respondenterna i Verkstadsföretaget ansåg att en viktig åtgärd för att undvika tillverkning av bristfällig kvalitet var att byta leverantörer, så att kvaliteten på insatsvarorna och tillförlitligheten vid inleveranser av insatsvaror förbättrades. Att insatsvaror fanns tillgängliga, som buffert, ansågs också viktigt för att reducera förekomsten av störningar. Höjd arbetsmotivation, utbildning och investeringar i nya maskiner var viktiga åtgärder för att hantera störningar i företaget. Jämn och stabil personaltillgång ansågs också mycket viktigt för att undvika störningar vid tillverkningen. Utbildning var en viktig åtgärd för att undvika kassationer. Andra intressanta frågor är: Vilka konsekvenser får olika störningar med lika sannolikhet för att inträffa var för sig? Hur påverkas de mått som analyseras när störningar inträffar? Hur robusta är de mått som används? Vem drabbas av en störning och hur drabbas de?

6.4.3 Förväntade resultat av experimentsituation 2

Vid experimentsituation 2 är kapaciteten större än efterfrågan och företaget kännetecknas av repetitiv tillverkning mot kundorder. Endast en färdigvara tillverkas. Tillverkningen kommer att påbörjas just-i-tid innan kunden vill att företaget skall leverera kundens order. Färdigvarulagrets utveckling kommer att få ett sågtandat mönster med perioder utan eller med mycket låg kapitalbindning (se figur 6.17).



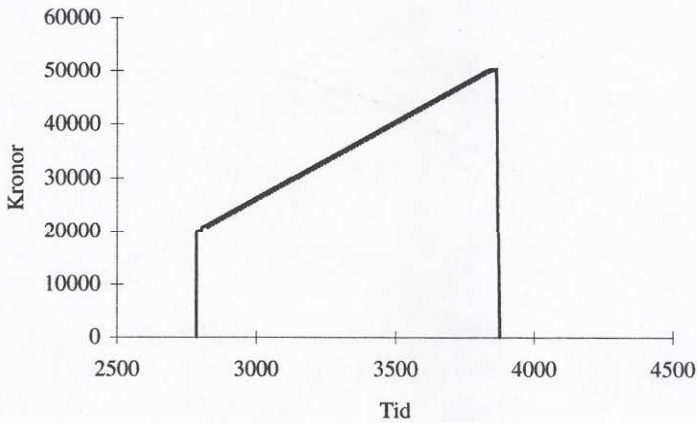
Figur 6.17 Mönster för färdigvarulagrets utveckling med och utan störningar (där $D < P$).

Vid störningar (t ex maskinhaverier eller materialbrist) kommer kurvan för lagerutvecklingen att plana ut när störningar inträffar, vilket illustreras av den dubbla linjen i figur 6.17. Därmed kommer det att ta längre tid än planerat att tillverka en färdigvara. En enskild utleverans kan således bli försenad, men inte nödvändigtvis den efterföljande, såvida produktionscykeln överlappar den efterföljande. Om färdigvarorna säljs senare än planerat, kommer även inbetalningar att ske senare än planerat. Den genomsnittliga kapitalbindningen kan således komma att öka under den givna tidsperioden.⁵⁴ Intäkterna antas i samtliga experiment i denna experimentsituation förbli desamma som utan störningar, men det kalkylmässiga resultatet kan komma att minska. Kostnader för såväl arbete och insatsvaror som kapitalbindning kan ju komma att öka.

6.4.4 Resultat av experimentsituation 2

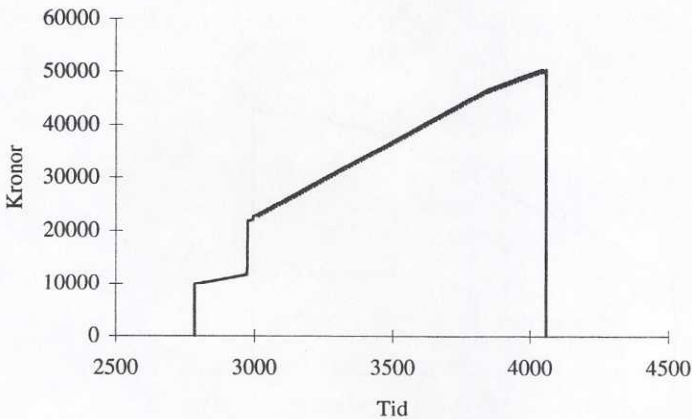
Målet med experimentsituation 2 är att visa hur störningars konsekvenser kan analyseras när efterfrågan är mindre än kapaciteten. Jag antar här att leveranser till kund skall ske just-i-tid, när kunden behöver varorna, dvs enligt principen JIT. För att göra resultaten jämförbara har en lika lång tidsperiod simulerats i varje experiment. Tiden har satts till 2000 minuter plus en sk *warm-up* på 2564 minuter. Starttidpunkten, dvs efter *warm-up*, har valts så att leverantörerna av insatsvaror just börjat leverera insatsvaror till det tillverkande företaget. Under en simulerad tidsperiod tillverkas och levereras 100 färdigvaror ut till kund (se figur 6.18). För de tre efterföljande figurerna (6.19 - 6.21) har endast en av 30 replikationer valts som illustration av den *kumulativa kapitalbindningen*. Således representerar dessa figurer bara exempel på utfall vid förekomst av störningar. I figurerna 6.22 - 6.26 visas hur några centrala nyckeltal (mått) har varierat för de olika experimenten.

⁵⁴ Detta framgår av figur 6.17. Se dock analysen av figur 6.24, som ger ett missvisande resultat.



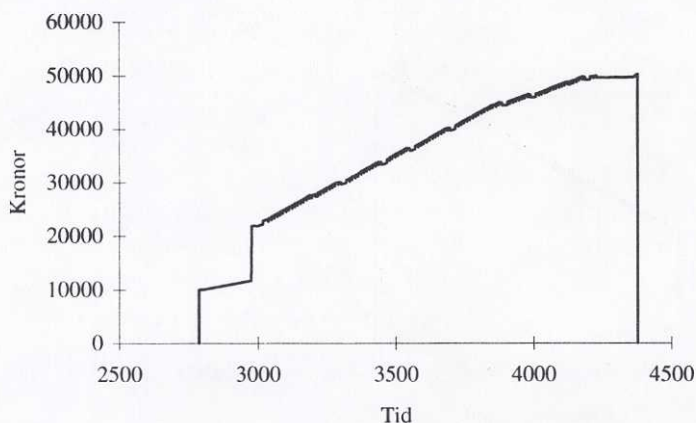
Figur 6.18 Kumulativ kapitalbindning utan störningar

I *experiment A* levereras varor för sent av en leverantör, vilket orsakar materialbrist och att en ny beställning av insatsvaror måste göras. Hur den kumulativa kapitalbindningen utvecklas visas i figur 6.19.



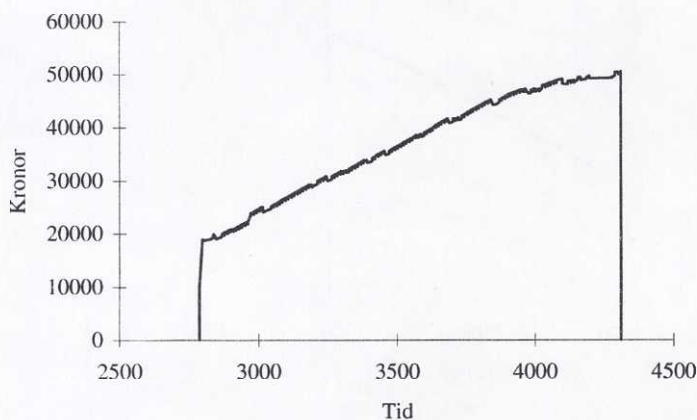
Figur 6.19 Kumulativ kapitalbindning från experiment A (en störning)

I *experiment F* levereras insatsvaror för sent från en leverantör och det inträffar maskinhaverier vid den ena bearbetningsstationen. Nya insatsvaror måste därmed beställas från leverantören i fråga, vid dessa kassationer. Utleveransen till kund försenas något. Hur den kumulativa kapitalbindningen utvecklas visas i figur 6.20.



Figur 6.20 Kumulativ kapitalbindning från experiment *F* (två störningar)

I *experiment J* analyseras ett experiment när tre störningar förekommer samtidigt. Respektive störning kan inträffa med samma antaganden som i experiment *B*, *C* och *D*. Hur den kumulativa kapitalbindningen utvecklas visas i figur 6.21.

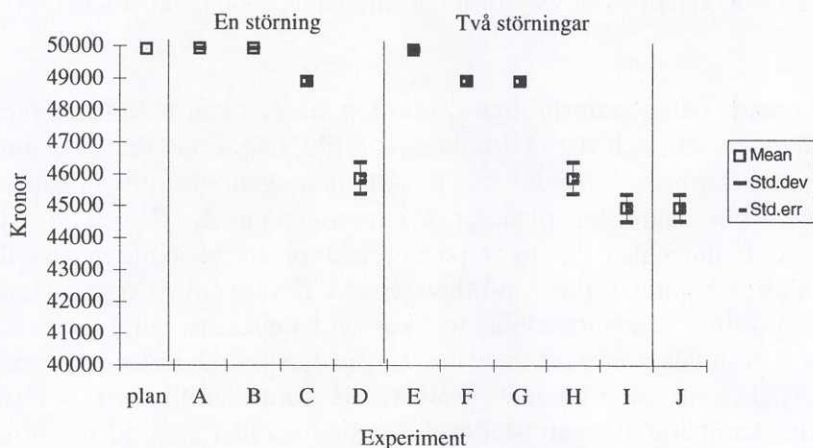


Figur 6.21 Kumulativ kapitalbindning från experiment *J* (tre störningar)

Figurerna 6.19 - 6.21 är "ögonblicksbilder" från en replikation. Dessa bilder har endast tagits fram för ge en föreställning om hur störningar leder till avvikelser från plan. Av ovanstående "ögonblicksbilder" framgår bland annat att störningar leder till försenade utleveranser till kunden. Utifrån figurerna är det dock inte möjligt att avgöra vilken/vilka störningar som leder till allvarligast konsekvenser. För att visa hur de ekonomiska

konsekvenserna kan analyseras har olika mått från respektive experiment sammanställts. Det är vid en sådan analys som simuleringsmodeller har en stor fördel gentemot andra modeller. Dessa mått illustreras av figurerna 6.22 - 6.26.

I figur 6.22 visas hur konsekvenserna på *kalkylmässigt resultat* varierar vid förekomst av olika störningar. Om enskilda störningar jämförs, kan det konstateras att det kalkylmässiga resultatet endast blir märkbart sämre när insatsvaror kasseras (jfr experimenten A - D). Detta förhållande beror på att kostnaderna ökar. Den korta tidsperioden, de små belopp som avses samt de små skillnader i genomsnittlig kapitalbindning gör att kapitalkostnaden knappast får någon betydelse för resultatet. I likhet med experimentsituation 1 kan det dock konstateras att samtidig förekomst av flera störningar inte nödvändigtvis är allvarligare än när en störning i taget inträffar (jfr experimenten E - I). Det är i dessa fall den störning som leder till allvarligast konsekvenser som tenderar att "dominera" resultatet, även när fler störningar inkluderas. Detta är bland annat fallet vid experiment F (som innefattar samtidig förekomst av A och B), G (som innefattar samtidig förekomst av A och C) samt H (som innefattar samtidig förekomst av B och D).

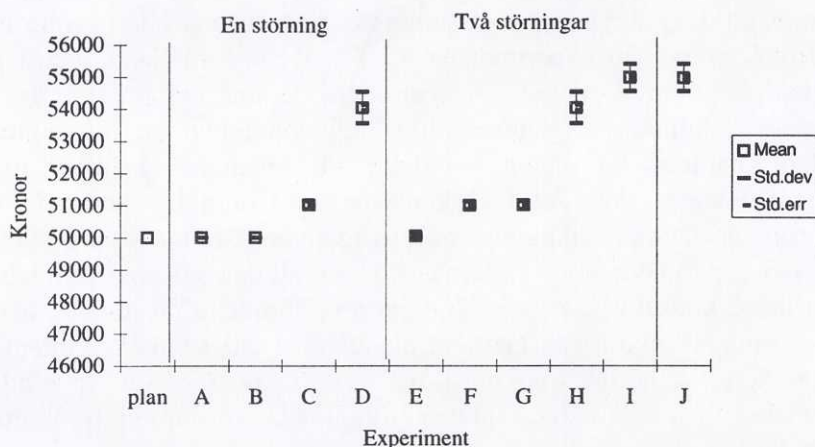


Figur 6.22 Konsekvenser av störningar med avseende på kalkylmässigt resultat (EVA)⁵⁵

Intäkterna blir i samtliga experiment 100.000 kronor, vilket också antagits inför experimenten. Avseende *kostnaderna* kan vi, utifrån figur 6.23,

⁵⁵ EVA (och de andra resultaten) beräknas vid utleverans till kund, enligt formuleringen i uttryck 5.9.

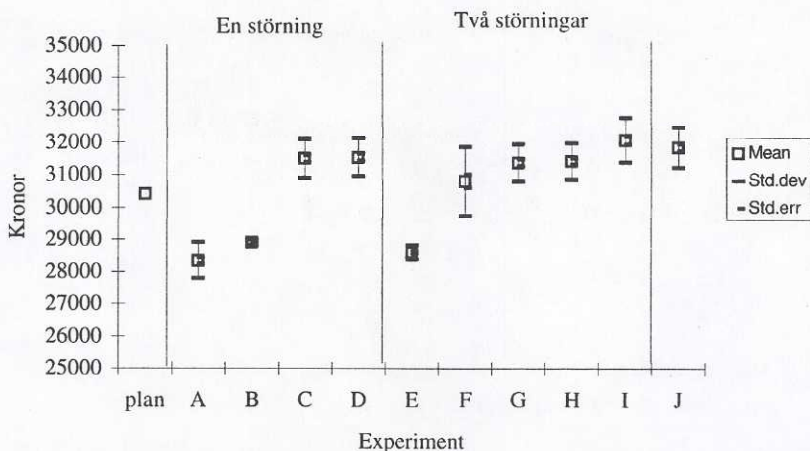
konstatera att standardavvikelseerna är marginella i samtliga experiment. Kostnaderna ökar ju senare utefter materialflödet en störning inträffar (jfr experimenten *A - D* och *E - J*), vilket var väntat. Samtidig förekomst av flera störningar behöver dock inte leda till märkbart högre kostnader än om en störning i taget inträffar (jfr experimenten *A - D*, *E - I* och *J*). Detta förhållande beror givetvis på vilka störningar som inträffar samtidigt.



Figur 6.23 Konsekvenser av störningar med avseende på kostnader

Även avseende den genomsnittliga *kapitalbindningen* kan vi konstatera att standardavvikelsen, och därmed risken, kan öka något när fler störningar förekommer samtidigt (figur 6.24). Att den genomsnittliga kapitalbindningen blir lägre än planerat i experimenten *A*, *B* och *E*, där experiment *E* innehåller *B*, beror på det faktum att beräkningen av det genomsnittliga kapitalet görs vid utleverans av färdigvaror. Då jag antagit att företags in- och utbetalningar sker vid leverans, divideras den kumulativa kapitalbindningen med en längre tidsperiod vid en försenad utleverans. För att experimenten skall kunna göras jämförbara, bör den kumulativa kapitalbindningen istället divideras med lika lång tid i samtliga fall (dvs 2000 minuter).⁵⁶ Kapitalkostnaden för den korta perioden är dock relativt liten, varför konsekvensen på det kalkylmässiga resultatet endast blir marginell.

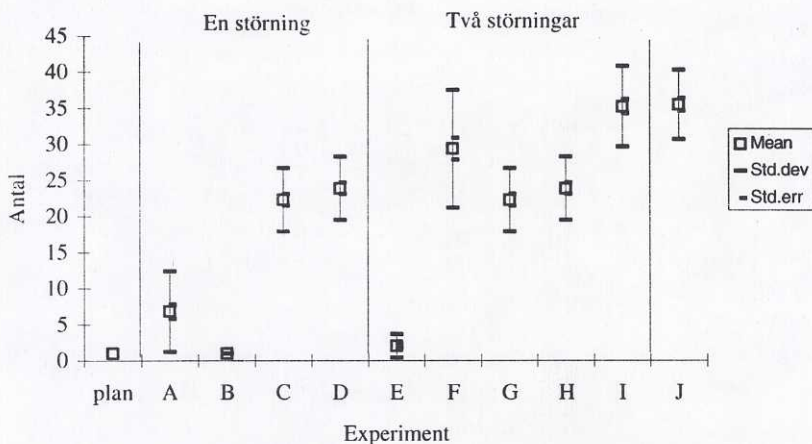
⁵⁶ Utifrån antagandet ovan är beräkningen ändå korrekt, men analysen av resultatet kan bli missvisande.



Figur 6.24 Konsekvenser av störningar med avseende på genomsnittlig kapitalbindning

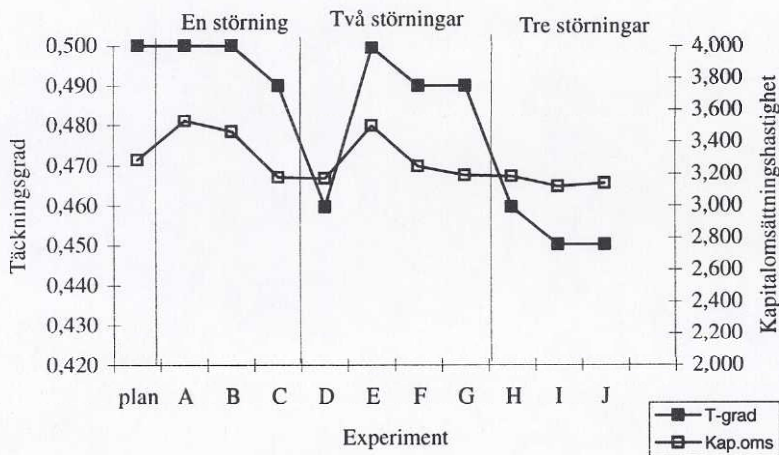
I figur 6.25 visas hur kunden drabbas av olika störningar, genom att det uppstår *brist*.⁵⁶ Trots att intäkterna för företaget i samtliga experiment är 100.000 kronor under perioden, drabbas företags kunder av att varor levereras in för sent. Vid förekomst av störning *B* och *E* (där *E* innefattar *A* och *B*) uppstår knappast någon *brist* alls hos kunden. Vid förekomst av störning *B* antas å andra sidan att tillverkningen kan starta utan att samtliga insatsvaror är av fullgod kvalitet, vilket inte kan antas vara fallet i alla företag.

⁵⁶ Vanligtvis bör en bristkostnad beaktas, vilket inte görs här. Hur en bristkostnad kan tas med i analysen visas i kapitel 7.



Figur 6.25 Konsekvenser av störningar med avseende på brist hos kunden

I figur 6.26 görs en jämförelse mellan måtten täckningsgrad och kapitalomsättningshastighet. Det kan utifrån figur 6.26 konstateras att *täckningsgraden* försämras av vissa störningar och är oförändrad av andra. *Kapitalomsättningshastigheten* varierar knappt märkbart och förbättras i vissa experiment när störningar inträffar. Detta kan i och för sig bero på hur den genomsnittliga kapitalbindningen är beräknad, vilket påpekades i samband med figur 6.24.



Figur 6.26 Jämförelse mellan variationer i täckningsgrad och kapitalomsättningshastighet vid olika störningar (medelvärden)

Liksom i föregående avsnitt har jag i detta avsnitt illustrerat hur störningars konsekvenser kan analyseras med avseende på olika mått. Jag har försökt påvisa hur valet av mått vid en analys av störningars konsekvenser påverkar resultatet av analysen. Av analysen för experimentsituation 2 framgår att det är kostnaderna som får störst inverkan på det kalkylmässiga resultatet. Genom att ensidigt eliminera lagerhållning och fokusera på måttet genomsnittlig kapitalbindning, är det svårt att avgöra vilken störning som leder till allvarligast konsekvenser. Utan att beakta störningars konsekvenser på såväl intäkter som kostnader, går det att avgöra hur mycket det får kosta för att åtgärda en störning. Hur det går att uppnå en effektivare hantering av störningar behandlas mer ingående i kapitel 7.

6.5 Sammanfattning och slutsatser

I detta kapitel har det, i enlighet med det tredje delsyftet, visats hur den utvecklade systematiken och måttet EVA (kalkylmässigt resultat) kan tillämpas i simuleringsmodeller, för att analysera störningars ekonomiska konsekvenser. Med hjälp av två simuleringsmodeller för diskret simulering har jag inte bara visat hur störningars ekonomiska konsekvenser kan analyseras, utan även andra konsekvenser. Resultaten från experimenten visar att en ensidig fokusering på kostnader och kapitalbindning kan leda till felaktiga slutsatser avseende vilken störning som är allvarligast för ett företag.

Resultaten från experimenten visar också att konsekvenserna av en störning blir mer negativa för hela materialflödet ju senare en störning inträffar. Dessutom är samtidig förekomst av störningar inte nödvändigtvis allvarligare än när en störning i taget inträffar. Resultaten bör dock beaktas med viss försiktighet, eftersom de beror på de förutsättningar som gäller för respektive experimentsituation och endast är giltiga för de experimentsituationer som analyserats.

Konsekvenserna av en störning beror till stor del på var utefter ett materialflöde den inträffar och vilka förutsättningar som gäller för materialflödet. Störning I - bristande kvalitet på insatsvaror (b och B) - leder, som exempel, inte till några konsekvenser på måttet kalkylmässigt resultat i experimentsituation 2, medan konsekvenserna blir märkbara i experimentsituation 1. Att analysera störningars konsekvenser med hjälp av mått på ett kalkylmässigt resultat (EVA), verkar ge en rättvis bild av konsekvenserna. En ensidig analys av ett företags genomsnittliga

kapitalbindning kan däremot antas leda till felaktiga slutsatser vad gäller effektiviteten utefter ett företags materialflöde.

Av simuleringsexperimenten framgår att måttet EVA (kalkylmässigt resultat) kan vara lämpligt för att "balansera" kapitalbindning, kostnader och intäkter mot varandra. Att ställa täckningsbidraget i relation till ianspråktaget rörelsekapital, visade sig däremot vara mindre bra. Måtten täckningsgrad, kapitalomsättningshastighet och kapacitetsutnyttjande ger vid förekomst av störningar inte tillförlitlig information avseende vilken störning som är allvarligast och därmed inte vilken störning som bör prioriteras vid hanteringen av störningar. Sammanfattningsvis har följande slutsatser framkommit av simuleringsexperimenten:

- Av de experiment som utförts i detta kapitel framgår att måttet kalkylmässigt resultat (EVA) är ett lämpligt mått för att analysera ekonomiska konsekvenser av störningar på kort sikt. Av experimenten framgår också bristerna med en ensidig analys av genomsnittlig kapitalbindning.
- Av simuleringsexperimenten framgår att förekomst av samma störning kommer att leda till olika konsekvenser beroende på var utefter ett företags materialflöde den inträffar. Dessutom behöver förekomst av flera störningar inte nödvändigtvis leda till "additiva" konsekvenser.
- Störningar fortplantar sig och kan leda till konsekvenser på andra platser utefter ett materialflöde. Någon som inte orsakat en störning kan således drabbas av en störning.
- Genom att använda variabler för att beräkna kostnaden vid förädling och intäkter vid försäljning av en vara, kan störningars ekonomiska konsekvenser relativt enkelt analyseras med hjälp av simulering.

Kvar återstår att visa hur företag kan använda simulering för att på ett effektivare sätt hantera störningar utefter sina materialflöden. I nästa kapitel visas därför hur företag kan fördjupa analysen av störningars konsekvenser, mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk. Där beaktas också den alternativkostnad (bristkostnad) som uppstår när varor inte kan levereras i tid till kund. Hur företag kan prioritera mellan olika åtgärder, dvs mellan vilka störningar som är allvarligast, visas också i kapitel 7.

KAPITEL 7

FÖRDJUPAD ANALYS AV STÖRNINGARS EKONOMISKA KONSEKVENSER

I kapitel 6 har jag visat hur simulering kan användas för att analysera störningars konsekvenser. Jag visade att konsekvenserna varierar beroende på vilket mått som används och hur konsekvenserna förändras om en eller flera störningar förekommer. Av analysen framgår också att konsekvenserna varierar beroende på var utefter ett materialflöde en störning inträffar. Jag visade i detta sammanhang hur exponeringen för störningar leder till ökad risk för att avkastningen blir sämre än planerat. Från respektive experiment illustrerades denna risk med mått på medelvärde och standardavvikelse.

Vad som saknas i kapitel 6, för att huvudsyftet med studien skall uppfyllas, är en mer detaljerad analys av de risker som är förknippade med en plan samt hur företaget kan avgöra om det är effektivt eller inte att hantera en viss störning. I detta kapitel visas därför i detalj hur simulering kan användas för att analysera effektivitet, definierat som hög avkastning till begränsad risk. I avsnitt 7.1 presenteras först några grundläggande antaganden för analysen och fem metoder¹ för att analysera risker. I avsnitt 7.2 visas sedan i detalj hur simulering kan användas för att analysera störningars ekonomiska konsekvenser, så att hanteringen av störningar kan bli effektivare.

7.1 Introduktion till analysen

Eliminering av företags lagerhållning (kapitalrationalisering) hävdas leda till att störningar synliggörs, så att dessa kan åtgärdas. Sällan beaktas dock de risker som en reduktion av lagernivåer medför. Jag har bland annat därför hävdat att en ensidig eliminering av företags lagerhållning (kapitalrationalisering) kan vara olycklig. För att uppnå en effektivare tillverkning gäller det att även beakta den exponering för störningar som uppstår när

¹ Med metod avses i detta kapitel statistiska metoder. Till skillnad från hur begreppet metod har behandlats i kapitel 3. De statistiska metoder som presenteras i detta kapitel ingår i den planeringsmetod som har utvecklats i föreliggande studie.

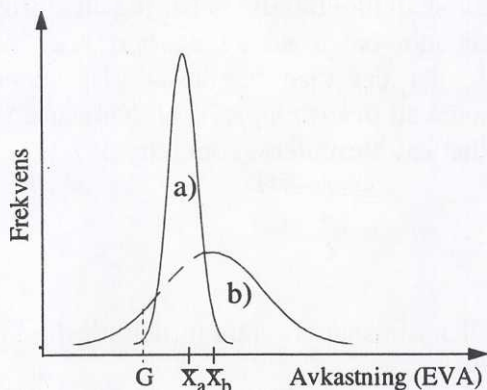
lagerhållning reduceras samt konsekvenser på avkastningen av att olika störningar hanteras. Det bör alltså vara av intresse för företaget att analysera de risker som kan uppstå i samband med kapitalrationalisering.

Genom att identifiera existerande och/eller potentiella störningar utefter ett materialflöde och justera inbetalningar och utbetalningar därefter, kan ekonomiska konsekvenser (och därmed även risker) av en eventuell störning analyseras med hjälp av simulering.² Den risk ett företag utsätter sig för kommer då att avspeglas i spridningen (t ex standardavvikelse och varians) på den förväntade avkastningen, eftersom förväntade inbetalningar reduceras och/eller förväntade utbetalningar ökas. Detta sätt att skatta risk förespråkas också vid beräkning av kalkylmässigt resultat.

Den risk som är förknippad med planering med lagerhållning och planering utan lagerhållning, kan illustreras med olika frekvens- och fördelningsfunktioner, som i figurerna 7.1 och 7.2. Med dessa figurer vill jag visa att fallet med lagerhållning (a), med stor säkerhet bör leda till en viss avkastning, vilken i genomsnitt kommer att vara lägre än vid fallet utan lagerhållning (b). Kapitalkostnaden medför ju att avkastningen (EVA) blir lägre om varor lagerhålls.

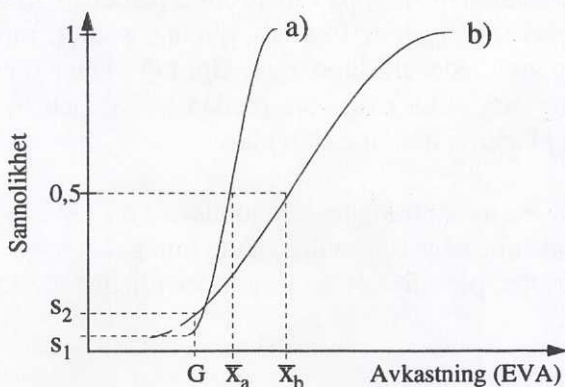
Fallet utan lagerhållning (b) kan alltså förväntas leda till högre avkastning än fallet med lagerhållning (a), men risken för att avkastningen skall bli lägre än planerat är också högre vid detta fall. Den förväntade avkastningen är markerat med \bar{X}_a och \bar{X}_b i figurerna 7.1 och 7.2. Om vi utgår från att företaget planerar för att uppnå ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk och därmed även att intressenterna kan avgöra var en kritisk gräns för avkastningen är, kan en effektiv plan utformas som gör att företaget kan styra sin verksamhet mot målet "högsta möjliga avkastning till begränsad risk".

² Se kapitel 4 och bilaga 5 för hur en sådan beskrivning (identifiering av störningar) kan se ut och kapitel 6, där design av simuleringsmodeller behandlats.



Figur 7.1 Frekvensfunktion över fallen a) och b), som visar fördelningen kring en förväntad avkastning³

Av figurerna 7.1 och 7.2 framgår att sannolikheten för att avkastningen skall bli lägre än den kritiska gränsen (G) är högre för fall b) än för fall a). Detta illustreras i figur 7.2 av s_1 och s_2 . Av figur 7.2 framgår att företag med planering enligt fallet a), med lagerhållning, bör kunna öka sin avkastning genom att lagerhållningen reduceras. Företag som planerar enligt fallet b), bör å andra sidan kunna reducera den risk företaget och dess ägare utsätts för genom att vidta någon form av åtgärd, t ex förebyggande underhåll eller lagerhållning. Vilken typ av åtgärd som är effektivast kan variera mellan olika företag och typer av störningar.



Figur 7.2 Fördelningsfunktioner över fallen a) och b) visar förhållandet mellan risk och förväntad avkastning

³ Fördelningarna i figuren är symmetriska (specialfall), där medianen är lika med medelvärdet, vilket är fallet vid normalfördelningen.

För att hanteringen av störningar skall bli effektiv menar jag att störningars konsekvenser måste analyseras mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk, där det med begränsad risk menas att företag vill begränsa sannolikheten att *avkastningen* skall hamnar under en viss gräns (G). Denna sannolikhet kan formuleras som uttryck 7.1.

(7.1) sök: $P(EVA \leq G)$

för ett visst värde på G eller allmänare bestäm fördelningsfunktionen

$P(EVA \leq x)$

där:

P = Sannolikhet

EVA = *Economic Value Added*

G = Kritisk gräns

x = Tal som får variera (i detta fall avkastning)

Om vi antar att intressenterna i varje företag kan avgöra var en kritisk gräns för avkastningen går, bör de kunna planera sina materialflöden så att hanteringen av störningar kan bli effektivare. Företag bör alltså kunna planera sina materialflöden så att ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk kan uppnås. Av resonemanget kan den självklara slutsatsen dras, att intressenterna bör välja den plan som ger högst förväntad avkastning, när den risk som är förknippad med olika planer är lika. I de fall där den förväntade avkastningen är lika bör företag istället, men lika självklart, välja den plan som leder till lägst risk. Om två planer förväntas generera olika avkastning och olika risk, som mellan fall a) och b) ovan, blir avvägningen mellan planerna inte lika självklar.

Innan jag visar hur analysen av störningars ekonomiska konsekvenser kan fördjupas, görs i nästa avsnitt några grundläggande antaganden om brist- och åtgärds kostnad. Därefter presenteras fem metoder för hur företag bör göra sin riskanalys.

7.1.1 Antaganden om brist- och åtgärds kostnad

När en störning inträffar i ett system utan lagerhållning, får kunden till företaget kanske inte sina varor just-i-tid (som planerat). Det uppstår en brist hos kunden. Hur denna brist skall "prissättas" kan diskuteras. Enligt litteraturen finns ett flertal olika sätt att hantera brist och bristkostnader.

Förekomst av brist antas leda till att en alternativkostnad uppstår hos såväl kunden som leverantören. Denna alternativkostnad försöker leverantören (det tillverkande företaget) beakta, eftersom kunden kan byta leverantör eller kräva kompensation för sin brist. Brist hos en kund kan även leda till att andra kostnader uppstår för det tillverkande företaget, t ex ökad administration. En empirisk undersökning vid ett företag för reservdelar till bilar har visat att brist kan påverka ett företags kostnader på ett antal olika sätt (Jensen, 1992).

Bland de mer allmänt förekommande metoderna för att bestämma en bristkostnad, nämner Jensen (1992) fem metoder. För det första kan brist leda till minskade marginaler (*lost value-added margin*), eftersom brist bland annat leder till förseningar och minskad möjlighet att tjäna pengar under denna tid. För det andra leder brist till ökad resursförbrukning (*increased resource consumption*), eftersom planer måste göras om och kommunikationen med kunderna ökar. En tredje konsekvens som kan falla inom denna kategori är den resursförbrukning som uppstår av de åtgärder som vidtas för att lindra de negativa konsekvenserna av en brist. Exempel på det senare är ”*special stockout-alleviation procedures, maintenance of goodwill through price reductions (and other provisions) samt indirect effects*”. En fjärde konsekvens av brist är att priset på insatsvaror kan stiga om beställningar inte följer tänkt plan (*price rises owing to express order services*). Slutligen kan brist leda till att kunderna försvinner och vänder sig till en konkurrent (*loss of customers*).

I en amerikansk undersökning visas att de finansiella kostnaderna av att inte få en vara inlevererad i tid är marginella (Dion et al, 1991). Däremot ansågs en sådan brist kunna orsaka andra störningar, vilket kan vara mycket kostsamt att hantera. Att beakta de administrativa kostnader som uppstår vid en bristsituation ansågs vanligt, men inte så kostsamt för företagen. På kort sikt kan även efterfrågan komma att minska, om de färdigvaror som inte är klara för leverans blir restnoterade. Kunder som kan försörja sitt behov från en annan leverantör kan ju välja att inte köpa de restnoterade färdigvarorna (Ernst och Powell, 1995). Om varor inte kan levereras i tid för behov kan kunderna på lite längre sikt helt komma att försvinna till en konkurrent.

Av litteraturen framgår att det finns flera alternativa metoder att välja mellan när bristkostnader skall beaktas. Två vanliga metoder är att beakta de expressleveranser som bristen medför och/eller det administrativa arbete som fördyrar tillverkning av en vara, vilket gör att avkastningen blir lägre än planerat. Ytterligare en metod kan vara att anta att en kund som får en vara för sent kommer att kräva kompensation för detta och därmed

inte är villig att betala fullt pris, vilket innebär att intäkterna kan minska. Slutligen kan man låta kapitalkostnaden för försenade inbetalningar avspegla bristkostnaden.⁴ Detta sätt att betrakta brist avspeglar de konsekvenser som uppstår på nuvärdet av ett företags betalningar, när en vara utlevereras senare än planerat.

Hantering av bristkostnad kan, som vi ser, variera mellan olika företag. Då intresset i föreliggande studie är att studera nyttan av kapitalrationalisering och störningshantering, kommer bristen endast att avspeglas av den ökade kapitalkostnad som uppstår av att inbetalningar infaller senare än planerat. Jag antar alltså fortsättningsvis att intäkterna i fallen med försenade utleveranser förblir desamma som om inga störningar förekommer. Jag beaktar inte heller den kostnad som en eventuell expressleverans kan medföra. De färdigvaror som inte levereras i tid, utan lagerhålls efter den tidpunkt när utleveransen planerades, kommer att värderas till försäljningspris. Alternativkostnaden bör ju i detta fall motsvara den ränta som företaget går miste om vid försenad inbetalning. Detta synsätt ligger dessutom i linje med antagandet att ägarna strävar efter att maximera nuvärdet av företagets betalningar.⁵

Beträffande kostnaden för att åtgärda en störning, kan den variera mellan olika typer av störningar som skall hanteras. I vissa fall kanske det endast finns en alternativ åtgärd men ofta finns det fler, vilket framgick av avsnitt 4.2. Målet för varje företag måste vara att minimera summan av de kostnader som en störning medför i form av olika åtgärder. Oavsett om ett företag låter en störning förekomma, för att därefter åtgärda den, eller om det väljer att eliminera den innan den inträffar, krävs dock att någon form av åtgärd vidtas. Fortsättningsvis antas därför kostnaden för att åtgärda en störning vara konstant, vilket medför att den inte beaktas när det analyseras om det är effektivt eller inte att hantera en viss störning. I ett verkligt fall är det dock möjligt att beakta dessa kostnader som stokastiska variabler i en simuleringsmodell.

7.1.2 Metoder för riskanalys

Istället för en ensidig eliminering av lagernivåer (kapitalrationalisering), har jag menat att störningar bör analyseras mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk, där det med begränsad risk menas att företag vill begränsa sannolikheten att avkastningen skall hamna under en

⁴ Se t ex Andersson et al (1978).

⁵ Se kapitel 5.

viss kritisk gräns. Denna sannolikhet har formulerats som uttryck 7.1. Om det antas att intressenterna kan avgöra var en kritisk gräns för avkastningen går, bör de kunna planera sina materialflöden så att hanteringen av störningar kan bli effektivare. Det finns flera metoder att skatta sannolikheten för att ett resultat (t ex avkastningen) hamnar under en viss kritisk gräns. Jag begränsar mig till att föreslå fem metoder baserade på antagandet att resultatet är (nära) normalfördelade. Dessa är:

1. Andelsmetoden
2. Normalfördelningsmetoden
3. Edgeworthutveckling⁶ (generalisering av metod 2)
4. Överlagring⁷ av normalfördelningar (generalisering av metod 2)
5. Överlagring av normalfördelningar med Edgeworthutveckling (generalisering av metoderna 2, 3 och 4)

Metod 1 kan alltid användas oberoende av vilka förutsättningar som gäller. Metod 2 bör användas när ett resultat från simuleringarna kan antas vara approximativt normalfördelade, vilket är ett vanligt antagande i ekonomisk litteratur. Metod 2 är ”effektivare⁸” än metod 1, vid skattning av sannolikheten för att avkastningen hamnar under en viss gräns. Metoderna 1 och 2 är allmänt vedertagna metoder, medan de övriga tre metoderna är generaliseringar av metod 2. Av tradition används därför i allmänhet metoderna 1 och 2. I de fall som normalfördelningen är en dålig approximation, t ex när konsekvenserna av en viss störning är drastisk, kan dock normalfördelningen inte antas gälla. Då bör istället någon av metoderna 3, 4 eller 5 väljas. Metoderna 3 - 5 innebär att förfiningar görs av metod 2, så att den kan användas i speciella situationer där normalfördelningen inte gäller.

Låt oss börja beskriva den *första* och enklaste metoden. Anta att vi i ett simuleringsexperiment vill analysera resultatet av N antal replikationer. Sannolikheten att hamna under en viss kritisk gräns kan skattas som den

⁶ Benämns *Edgeworth expansion*, vilken utvecklades av matematikern, nationalekonomen och statistikern Francis Ysidro Edgeworth runt sekelskiftet. Se t ex Cramér (1945); Kotz och Johnson (1982-1988) och McCann (1994).

⁷ Fördelningar som är överlagrade benämns *compound distributions*.

⁸ Metoden är effektivare i den mening att tillförlitligheten blir högre, vilket gör att färre replikationer behöver göras för att uppnå samma tillförlitlighet som metod 1.

andel av resultaten som hamnar under den kritiska gränsen, vilket kan formuleras som uttryck 7.2.

$$(7.2) \quad P = \frac{n_G}{N}$$

där :

- P = Sannolikhet
- n_G = Antal under en kritisk gräns (G)
- N = Antal replikationer

Om antalet replikationer vid en simulering är få, kan det vara otillförlitligt att endast beräkna andelen av det antal replikationer som hamnar under en viss kritisk gräns. Istället för att kompensera denna otillförlitlighet med att göra fler replikationer, kan en mer tillförlitlig skattning av sannolikheten göras med metod 2 - normalfördelningsmetoden. Vid den *andra* metoden beaktas även den spridning (standardavvikelse) som finns kring ett förväntat resultat. Om den stokastiska variabeln EVA är approximativt normalfördelad, kan sannolikheten för att hamna under en viss kritisk gräns beräknas som uttryck 7.3.

$$(7.3) \quad P = \phi\left(\frac{G - \bar{x}}{s}\right)$$

där :

- P = Sannolikhet
- ϕ = Normalfördelningsfunktion ($\mu=0, \sigma=1$)
- G = Kritisk gräns
- \bar{x} = Medelvärde
- s = Standardavvikelse

För att skatta ett medelvärde på avkastningen (eller något annat resultat) rekommenderas i litteratur om produktionssimulering att åtminstone 30 replikationer görs (Savén, 1988). Om sannolikheten för att avkastningen hamnar under en fastställd kritisk gräns är liten, måste dock experiment med betydligt fler än 30 replikationer utföras. För de experiment som redovisas i avsnitt 7.2 har därför 100 replikationer gjorts. Detta kan antas vara mer än väl tilltaget om vi vill skatta medelvärdet med viss säkerhet. Då vi är intresserade av att analysera kritiska gränser och dessutom antar att intressenter är riskaverta, kommer gränsen 50 procents sannolikhet för att ett resultat hamnar under en viss kritisk gräns inte att vara intressant.

Fördelen med att använda metod 2 (uttryck 7.3) istället för metod 1 (uttryck 7.2) vid beräkning av sannolikheter (risker), är att antalet replikationer inte behöver vara lika stort för att uppnå samma tillförlitlighet. Hur många replikationer som kan vara lämpligt att göra kan dock variera. I tabell 7.1 visas hur många replikationer som behövs för att skatta olika kritiska gränser för att metod 1 skall uppnå samma tillförlitlighet som metod 2. Tillförlitligheten återspeglas av variansen för skattningar av P , som skall vara lika stor för att ge lika stor tillförlitlighet.⁹

	Antal replikationer vid metod 2	
	100	200
$P(EVA \leq G)$	Antal replikationer som behövs vid metod 1	
0,5	195	288
0,05	211	350
0,01	400	700
0,001	1600	2800

Tabell 7.1 Antal replikationer som behövs vid skattning av olika kritiska gränser för att metod 1 skall uppnå samma tillförlitlighet som metod 2

I ekonomisk teori antas inte sällan att olika resultat är normalfördelade (McCann, 1994). Med hjälp av simulering går det att undersöka hur väl normalfördelat det kalkylmässiga resultatet (EVA) är. EVA kan ju antas variera på ett sätt som inte är normalfördelat beroende på störningars frekvens och andra antaganden om kostnader och intäkter som görs vid en simulering. Då det inte är säkert att EVA blir normalfördelat när en eller flera störningar inträffar, kan det vara nödvändigt att använda andra metoder för att analysera sannolikheten att hamna under en kritisk gräns.

Om fördelningsfunktionen för EVA avviker från normalfördelningen, men avvikelserna är *måttlig*¹⁰, kan Edgeworthutvecklingen användas för att på ett tillförlitligare sätt beräkna sannolikheten för att hamna under en viss kritisk gräns (Cramér, 1945).¹¹ Edgeworthutvecklingen är den *tredje* metoden, som jag dock inte har behov av att använda.

⁹ Resultaten i tabell 7.1 är framtagna genom simulering.

¹⁰ Detta måste studeras för varje fall med hjälp av mått på skevhet och kurtosis.

¹¹ Vid Edgeworthutvecklingen ersätts ϕ med en funktion som förutom \bar{x} och s innehåller ett 3:e och ett 4:e moment.

En störning som förekommer sällan (med liten sannolikhet), kan få allvarliga konsekvenser på avkastningen när den inträffar, vilket kan göra att ett resultat inte blir normalfördelat. Fördelningen kan istället beskrivas som en så kallad överlagring av flera normalfördelningar, vilket innebär att förekomsten av störningar kan tänkas generera flera normalfördelade resultat.¹¹ För att hantera detta problem, kan vi använda oss av en fjärde metod, där så kallad överlagring används för att beräkna sannolikheten för att hamna under en viss kritisk gräns. Inte heller denna metod har jag behov av att använda vid de experiment som görs inom ramen för föreliggande studie.

Den fjärde metoden kan kombineras med Edgeworthutvecklingen för att ytterligare öka tillförlitligheten. Metoden överlagring med Edgeworthutveckling ger oss den femte metoden.

Sammanfattningsvis kan konstateras att metoderna 1 och 2 är allmänt vedertagna metoder, där metod 2 används för att göra metod 1 "effektivare". Metoderna 3, 4 och 5 är möjliga metoder för att göra metod 1 (och 2) ännu "effektivare". Om metoderna 2 - 5 inte går att använda för att analysera ett resultat måste metod 1 användas. I nästa avsnitt visas hur simulering kan användas för att analysera risker för att avkastningen hamnar under en viss kritisk gräns, med metoderna 1 och 2.

7.2 Fördjupad analys

7.2.1 Experimentsituation 3

Den simuleringsmodell som konstrueras för experimentsituation 3 baseras i grova drag på de förutsättningar som gäller vid experimentsituation 2.¹² Istället för 30 replikationer, som var fallet vid experimenten i avsnitt 6.4, har 100 replikationer genomförts för respektive experiment. Orsaken till att fler replikationer måste göras, är att säkerheten i skattningen av

¹¹ Överlagring kan formuleras som:

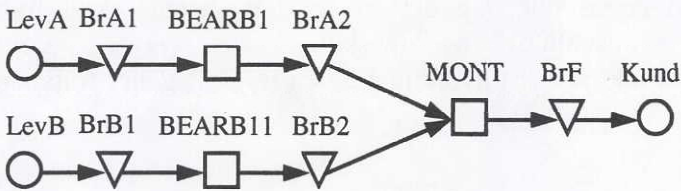
$$P = p_1 \cdot \Phi\left(\frac{G - \bar{x}_1}{s_1}\right) + p_2 \cdot \Phi\left(\frac{G - \bar{x}_2}{s_2}\right) \dots + p_n \cdot \Phi\left(\frac{G - \bar{x}_n}{s_n}\right)$$

Där: P = Sannolikhet; p = Andel ($p_1 + p_2 \dots p_n = 1$); Φ = Fördelning; G = Kritisk gräns; \bar{x} = Medelvärde och s = Standardavvikelse.

¹² Se avsnitt 6.4.

sannolikheten för att hamna under en kritisk gräns ökar, ju fler antalet replikationer är, vilket också visades i avsnitt 7.1.

För att illustrera störningars konsekvenser på ett enkelt sätt antas fortsättningsvis att två insatsvaror (A och B) används för att tillverka en färdigvara (Z). Tillverkningen av Z sker enligt en så kallad *Cover-Time Planning*, där företaget har kontroll på sina genomloppstider och planerar sina inköp och tillverkningen enligt en avropsplan.¹³ Efterfrågan är jämnt fördelad över tiden och mindre än kapaciteten. Materialflödet beskrivs schematiskt i figur 7.3.



Figur 7.3 Materialflöde vid experimentsituation 3

Företaget har två leverantörer (LevA och LevB), vilka levererar insatsvarorna A och B till Verkstadsföretagets två förråd (BrA och BrB). Insatsvara A bearbetas i en maskin (BEARB1) och insatsvara B bearbetas i en annan maskin (BEARB11). Efter bearbetning läggs insatsvarorna i var sitt mellanlager (BrA2 och BrB2). Därefter monterar man insatsvarorna vid en monteringsstation (MONT). Efter monteringen inspekteras färdigvaran och läggs i färdigvarulagret (BrF). Färdigvarorna levereras i satser om 100 enheter till kunden (Kund).

7.2.1.1 Resurser, kapaciteter och tider

I experimentsituation 3 finns liksom i experimentsituation 2, ledig kapacitet. Cykeltiderna för respektive arbetsstation är avvägda, så att inga buffertar byggs upp i mellanlager under vägen från insatsvara till färdigvara. En period av 2000 minuter analyseras vid experimenten, vilket mer än väl täcker in en cykeltid. Tiden för sk *warm-up* är satt till 2160 minuter. Starttidpunkten, dvs efter *warm-up*, har valts så att leverantörerna av insatsvaror just börjat leverera insatsvaror till det tillverkande företaget.

¹³ Se kapitel 6 och Segerstedt (1995) för en beskrivning av Cover-Time Planning.

Tiden motsvarar ungefär tiden från det att en tillverkningsorder om 100 enheter tillverkas tills dess att en ny tillverkningsorder påbörjas.

Insatsvaror beställs från leverantörerna så att inleveranser sker just-i-tid för tillverkning av en serie. Leveranstiderna från såväl LevA och LevB, är 180 minuter. Bearbetningen av A och B tar 7 minuter och det tar även 7 minuter att montera och inspektera en färdigvara. De färdigvaror som accepterats läggs till färdigvarulagret, varifrån leverans sker till företagets kunder.

Förråden och färdigvarulagret har inga restriktioner avseende de kvantiteter som kan lagras där. Jag bortser för enkelhetens skull från lönekostnader vid omställning av maskiner och verktyg samt ordersärkostnader vid inköp. För tillverkning av en styck Z gäller följande produktkalkyl:

	<u>Kronor</u> <u>(kumulativt)</u>
<i>Inköpspris (DM):</i>	
A	1000 (1000)
B	1000 (2000)
 <i>Kostnad för Arbete</i> <i>(DL):</i>	
Bearbetning 1	1000 (3000)
Bearbetning 11	1000 (4000)
Montering	<u>1000 (5000)</u>
Rörlig tillverknings- kostnad:	5000
 Täckningsbidrag:	5000
Försäljningspris:	10000

Den kumulativa kapitalbindningen mäts vid de två bearbetningsstationerna, samtliga lagerpunkter samt vid monteringen. Kalkylräntan är satt till 20 procent.

7.2.1.2 Störningar och åtgärder

Målet med detta kapitel är att visa hur en fördjupad analys av störningar kan göras. Jag utgår från de störningar som analyserades i experiment-situation 2 och tar min utgångspunkt i experiment J (med tre störningar).

För att analysera konsekvenser på avkastning och risk kommer tre experiment att utföras. Dessa experiment visar i detalj hur störningars konsekvenser kan analyseras mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk. Till skillnad från hur störningars konsekvenser analyserades i kapitel 6, har jag valt ett något annorlunda tillvägagångssätt.

Vid analys av störningar konsekvenser vill vi ju veta vad som händer när en viss åtgärd vidtas för att hantera en viss störning i relation till en annan störning eller åtgärd. Därför har jag valt att utgå från ett exempel där tre störningar förekommer samtidigt, vilket utgör förutsättningen för det första experimentet. När vi vet hur det logistiska systemet fungerar med störningar, gäller det att prioritera mellan olika åtgärder för att se vilken åtgärd som är effektivast. Jag väljer här att visa på konsekvenserna av att införa en säkerhetstid och/eller att eliminera en störning.

En säkerhetstid införs som åtgärd i det andra experimentet, vilket i princip innebär att ett säkerhetslager hålls. Varorna kan, vid införandet av en sådan säkerhetstid, levereras just-i-tid till när kunderna behöver varorna. I det tredje experimentet visar jag hur konsekvenserna av att ta bort en störning kan analyseras på så vis att effektiva åtgärder (åtgärdsprogram) kan urskiljas. Genom att jämföra utfallet med tre störningar med utfallet av att eliminera (hantera) en viss störning, kan det avgöras om hanteringen av en störning är effektiv eller inte. Förutsättningarna vid första experimentet, där tre störningar förekommer samtidigt, beskrivs i tabell 7.2.¹⁴

Störning		
Bristfällig kvalitet av en insatsvara	Maskinhaveri vid BEARB1	Maskinhaveri vid MONT
T-normal-fördelning med medelvärdet 95, std = 10, min = 80 och max = 100	T-normal-fördelning med medelvärdet 10, std = 5, min = 6 och max = 20	T-normal-fördelning med medelvärdet 10, std = 5, min = 6 och max = 20

Tabell 7.2 Störningar vid experiment 1

Vid experiment 1 analyseras samma störningar som vid experiment J (i experimentsituation 2). Jag antar att kvaliteten på insatsvara A är bristfällig och att det förekommer maskinhaverier vid bearbetningen (BEARB 1) och montering (MONT). Varje maskinhaveri innebär att delvis bearbetade

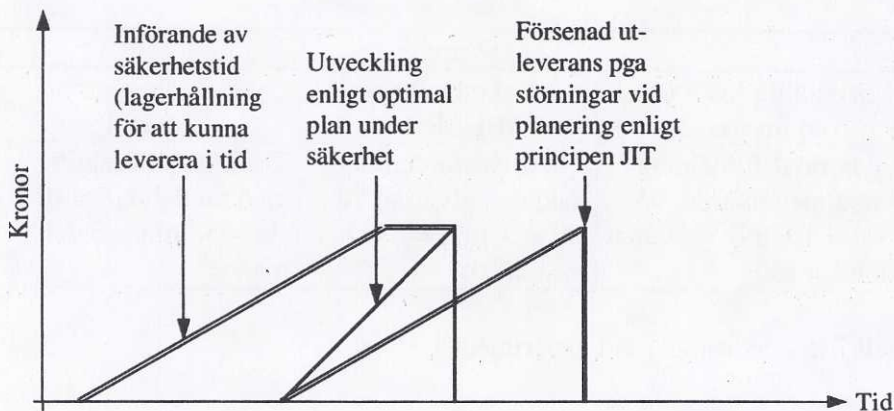
¹⁴ Se även avsnitt 6.4.

varor kasseras och att nya insatsvaror måste beställas. Det tar 20 minuter att reparera varje haveri.

Vid det andra experimentet antas att konsekvenserna av de förekommande störningarna elimineras genom att en *säkerhetstid* införs. Denna säkerhetstid är satt till 1000 minuter och kommer att leda till att samtliga utleveranser sker i tid. Experiment 2 möjliggör en jämförelse mellan att hålla lager, och att inte hålla något lager (dvs enligt principen JIT), vilket var fallet i experiment 1. Vid det tredje experimentet antas att störningarna bristfällig kvalitet på insatsvaror och maskinhaverier vid bearbetning (BEARB1) förekommer samtidigt. Maskinhaverierna vid monteringen (MONT) har alltså eliminerats.

7.2.1.3 Förväntade resultat av experimentsituation 3

Vid experimentsituation 3 är kapaciteten större än efterfrågan och företaget kännetecknas av repetitiv tillverkning mot kundorder¹⁵. Endast en färdigvara tillverkas. Tillverkningen kommer att påbörjas just-i-tid innan kunden vill att företaget skall leverera kundens order. Färdigvarulagrets utveckling kommer att få ett sågtandat mönster med perioder utan eller med mycket låg kapitalbindning (se figur 7.4).¹⁶ Den försenade utleverans som störningarna ger upphov till samt den brist som uppstår hos kund kan betraktas som stokastiska variabler.



Figur 7.4 Förväntad kapitalbindning enligt en optimal plan under säkerhet, vid förekomst störningar utan lagerhållning (JIT) och med lagerhållning

¹⁵ Enligt definitionen av begreppet kundorder i kapitel 6.

¹⁶ Se även avsnitt 6.4.

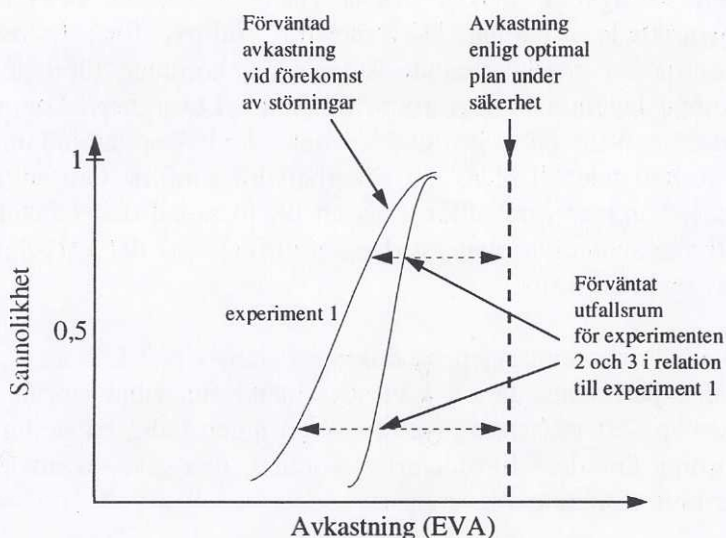
Vid förkomst av tre störningar kommer det att ta längre tid än planerat att tillverka en färdigvara, vilket också visats i kapitel 6. Om den konsekvensinriktade åtgärden "säkerhetstid" införs, för att reducera konsekvenserna av förekommande störningar, kommer företaget med säkerhet kunna leverera färdigvarorna till kund. Leveransen kommer att kunna göras just-i-tid på bekostnad av den ökade kapitalbindning som uppstår (i förhållande till plan) när säkerhetstiden införs. Om störningen inte åtgärdas, kommer varje utleverans att bli försenad och inbetalningar kommer att ske senare än planerat. Dessutom belastas det kalkylmässiga resultatet av en bristkostnad.

I figur 7.4 illustreras endast en produktionscykel, vilket kan anses något begränsat. I experimentsituation 1 visades bland annat hur störningar får konsekvenser på efterföljande leveranser om ingen ledig kapacitet finns. Om en störning är tillräckligt allvarlig, kommer den givetvis att leda till förseningar i efterföljande utleveranser.

Det är inte bara den genomsnittliga kapitalbindningen som kommer att avvika från plan. Även avkastningen kommer att avvika och det är i detta sammanhang som risken för att avkastningen hamnar under en viss kritisk gräns kommer att analyseras. Hur avkastningen förväntas variera mellan de olika experimenten visas i figur 7.5. Vid förekomst av tre störningar (experiment 1), kommer den förväntade avkastningen att bli lägre än planerat. Vid införande av säkerhetstid (experiment 2), kommer den ökade kapitalbindningen att minska den förväntade avkastningen i förhållande till plan. Avkastningen kommer dock att bli högre än om störningarna inte åtgärdades, vilket beror på det antagande som gjorts om bristkostnad i avsnitt 7.1.

Avkastningen enligt plan kommer att bli 500.000 kronor för perioden minus kostnad för bundet rörelsekapital, vilken kan beräknas med hjälp av den enkla produktkalkylen i föregående avsnitt. Om en störning (eller fler) elimineras (experiment 3), bör den förväntade avkastningen hamna någonstans mellan den förväntade avkastningen i experiment 1 och avkastning enligt plan. Av figur 7.5 framgår också att risken kan förväntas förändras om en störning elimineras. Om risken däremot ökar eller minskar, kan givetvis bero på de förutsättningar som gäller för företaget ifråga. Om samtliga störningar eliminerats, uppfylls givetvis planen utan risk för att avkastningen skall avvika från plan. Eliminering av samtliga störningar är i och för sig förknippat med en viss kostnad, vilken måste beaktas vid simulering av ett verkligt system. För att hanteringen av

störningen i fråga skall vara effektiv, måste ju en eliminering av en störning ställas mot olika alternativ för hur störningen kan hanteras.



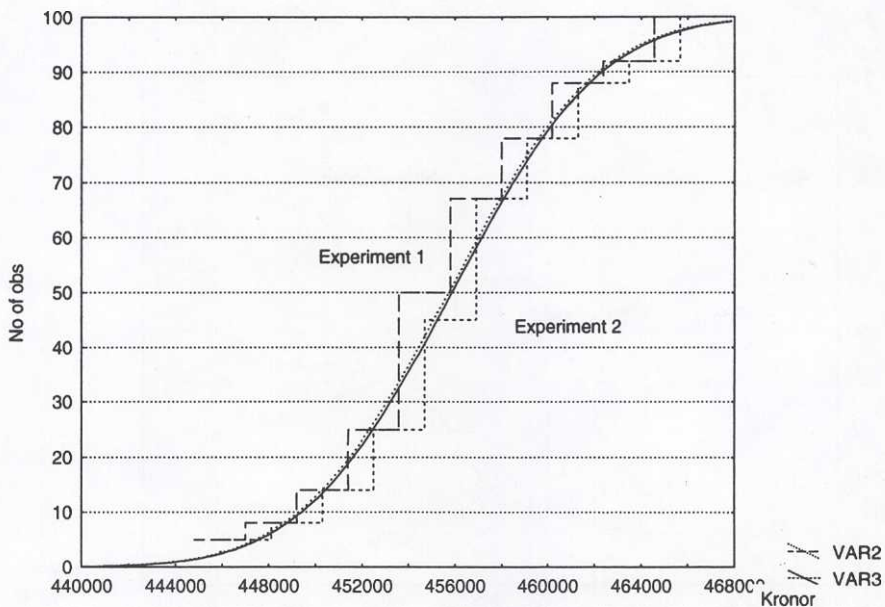
Figur 7.5 Fördelningsfunktion över förväntad avkastning (EVA) enligt en optimal plan, vid förekomst av tre störningar utan lagerhållning (1) och vid vidtagande av någon åtgärd

7.2.1.4 Resultat av experimentsituation 3

Målet med experimentsituation 3 är att visa hur en analys av störningars ekonomiska konsekvenser kan göras, så att hanteringen av störningar kan bli effektivare. Jag antar här att leveranser till kund skall ske just-i-tid, när kunden behöver varorna, dvs enligt principen JIT. Om varorna inte levereras i tid till kunden, försenas inbetalningarna från försäljningen - en alternativkostnad uppstår.

För att göra resultaten jämförbara har en lika lång tidsperiod simulerats i varje experiment.¹⁷ I figurerna 7.6 och 7.7 visas hur sannolikheten att uppnå ett visst kalkylmässigt resultat varierar mellan de olika experimenten. För att kunna analysera risker förknippade med en förväntad avkastning krävs att vi tar fram en fördelningsfunktion över det förväntade kalkylmässiga resultatet. Fördelningsfunktionerna för experiment 1 (utan lagerhållning) och experiment 2 (med lagerhållning) illustreras i figur 7.6.

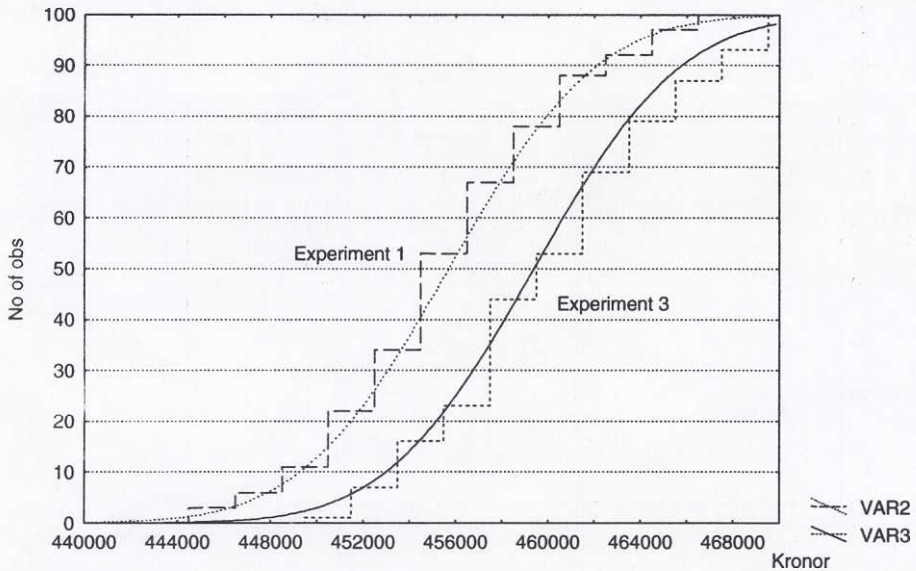
¹⁷ Se avsnitt 7.2.1.1.



Figur 7.6 Fördelningsfunktion över kalkylmässigt resultat vid experiment 1 och 2 - med och utan lagerhållning

Vid experimentet med lagerhållning antas att företaget påbörjar tillverkningen tidigare än planerat, så att varorna kan levereras just-i-tid när kunden behöver dem. Kapitalbindningen kommer att minska i förhållande till experiment 1, eftersom avkastningen (EVA) inte belastas av den antagna bristkostnaden. Av figur 7.6 framgår att skillnaden i fördelningsfunktion mellan experimenten 1 och 2 blir marginell, vilket bland annat beror på den korta tid som simulerats. Alternativet till den konsekvensinriktade åtgärden säkerhetstid, som innebär ökad lagerhållning i förhållande till plan, är att eliminera störningarna. Det är hur företag bör analysera en sådan och liknande hantering av störningar som är av störst intresse i föreliggande studie.

Vid experiment 3 studeras ett fall där störningen maskinhaveri vid monteringen har eliminerats. I figur 7.7 illustreras fördelningsfunktionerna för experimenten 1 och 3. Fördelningsfunktionen för experiment 3 är stokastiskt ordnad och mindre än fördelningsfunktionen för experiment 1, där det med mindre avses den fördelningsfunktion där sannolikheten att $F_1(x) < F_3(x)$ gäller för varje värde på x . Under antagandet att kostnaden för att åtgärda störningen efter att den inträffat är lika stor som kostnaden för att åtgärda störningen innan den inträffar, kommer det därmed att vara effektivt att eliminera störningen maskinhaveri vid monteringen.



Figur 7.7 Fördelningsfunktion över kalkylmässigt resultat vid eliminering av en störning (experiment 3 - utan lagerhållning)

På motsvarande sätt som i figurerna 7.6 och 7.7, kan det illustreras vad som händer om någon av de andra förekommande störningarna elimineras (eller ytterligare en).¹⁸ Dessutom kan det ju vara så att frekvent förekommande störningar är mer kostsamma att åtgärda än sådana som förekommer mindre frekvent. Sådana avvikelser, vad gäller kostnaden för att åtgärda en störning, kan komma att translatera¹⁹ kurvorna i figurerna 7.6 och 7.7. Det kan då bli så att kurvorna korsar varandra, vilket försvårar beslutssituationen.

Med hjälp av uttryck 7.2 går det utifrån resultaten av simuleringarna att skatta sannolikheten för att hamna under en kritisk gräns. Låt oss använda den första metoden (uttryck 7.2) för att beräkna risken för att avkastningen hamnar under en kritisk gräns. Om vi antar att den kritiska gränsen för EVA är satt till 450.000 kronor, finner vi att 11 replikationer av 100 hamnar under den gränsen. Det är alltså 11 procent sannolikhet att hamna under den kritiska gränsen vid förekomst av tre stycken störningar. Om vi å andra sidan kan eliminera störningen maskinhaverier vid monteringen,

¹⁸ Illustrationen kan givetvis även göras för andra liknande fall än de jag presenterat.

¹⁹ Förskjuta, förflytta.

reducerar vi sannolikheten att hamna under den satta gränsen till 1 procent.²¹

Låt oss fortsätta studera experimentet där tre störningar förekommer, med att göra en än mer tillförlitlig analys av konsekvenserna på avkastningen när störningen maskinhaverier vid monteringen elimineras.²² Genom att använda den andra metoden för att analysera risker (uttryck 7.3), kan vi beräkna sannolikheten för att hamna under den kritiska gränsen 450.000 kronor i de två experimenten. Sannolikheten för att hamna under den kritiska gränsen vid förekomst av 3 störningar blir 12,92 % (Z-värde = 1,13). Sannolikheten att hamna under den kritiska gränsen om störningen maskinhaverier vid monteringen elimineras blir 3,01 % (Z-värde = 1,88).²³

Om vi antar att kostnaden för att eliminera en störning är konstant, kan fördelningsfunktionen för experiment 3 translateras mot fördelningsfunktionen för experiment 1. Det går då relativt enkelt att analysera hur mycket vi skall vara villiga att betala för att det skall vara effektivt att eliminera störningen maskinhaverier vid monteringen. Om kostnaden för att eliminera störningen inte är konstant, försvåras denna translation. Det enklaste är givetvis att beakta kostnader för att åtgärda en störning redan vid simuleringen.²⁴ Observera att jag antar att kostnaden för att vidta en orsaksinriktad åtgärd, är lika stor som att vidta en åtgärd efter det att störningen ifråga inträffat.

7.2.2 Effektiv hantering av störningar

Om ett företag har att välja mellan olika planer, t ex om en störning skall elimineras eller ej, måste det kunna avgöras om en plan är effektivare än en annan. Hur intressenter inom ett företag med hjälp av simulering kan prioritera mellan olika åtgärder, så att hanteringen av störningar blir effektivare, kan sammanfattas i två beslutsregler, där beslutsregel 1 kan formuleras enligt följande:

²¹ Observera att det föreligger en liten skillnad mellan den skattade fördelningsfunktionen och den empiriska fördelningsfunktionen.

²² I vissa situationer kan det vara nödvändigt att använda sig av någon av metoderna 3 - 5, för att analysen skall bli tillförlitlig.

²³ Då resultatet från simuleringen är nära normalfördelat, kommer en analys med Edgeworthutvecklingen inte att avvika väsentligt från normalfördelningen.

²⁴ Detta fall blir alltför hypotetiskt, varför jag ej illustrerar ett sådant fall.

1. Om det kalkylmässiga resultatet (EVA) är stokastiskt ordnat, kommer alltid den fördelningsfunktion som är minst att vara den mest effektiva. Den plan som vid hantering av störningar leder till den minsta fördelningsfunktionen bör alltså väljas för att hanteringen av störningar skall betraktas som effektiv.

Med minsta avses den fördelningsfunktion där sannolikheten att $F_1(x) < F_2(x)$ gäller för varje värde på x , enligt uttryck 7.4.

$$(7.4) F_1(x) = P(X_1 \leq x)$$

$$F_2(x) = P(X_2 \leq x)$$

$$F_1(x) < F_2(x) \Leftrightarrow P(X_1 \leq x) < P(X_2 \leq x)$$

Beslutsregel 1 innebär att den sannolikhet för att hamna under en viss kritisk gräns som är lägst är effektivast om vi bara ser på en kritisk gräns (G). Om denna relation gäller för varje värde x på den kritiska gränsen G , så är den (planen) generellt bättre.²⁵ När relationen inte gäller för varje värde x på den kritiska gränsen G , gäller i stället följande beslutsregel - beslutsregel 2, vilken kan formuleras enligt följande:

2. Om det kalkylmässiga resultatet (EVA) inte är stokastiskt ordnat, kommer den mest effektiva planen att bero på var den kritiska gränsen för EVA går.²⁶ Det kan också vara andra värderingar än rent ekonomiska som tillkommer i en sådan beslutssituation.

Observera även här, att en orsaksinriktad åtgärd inte bör vidtas om kostnaden för att införa denna åtgärd är så stor att den kritiska gränsen för avkastningen inte kan uppnås. Åtminstone inte om den skall betraktas som effektiv. Det kan med hjälp av den planeringsmetod som presenteras i föreliggande studie visa sig att det inte är effektivt att införa en orsaksinriktad åtgärd, vilket förespråkas i litteratur om JIT. Det kanske är effektivare för något företag att hålla lager och låta störningar inträffa, än att kapitalrationalisera och med andra åtgärder hantera alla de störningar som synliggörs.

Om vi återgår till företagen i empirin, kan en effektiv hantering av störningar se olika ut. Den höga kapitalbindningen (kapitalkostnaden) hos Projektillverkaren gör att effekterna av kapitalkostnaden på det

²⁵ Dvs om relationen gäller för alla kritiska gränser som kan sättas i en viss situation.

²⁶ Jämför med figur 7.2, som illustrerar två planer som ej är stokastiskt ordnade.

kalkylmässiga resultatet kan bli mycket stora. Som exempel kunde en av de viktigaste insatsvarorna kosta 7 Mkr per styck. En försenad inleverans kan i ett sådant företag leda till betydande kapitalkostnader.²⁵ I Hantverksföretaget var kapitalbindningen av insatsvaror relativt låg, varför lagerhållning av insatsvaror kan antas vara effektivt för att hantera vissa störningar i denna typ av företag. För att dessa hypoteser (slutsatser) skall gälla måste en prövning givetvis göras i respektive företag.

7.3 Sammanfattning och slutsatser

I detta kapitel har jag diskuterat begreppet bristkostnad och kostnaden för att vidta en åtgärd. Genom att i en simulering medta kostnaden för en viss åtgärd kan en prioritering göras mellan olika åtgärder. Jag menar att hanteringen av störningar kan bli effektivare, om företag använder simulering på det sätt som jag förespråkar. Att analysera konsekvenser av störningar och åtgärder mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk är relativt lätt med hjälp av simulering. I stället för att ensidigt reducera lagernivåer för att synliggöra störningar, kan detta testas med hjälp av simulering, så att hanteringen av störningar blir effektivare.

I detta kapitel har jag också visat på betydelsen av att göra många replikationer när sannolikheterna för att hamna under en kritisk gräns är liten. För att få mer tillförlitliga resultat måste det göras betydligt fler replikationer än de 100 jag har gjort. Fem metoder för att analysera ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk har presenterats, där det med begränsad risk avses sannolikheten att avkastningen hamnar under en viss kritisk gräns. Dessa metoder är:

1. Andelsmetoden
2. Normalfördelningsmetoden
3. Edgeworthutveckling
4. Överlagring av normalfördelningar
5. Överlagring av normalfördelningar med Edgeworthutveckling

Vilken av dessa metoder som bör användas, beror dels på fördelningsfunktionens (resultatets) utseende från respektive simulering, dels vilken risk som är acceptabel, dvs var den kritiska gränsen (G) går. De olika metoderna ger olika tillförlitlighet vid analys av resultaten från en

²⁵ Se bilaga 5.

simulering. När väl ett experiment är genomfört, gäller två beslutsregler för att avgöra om hanteringen av en störning är effektiv. (1) Om det kalkylmässiga resultatet (EVA) är stokastiskt ordnat kommer alltid den fördelningsfunktion som är minst att vara den mest effektiva. (2) Om det kalkylmässiga resultatet (EVA) inte är stokastiskt ordnat kommer den mest effektiva planen att bero på var den kritiska gränsen för EVA går.

KAPITEL 8

RESULTAT - KUNSKAPSBIDRAG OCH FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNING

Det krav som ställs på en vetenskaplig studie är att den skall ge ett kunskapsbidrag (Davis och Parker, 1979). Ett *kunskapsbidrag* kan vara *nya eller förbättrade bevis*, som förkastar eller ger stöd för en tidigare utvecklad teori. Ett kunskapsbidrag kan vara *ny eller förbättrad metod* för att lösa ett problem. En *ny eller förbättrad analys*, till exempel genom tillgång till nya data, är också att betrakta som ett kunskapsbidrag. Slutligen betraktas en *ny teori eller modell*, som förklarar fenomen eller som ger bättre struktur av kunskap inom ett område som kunskapsbidrag. Det anses här viktigt att illustrera hur teorin eller modellen kan användas för att förklara, förutse eller skapa förståelse för företeelser inom det område som studeras. I varje vetenskapligt arbete finns det också en önskan att utveckla teorier (Holme och Solvang, 1991). Hur dessa teorier är utformade kan variera, men de är:

"... för oss mer eller mindre komplexa uppfattningar av sammanhang och förhållanden mellan företeelser man har utvecklat och som man önskar att pröva mot den konkreta samhällssituationen." (op cit sid 51)

I detta kapitel sammanfattas studiens resultat, där kunskapsbidraget enligt ovanstående krav kan karakteriseras som *ny/förbättrad metod* för att lösa problem och *ny teori/modell*, som förklarar fenomen och/eller ger bättre struktur av kunskap. För att visa hur kunskapsbidraget kommit till, görs först en sammanställning över studiens innehåll, varefter kunskapsbidraget preciseras. Slutligen ges förslag till fortsatt forskning.

8.1 Sammanställning över studiens innehåll

Föreliggande studie behandlar störningars konsekvenser för tillverkande företags effektivitet. Störningar bör vara av stort intresse att studera, eftersom de kan ge upphov till ökade risker, osäkerhet i företags planering, sårbarhet och försämrad avkastning till ägarna av ett företag. Kapitel 1

ägnades åt att definiera grundläggande begrepp och beskriva den planering och de mål som bör gälla vid hantering av störningar i tillverkande företag. Utifrån referensramen i kapitel 1 preciserades forskningsproblem och syftet med studien i kapitel 2. Vissa av de där ställda forskningsfrågorna besvarades redan i kapitel 1. Andra besvarades i kapitlen 4, 5, 6 eller 7. Nedan följer en kort sammanfattning av dessa fyra kapitel. En sammanställning över studien, med problem och syfte, visas i tabell 8.1.

I litteratur om japansk produktionsfilosofi hävdas att en minskad lagerhållning (kapitalrationalisering) synliggör störningar. Därmed skall också garanteras att åtgärder mot störningar vidtas vid de svagaste punkterna. Detta är ett kriterium som jag har ifrågasatt. I kapitel 4 presenterade jag mina förslag på hur orsaker till störningar och dess konsekvenser bör identifieras samt hur åtgärder för att hantera störningar kan klassificeras.

Enskilda åtgärder för att hantera skilda problem är ofta väl beskrivna i litteraturen. Valet av åtgärd baseras dock vanligtvis på en avvägning mellan sannolikheten för att en störning skall inträffa och de konsekvenser störningen får på kostnader eller kapitalbindning. Ett viktigt konstaterande var att det saknas mått som beaktar företags yttre effektivitet och metoder (modeller) för att analysera samtidig förekomst av flera störningar utefter ett företags hela materialflöden. Därför har ett sådant mått, för hur störningars ekonomiska konsekvenser kan analyseras, presenterats i kapitel 5.

I stället för att ensidigt eliminera lagernivåer (kapitalrationalisering), har jag menat att ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk bör vara styrande vid hantering av störningar. Jag menar att måttet EVA, som är ett kalkylmässigt resultat, bör användas för att analysera störningars ekonomiska konsekvenser. Med detta mått kan en avvägning mellan störningars konsekvenser på såväl kapitalbindning, kostnader, intäkter som risk göras.

I kapitel 6 visades med hjälp av två simuleringsmodeller hur störningars konsekvenser kan analyseras. Förutom att beskriva vad simulering är och hur man bör gå till väga vid experimentering, har jag visat på faran med att analysera störningars konsekvenser mot bakgrund av målet låg kapitalbindning. Med hjälp av simuleringsmodeller visas också hur det går att analysera hur olika intressenter kan drabbas på olika sätt av en och samma störning. Hur simulering kan användas för att analysera störningars konsekvenser, så att hanteringen av störningar kan bli effektivare, har visats mer i detalj i kapitel 7.

KAPITEL 1 - INLEDNING			
1.1 Bakgrund	1.2 Begreppet störning	1.3 Grundläggande mål vid hantering av störningar	
KAPITEL 2 - PROBLEM, SYFTE OCH AVGRÄNSNINGAR			
Huvudproblem: Det finns ett behov av att utveckla en metod (mått och modeller) som gör att företaget inom ramen för befintlig kapacitet, vid sin hantering av störningar, kan prioritera mellan olika åtgärder så att denna hantering blir effektivare.	Delproblem 1: Det är oklart vad företag bör betrakta som störningar och hur de kan systematiseras samt vilka åtgärder företag kan välja mellan vid sin hantering av störningar.	Delproblem 2: Hantering av störningar är inriktad mot att reducera kapitalbindningen. För en effektiv hantering av störningar bör även kostnader, intäkter och risker beaktas.	Delproblem 3: Det är oklart hur företag bör gå tillväga för att analysera och prioritera mellan åtgärder när flera störningar förekommer samtidigt.
Huvudsyfte: Att, ..., utveckla en planeringsmetod som företag kan använda för att på ett effektivare sätt hantera störningar utefter sina materialflöden.	Delsyfte 1: Beskriva och systematisera orsaker till störningar och deras konsekvenser samt åtgärder för att hantera dessa störningar.	Delsyfte 2: Presentera ett mått lämpligt för att analysera störningars ekonomiska konsekvenser mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk.	Delsyfte 3: Med hjälp av simulering visa hur systematiken och måttet för att analysera störningars ekonomiska konsekvenser kan tillämpas.
	KAPITEL 3 Metodval 3.1 Metodologiska utgångspunkter 3.2 Tillvägagångssätt KAPITEL 4 Systematik av störningar och åtgärder 4.1 Orsaker till störningar och deras konsekvenser 4.2 Klassificering av åtgärder	KAPITEL 5 Mått för att analysera störningars ekonomiska konsekvenser 5.1 Inledning 5.2 Presentation av mått och generella antaganden	KAPITEL 6 Analys av störningars konsekvenser med hjälp av simulering 6.1 Introduktion 6.2 Tillvägagångssätt 6.3 Experiment-situation 1 6.4 Experiment-situation 2 KAPITEL 7 Fördjupad analys av störningars ekonomiska konsekvenser 7.1 Introduktion 7.2 Fördjupad analys

Tabell 8.1 Sammanställning över studien

En central slutsats av experimenten är att suboptimeringar lätt uppstår om inte målet hög effektivitet, så som begreppet definierats i kapitel 1, blir styrande vid hantering av störningar. Kapitalbindning i form av förråd/lager och överkapacitet innebär alltså inte bara kostnader för företag. Partiella merkostnader på någon plats utefter ett materialflöde kan leda till minskade kostnader på någon annan plats, varför företags hela materialflöden bör analyseras vid hantering av störningar. Genom att styra hanteringen av störningar mot ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk och använda simuleringsmodeller för att göra analyser av störningars konsekvenser på EVA, har jag visat hur företag kan prioritera mellan olika åtgärder så att denna hantering blir effektivare.

8.2 Kunskapsbidrag

Huvudsyftet med studien var att ”mot bakgrund av en plan baserad på företagets strävan att vara kundorienterade och samordna sina verksamheter, utveckla en planeringsmetod som företag kan använda för att på ett effektivare sätt hantera störningar utefter sina materialflöden”. I detta avsnitt behandlas de olika delarna av kunskapsbidraget.

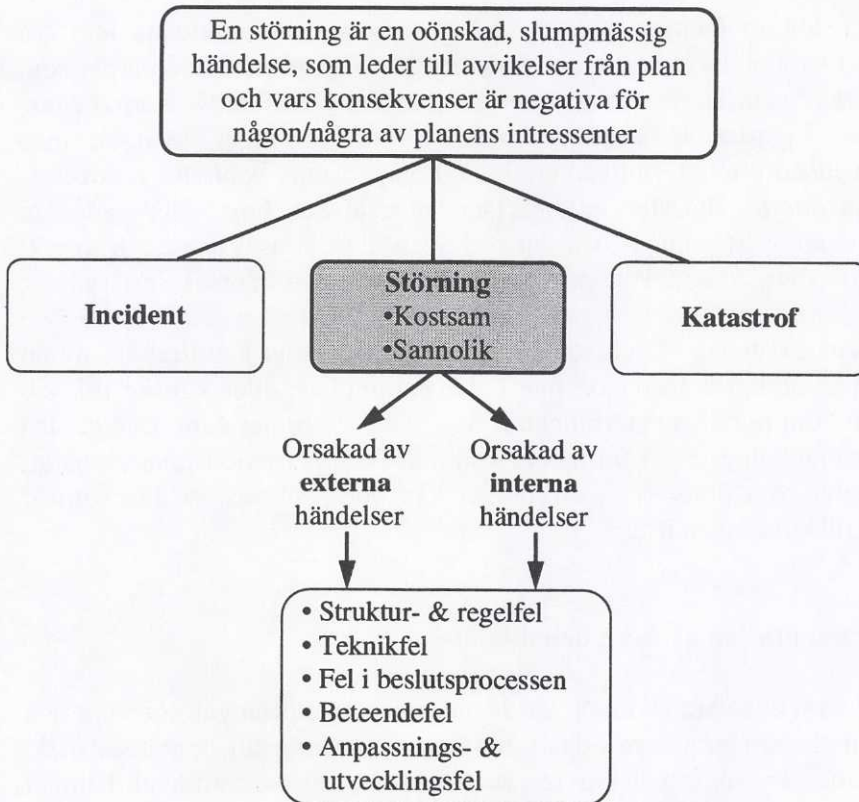
Det första delsyftet var att beskriva störningar och visa hur det går att systematisera orsaker till störningar och deras konsekvenser samt åtgärder för att hantera dessa störningar (se avsnitt 8.2.1). Det andra delsyftet var att presentera ett mått som är lämpligt för att analysera störningars ekonomiska konsekvenser utefter tillverkande företags hela materialflöden, mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk (se avsnitt 8.2.2). Det tredje delsyftet var att med hjälp av simulering visa hur systematiken och måttet för att analysera störningars ekonomiska konsekvenser kan tillämpas (se avsnitt 8.2.3). I avsnitt 8.2.4 görs en kort sammanfattning av studiens kunskapsbidrag.

8.2.1 Systematik

Innan störningar kan hanteras på ett effektivt sätt måste störningar identifieras och åtgärder föreslås. För att öka förståelsen för begreppet störning har det definierats i kapitel 1 och behandlats vidare i kapitel 4. *Begreppet störning* visade sig vara oklart i den litteratur som studerades och därmed få olika innebörd för olika intressenter och i olika situationer. En störning har i föreliggande studie definierats som: ”en oönskad,

slumpmässig händelse, som leder till avvikelser från plan och vars konsekvenser är negativa för någon/några av planens intressenter". Begreppet störning har delats in i tre klasser (incidenter, störningar och katastrofer) mot bakgrund av sannolikheten för att en "störning" skall inträffa samt storleken på de ekonomiska konsekvenserna. Behovet av att försöka hantera katastrofer och/eller incidenter har ansetts mindre fruktbart att analysera, varför en analys av dessa avgränsats bort.

Orsaker till störningar kan delas in på olika sätt. I studien görs en åtskillnad mellan störningar orsakade av *externa* och *interna* händelser. Orsakerna kan vidare delas in i fem huvudorsaker. Struktur- och regelfel, teknikfel, fel i beslutsprocessen, beteendefel samt anpassnings- och utvecklingsfel. *Konsekvenserna* av störningar kan på motsvarande sätt drabba interna eller externa intressenter. Denna systematik är lämplig vid valet mellan att vidta åtgärder inom företaget eller åtgärder som är beroende av förbättrad samordning med externa intressenter. I figur 8.1 sammanfattas studiens utgångspunkter med avseende på begreppet störning.



Figur 8.1 Definition och klassificering av störningar

Ett stort antal störningar identifierades i fyra fallföretag. Dessa störningar har analyserats mot bakgrund av de centrala begreppen rätt tid, rätt kvantitet, rätt plats och rätt kvalitet. Bland alla "upplevda" störningar har *nio frekventa störningar* fokuserats. Störningar orsakade av externa händelser är vanligtvis härledda från företags leverantörer. De mest frekventa störningar som behandlats är: (I) bristande kvalitet på insatsvaror, (II) försenade leveranser och (III) konstruktionsändringar. Frekventa störningar orsakade av interna händelser som behandlats är: (IV) maskinhaverier, (V) arbetsfel, (VI) korttidsfrånvaro och (VII) materialbrist. Dessa störningar kan även vara indirekt orsakade av externa händelser, vilket leder till slutsatsen att störningar kan fortplanta sig mellan olika intressenter. Det finns även internt uppkomna störningar, som leder till externa konsekvenser. Som exempel kan företaget störa sina kunder om färdigvaror av dålig kvalitet tillverkas (VIII). Kunderna kan även orsaka störningar genom att önskemål avseende konstruktion av en färdigvara ändras efter det att ett kontrakt om tillverkning och leverans är tecknat mellan två eller flera intressenter (IX).

Åtgärder för att hantera störningar kan variera och har delats in i två klasser. I kapitel 4 visades hur en åtskillnad kan göras mellan åtgärder som är konsekvensinriktade och åtgärder som är orsaksinriktade. *Konsekvensinriktade* åtgärder är inriktade mot att låta störningen kvarstå, men konsekvenserna av störningar tas bort, kompenseras och/eller reduceras. *Orsaksinriktade* åtgärder är inriktade mot att ta bort eller reducera förekomsten av störningar och därmed även dess konsekvenser. Kontrakt är en typ av åtgärd som kan vara såväl konsekvens- som orsaksinriktad.

En slutsats av denna systematik är att någon intressent kan drabbas av en störning samtidigt som någon inte behöver drabbas, eller kanske till och med kan "dra nytta" av störningen ifråga. Därför bör det vara möjligt att i större utsträckning gå att formulera kontrakt (kompensationsplaner), så att intressenter som drabbas av störningar kan kompenseras av den som är upphov till störningen ifråga.

8.2.2 Presentation av mått och metod

Det mål som bör vara styrande vid hanteringen av störningar bör vara hög effektivitet, definierat som högsta möjliga avkastning till begränsad risk, där det med begränsad risk avses sannolikheten att avkastningen hamnar under en viss kritisk gräns. För att bedöma effektiviteten på ovanstående sätt var det nödvändigt att presentera ett mått som beaktar såväl företags

kapitalbindning och kostnader som intäkter inom ramen för ett företags befintliga kapacitet.

Måttet EVA, som är ett kalkylmässigt resultat, är ett sådant mått, vilket presenterades i kapitel 5. Måttet används sedan vid analys av störningars konsekvenser med hjälp av simuleringsmodeller i kapitlen 6 och 7. Jag har menat att en ensidig eliminering av varulager (kapitalrationalisering) kan leda till suboptimeringar när störningar skall hanteras. Genom att analysera konsekvenser av störningar och åtgärder med avseende på såväl avkastning (kapitalbindning, kostnader och intäkter) samt risker, bör hanteringen av störningar kunna bli effektivare.

Presentationen av *måttet EVA* har utgått från teori som behandlar mätning av företags avkastning samt teori som behandlar nuvärdesberäkningar (diskontering av in- och utbetalningar). Vid utvecklingen av *simuleringsmodeller* har jag utgått från teori som behandlar simulering och byggt modeller med hjälp av simulatorn Witness. Witness är en simulator för händelsestyrd animerad simulering.

Den *planeringsmetod* jag förespråkar innebär att företag bör använda föreslagna definition och systematik avseende identifiering av störningar, måttet kalkylmässigt resultat (EVA) för att analysera störningars ekonomiska konsekvenser och simuleringsmodeller för att analysera dessa ekonomiska konsekvenser i samband med den risk som störningar är förknippad med. Följs denna metod kan hanteringen av störningar, utefter ett företags hela materialflöde, styras mot högre effektivitet. Metoden bygger på att simulering används i förebyggande syfte vid planering när störningar förekommer. Detta avviker från vad som förespråkas i japansk produktionsfilosofi, där reducering av lagernivåer skall synliggöra störningar och bidra till att rätt åtgärder vidtas. I litteraturen om JIT framförs att företag lär sig hantera störningar om lagernivåer reduceras. Även simulering kan användas för att lära sig hantera störningar, utan att exponeringen för störningar behöver öka.

För att överhuvudtaget kunna minska exponeringen för störningar, måste störningar på förhand identifieras. När en störning identifierats måste dess ekonomiska konsekvenser analyseras mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk. En sådan analys kan göras med det mått för att beräkna kalkylmässigt resultat som presenterats i kapitel 5. Hur detta mått kan användas har sedan visats i kapitlen 6 och 7, där experiment gjorts med hjälp av simuleringsmodeller. När störningar är identifierade och dess konsekvenser analyserade, kan valet av åtgärd eller åtgärdsprogram bli effektivare och därmed hanteringen av störningar.

8.2.3 Experiment

I kapitlen 6 och 7 visas i tre experimentsituationer hur störningars konsekvenser relativt enkelt kan analyseras med hjälp av simulering. Relationerna utefter ett materialflöde kan dock vara mer komplexa än de som presenterats. I kapitel 6 har jag med hjälp av simulering visat hur simuleringsexperiment kan användas för att analysera störningars konsekvenser vid olika förutsättningar för tillverkning av varor. Två experimentsituationer presenteras, där störningar som identifierats i empirin analyseras var för sig och samtidig förekomst av två och tre störningar analyseras. De två experimentsituationerna är: (1) när efterfrågan är större än kapaciteten, repetitiv tillverkning av en färdigvara mot kundorder och (2) när kapaciteten är större än efterfrågan, repetitiv tillverkning av en färdigvara mot kundorder. I samtliga experiment är principen JIT gällande i den mening att varor skall tillverkas tidsmässigt rätt, när kunden behöver dem.

Resultaten av experimenten visar att en enskild störning kan få andra konsekvenser när den analyseras tillsammans med andra störningar, jämfört med de konsekvenser den orsakar i ett enskilt sammanhang. Således kan det konstateras att det inte måste vara mest effektivt att åtgärda den störning som enskilt verkar leda till allvarligast konsekvenser. Valet av åtgärder kan således variera beroende på vem som väljer åtgärd.

I kapitel 7 fördjupas analysen av störningar mot bakgrund av målet hög effektivitet. Jag visar med ytterligare en experimentsituation hur det i detalj går att analysera risker förknippade med olika störningar. I kapitel 7 presenteras fem metoder som bör övervägas vid analys av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk, där det med begränsad risk menas att företag vill begränsa sannolikheten för att den förväntade avkastningen hamnar under en viss kritisk gräns. Dessa metoder är:

1. Andelsmetoden
2. Normalfördelningsmetoden
3. Edgeworthutveckling
4. Överlagring av normalfördelningar
5. Överlagring av normalfördelningar med Edgeworthutveckling

Vilken av dessa metoder som bör användas, beror dels på fördelningsfunktionens utseende och dels vilken risk som är acceptabel, dvs var den kritiska gränsen (G) går. En grundläggande utgångspunkt i föreliggande studie är att hanteringen av störningar måste ske mot bakgrund av ägarnas krav på hög avkastning till begränsad risk. Två

beslutskriterier för att avgöra om hanteringen av störningar är effektiv eller inte har därför presenterats. (1) Om det kalkylmässiga resultatet (EVA) är stokastiskt ordnat kommer alltid den fördelningsfunktion som är minst att vara den mest effektiva. (2) Om det kalkylmässiga resultatet (EVA) inte är stokastiskt ordnat kommer den mest effektiva planen att bero på var den kritiska gränsen för EVA går.

8.2.4 Sammanfattning av kunskapsbidrag

Den planeringsmetod som presenterats i föreliggande studie kan sammanfattas med följande punkter.

- Företag bör i större utsträckning kunna identifiera störningar på andra sätt än genom att eliminera sin lagerhållning. De bör sammanställa data kring förekomsten av störningar för att med hjälp av simulering analysera störningars konsekvenser.
- Företag kan välja mellan flera olika åtgärder för att hantera sina störningar. Dessa har jag klassificerat i orsaks- och konsekvensinriktade åtgärder. Simulering kan användas för att analysera konsekvenserna av att olika åtgärder vidtas, vilket möjliggör en prioritering mellan åtgärder, så att hanteringen av störningar kan bli effektivare.
- Då måttet kalkylmässigt resultat (EVA) beaktar såväl kostnader som intäkter, är det ett lämpligare mått än genomsnittlig kapitalbindning, när störningars ekonomiska konsekvenser skall analyseras på kort sikt. Detta har visats med befintlig teori och genom de experiment som utförts.
- Med hjälp av simulering kan störningars ekonomiska konsekvenser relativt enkelt analyseras.
- Två beslutskriterier har presenterats för hur företag med hjälp av simulering, kan avgöra om hanteringen av störningar är effektiv eller inte. (1) Om det kalkylmässiga resultatet (EVA) är stokastiskt ordnat kommer alltid den fördelningsfunktion som är minst att vara den mest effektiva. (2) Om det kalkylmässiga resultatet (EVA) inte är stokastiskt ordnat kommer den mest effektiva planen att bero på var den kritiska gränsen för EVA går.

8.3 Förslag till fortsatt forskning

Systematiken av störningar kan utvecklas, genom att andra typer av system studeras. Störningar som förekommer i tjänsteföretag, speciellt i samband med att informationsteknologi används, bör vara fruktbart att analysera djupare. Det hävdas ju ofta att användandet av informationsteknologi ökar sårbarheten i företag och samhälle.

En föreslagen åtgärd är att komplettera kontrakt med leverantörer eller anställda i syfte att reducera förekomsten och/eller konsekvenserna av vissa störningar. Hur dessa kontrakt (kompensationsplaner) formuleras måste preciseras. Som exempel innebär det alltid i ett kontraktsförhållande att information är "asymmetrisk", vilket kan leda till andra beteenden och resultat än de väntade. Det bör vara möjligt att med hjälp av simulering finna lämpliga grunder för hur kontrakt och kompensationsplaner kan formuleras. Detta innebär att beteenden, som påverkas av kontrakten, måste undersökas på en mer detaljerad nivå.

Jag har analyserat störningars konsekvenser med hjälp av två olika typer av simuleringssituationer. Utifrån dessa kan det konstateras att olika typer av logistiska system drabbas olika av olika typer av störningar. Jag har endast analyserat störningars konsekvenser när en färdigvara tillverkas. Att jämföra störningars konsekvenser på olika styrregler (t ex olika sekvensieringsregler) och planeringssystem (t ex nettobehovsplanering, seriekopplad beordring, Cover-Time Planning, m.m.) kräver mer ingående diskussioner om sådana planeringssystem, vilket torde vara fruktsamt att studera vidare med hjälp av simulering.

Jag har visat hur det går att konstruera simuleringsmodeller för att analysera störningars konsekvenser på tillverkande företags effektivitet inom ramen för ett företags befintliga kapacitet. Det bör vara fruktbart att analysera störningars konsekvenser i ett lite längre perspektiv. Det hävdas t ex att exponeringen för störningar, i ett längre perspektiv, minskar när ett företag tillämpar principen JIT. Sådana konsekvenser har jag ej beaktat.

För att validera att hanteringen av störningar kan bli effektivare med den föreslagna planeringsmetoden, bör detta studeras genom att ett verkligt system analyseras. En ökad tillgång till data beträffande frekvensen av störningar behövs också för att öka förståelsen för hur simuleringsmodeller kan användas för att göra analyser av störningars konsekvenser. Sannolikt kommer resultaten vid en simulering med verkliga data att skilja sig åt mer än de resultat jag presenterat. Det kan då bli intressant att studera hur

Edgeworthutvecklingen och analys av överlagring kan göras. Edgeworthutvecklingen används till viss del i nationalekonomiska studier, men den är mig veterligen, sällan (eller aldrig) använd i företagsekonomiska sammanhang.

ENGLISH SUMMARY

CONSEQUENCES OF DISTURBANCES ON MANUFACTURING COMPANIES' EFFECTIVENESS

Identification, analysis and management of disturbances

Introduction

It could probably be asserted that a fundamental goal for many companies is to be efficient, in the meaning of giving the owner of the company a high return on their investment, at a limited risk. Companies establish plans to achieve this goal, and they can improve their effectiveness by income generation, cost reduction and/or capital rationing. Two trends in the literature that are aiming at this kind of improvement are customer orientation and integration of operations.

Just-in-Time (JIT) as a planning method to achieve the avowed objective is one principle, which has characterized these two trends during the last ten years. Two meanings of the principle JIT is central in the literature on the subject. First, the idea of producing the necessary units at the right time, neither too early nor too late. Second, the idea to eliminate all waste. The elimination of waste has been given two meanings. Either elimination of inventory, since inventory does not add value to the process, or elimination of unnecessary activities, usually caused by disturbances, and their consequences. A direct consequence of disturbances is that there is a risk the owners' demand for a high return on investment cannot be achieved.

I mean that a partial focusing on the elimination of inventory (capital rationing) is not enough to decide how efficient the company is managing disturbances. There is a need to develop methods, by which companies can analyse the consequences of disturbances on their effectiveness, effectiveness being defined as the highest possible return (residual income) at a limited risk. The overarching purpose with the following study is to show how disturbance handling actions can be taken, concerning the owners demand for a high return at a limited risk. The study is directed at companies' short term planning and how consequences of disturbances

and actions to handle these disturbances may be measured within the existing capacity of a company.

Research Problems and Purpose of the Study

The main problem of concern is the fact that there is a need to develop a method, by which companies, within their existing capacity, can give priority between various actions, so that the management of disturbances can be more efficient. Principles need to be established, on how companies can manage disturbances, considering the owners' demand for a high return on investment at a limited risk.

The main problem is divided into three subproblems. The first subproblem concerns the identification of disturbances and actions to prevent disturbances. What are the characteristics of a disturbance is not clearly established in the literature, why it can be difficult to identify them and the choice of actions to handle them is made more difficult. The second subproblem is to decide what measures companies should use to analyse the economic consequences of disturbances. Mainly cost and capital tied up in inventory has been used in the literature. I suggest that the management of disturbances must be made with regards to the owners' demand for a high return on investment at a limited risk. The third subproblem is how several disturbances, occurring simultaneously, can be analysed. There is a need to develop methods, by which disturbances may be analysed from a holistic perspective, before they occur.

One main purpose and three subpurposes have been derived from the research problem. The main purpose with the present study is, with regard to a plan based on a need to be customer oriented and to integrate their planning, to develop a planning method that companies can use to achieve a more efficient management of disturbances. I would like to find forms for an efficient management of disturbances, with regards to the owners' demand for a high return on investment at a limited risk.

The following three subpurposes have been formulated. The first subpurpose is to describe and show how causes and consequences of disturbances in conjunction with actions to handle disturbances can be systematized. The second subpurpose is to present a suitable measure, by which the economic consequences of disturbances, with regard to the owners' demand for a high return on investment, can be analysed. The third subpurpose is to show how the developed systematics and the measure presented, can be applied with the use of simulation.

Research Method

The empirical part of the study is based on case studies at four companies. The case studies are mainly descriptive and exploratory. Information from the case studies is also used to illustrate causes and effects of disturbances. Before the case studies were carried out, theory was studied, which laid the base to a working hypothesis. Answers to questions within the problem area, were looked for at the four companies. After the empirical study had been carried out, supplementing theory was researched in order to develop a suitable theory from the acquired knowledge.

Since different disturbances must lead to different consequences within different companies, the selection of companies has been made on the basis that companies' material flow differs in structure. The choice of suitable companies was between companies that worked under either similar or dissimilar conditions. The selection of dissimilar cases was made to get a broader base of knowledge.

The choice of companies in the study before us has been made on the assumption that different companies are exposed to different disturbances at different parts of their flow of material. A representative sample has not been considered suitable. The manufacturing at the Craft-shop (Hantverksföretaget) and the Job-shop (Verstadsföretaget) is repetitive, while the manufacturing at the Electrical-division (El-divisionen) and the Project-manufacturer is based on projects.

The planning method developed in the study before us, shows on the one hand a classification of disturbances and actions to handle disturbances, on the other hand how a measure can be used in conjunction with simulation so that the management of disturbances can be more efficient. A central part of the study is simulation - design of models and procedure. Simulation is used to show how the owners' demand for a high return on investment at limited risk can be analysed, where the intention of limited risk is that the residual income shall not be short of a critical limit. I have shown how statistical methods and simulation can be used to analyse the probability that the residual income end under a critical limit.

Definition and Identification of Disturbances

Frequently occurring disturbances in manufacturing companies are machine breakdowns, strikes, power failure, short term absenteeism, careless mistakes by personnel etc. These and other disturbances effect the planned result of any company, system and function in a negative sense. The conceptual definition of a disturbance can be given different meanings, depending on the situation it is applied to. I have made a conceptual analysis, discussing terms like disruption, disturbance, failure and accidents.

I have defined a disturbance as "an unwanted, random event, which leads to deviations from a plan, and whose consequences are negative to some of the interested parties of the plan". Among the negative consequences mainly economical consequences are intended. Consequences that are frequent in the sense that they occur with high probability and does not cost very much are called "incidents". Events whose consequences are probable and costly are named "disturbances". Events that are less likely to occur but at a very high cost are named "catastrophes". An incident in one company can be a disturbance in another. That is why it must be of crucial interest to companies, to be able to decide whether a disturbance is critical and lead to serious consequences to the company in question.

The interested parties refer to those of primary interest, in the form of departments, and their individuals together with suppliers and customers. The events causing the disturbances are divided into external and internal events. An event refers to where the main cause to the disturbance concerned. Several events can cause the same kind of disturbances and subsequent consequences. Three disturbances associated with purchasing have been identified at the studied companies. (I) Poor quality on purchased goods, (II) delayed deliveries and (III) error in designed products.

The disturbances I, II and III were generally considered disturbing at the working process and assembly. Four disturbances associated with working process and assembly have been identified at the studied companies. (IV) machinery breakdowns, (V) working problems, (VI) short term absenteeism and (VII) material shortage.

Two disturbances associated with selling finished products to customers have been identified. (VIII) Poor quality and (IX) changes made from the customer. Customers changing their order specifications, were generally considered the cause of design alterations.

According to literature on JIT, there is a need to deliver products in the right time, the right quantity, to the right place and at the right quality. Consequences of the above disturbances are structured and discussed with regard to these needs.

Actions to Prevent Disturbances

In the study before us, I will distinguish between actions directed towards reduction of consequences and actions directed towards reduction or elimination of causes. Actions directed towards reduction of consequences let the disturbances occur, but are aimed at reducing or eliminating of the consequences. These actions can also compensate for consequences. Actions directed towards reduction or elimination of causes are aimed at a reduction or elimination of causes and consequently the consequences.

Actions taken to reduce consequences of disturbances, can be divided into four groups: (1) safety lead time, (2) safety stock, (3) safety capacity and (4) replanning. Actions taken to eliminate causes are often advocated in the literature concerning JIT. These actions can, among other actions, be aimed at preventive maintenance, investment in flexible processes and reduction of setup-time. Furthermore, companies can either reduce consequences or causes of certain disturbances by formulating contracts.

Measurement to Analyse the Consequences of Disturbances

Since I intend to measure return in a short perspective, several assumptions have been made. I take an interest in how a given system without disturbances can be analysed and compared with a system where disturbances occur. I am not interested in comparisons between companies per se, or departments in a specific company.

Since I assume that capacity is given, it is assumed that only the need for a working capital is effected by a disturbance arisen. I assume that payments are made at delivery. The working capital is thus assumed to be the scarce capital, and the only capital effected by disturbances. The cost of capital is determined by the alternative cost of capital and an appropriate interest rate.

To analyse the owners' demand for a high return on investment, by calculating a net present value of actual payments, is considered

appropriate. The owners are assumed to seek to maximize the net present value of their investment. The net present value can also be calculated as a company's residual income. I propose that disturbances are analysed by calculating a company's residual income, which is equal to their economic value added.

Analysis of Disturbances Using Simulation

Simulation models and models in general can be used to meet various goals. Common goals for the companies studied were to avoid disturbances and to obtain a high rate of return. The purpose of the development and use of simulation models is that such models are feasible for an efficient management of disturbances, when analysing disturbances. My motives to use simulation are: (1) With simulation it is easy to describe random events, like disturbances, (2) it is relatively easy to build a model and vary input data in a simulator made for animated production-simulation, and (3) several output data can be produced relatively easy.

The development of simulation models starts out from four matters. A first starting point is the possibility to manufacture goods in a rate that goods are demanded, which is determined by a company's capacity. A second starting point is the kind of goods companies manufacture, i.e. if goods are manufactured repetitively or as projects. A third starting point is that different rules can be used to decide when to place a manufacturing order. Orders can be made to customer demand or made for stock. A fourth starting point is that a single or multiple product can be produced by a company. To avoid conflicts between manufacturing rules, I disregard manufacturing of multiple products.

I have chosen Witness, as a simulator to design and carry out experiments. Witness demands some skills in programming but is very flexible. The statistical opportunities were also good. Three experiment situations are presented in the study before us. In the first two situations, models without disturbances are compared with models where one and several disturbances are frequently occurring. Several measures are analysed, including income, cost, working capital, residual income and capacity utilization. From the result of the first two situations, a third experiment situation is analysed. Here is shown how experiments can be used to analyse return and risk simultaneously. Five statistical methods, practicable to analyse the probability that the return (residual income) arrives under a critical limit, are presented. These methods are:

- The share method
- The normal distribution method
- The Edgeworth expansion
- Compound of normal distributions
- Compound of normal distributions with the Edgeworth expansion

Which of these methods to use depends partly on the shape of the distribution function, and partly the risk acceptable, i.e. where the critical limit is at. Furthermore I will present two decision rules that companies should consider when they will decide whether it is efficient or not to manage a certain disturbance. The fundamental decision rule is that companies should choose that plan which leads to the highest residual income, if the result is in a stochastic order. If the result is not in a stochastic order, the choice of a specific plan depends on where the critical limit is at, and the risk acceptable.

Main Conclusions

The method proposed implies that companies should use the suggested definition and systematics method with regard to disturbances and actions to manage disturbances when they identify disturbances. Companies should use the measure residual income (economic value added) and simulation models when they analyse the consequences of disturbances. The result of the method proposed is that the management of disturbances can be more efficient, by using simulation as a preventive tool. This method diverges from JIT, where it is claimed that inventory should be eliminated for an efficient management of disturbances.

I have developed a somewhat conceptual definition of the word disturbance, appropriate for manufacturing companies. A disturbance is defined as "an unwanted, random event, which leads to deviations from a plan and which consequences are negative to some of the interested parties of the plan". Disturbances have been classified in three classes (incidents, disturbances and catastrophes), based on the probability that a disturbance will occur and the size of the economical consequences.

I make a distinction between disturbances caused by external and internal events. Causes can be divided into the following five main categories. Failure of structure and regulation, failures of technology, failures of decision processes, failures of behavior and failures of adaption and evolution. The consequences of a disturbance have been divided into

consequences on internal or external parties of interest. Several disturbances were identified at four studied companies. I have focused on the nine most frequent disturbances experienced.

Actions taken to handle disturbances have been classified in two ways. I distinguish between actions directed towards reduction of consequences and actions directed towards reduction or elimination of causes. Actions directed towards reduction of consequences let the disturbances occur, but are aimed at a reduction or elimination of the consequences. These actions can also compensate for consequences. Actions directed towards reduction or elimination of causes are aimed at a reduction or elimination of causes and consequently the consequences.

I show how companies can choose actions, most efficient for a company as a whole, by analysing consequences of disturbances on residual income. This measure starts out from a theory assuming that the owners' demand for a high return on their invested capital can best be measured by calculating the net present value of future cash flow.

Design of simulation models is a major part of the study presented before us. I have built models with the simulator Witness. The results from experiments made, show that the occurrence of one disturbance can yield different, not expected result, from the occurrence of many disturbances. One conclusion is that it may not be most efficient to handle the disturbance that on its own seems to yield the most serious consequences. Consequences along a material flow may vary, depending on the measure used and who is hit by the disturbance, thus the choice of actions taken may vary depending on who is choosing the action. Five statistical methods are presented, suitable to decide the probability that the return arrives under a critical limit, are presented.

Which of the proposed methods to use, depends partly on the shape of the distribution function, and partly the risk acceptable, i.e. where the critical limit is at. Furthermore I present two decision rules that companies should consider when they will decide whether it is efficient or not to handle a certain disturbance. The fundamental decision rule is that companies should choose that plan which leads to the highest residual income, if the result is in a stochastic order. If the result is not in a stochastic order, the choice of a specific plan depends on where the critical limit is at, and the risk acceptable.

Four suggestions for further research are given. It should be possible to find foundations of how contracts and compensation plans can be

formulated, by using simulation. It should also be possible to study further the implications of disturbances, using different planning rules. Disturbances in other systems may be fruitful to analyse, i.e. systems in the service sector. A validation of the results presented in this study may be done by using simulation to analyse real systems.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Abdou, G., & Dutta, S.P., A Systematic Simulation Approach for the Design of JIT Manufacturing Systems, *Journal of Operations Management*, Vol. 11, No. 3, Sept, 1993
- Ackoff, R.L., *Scientific Method*, John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y., 1962
- Aggarwal, S.C., MRP, JIT, OPT, FMS?, *Harvard Business Review*, sept-oct, 1985
- Albino, V., Dassisti, M., & Okogbaa, G.O., Approximation Approach for the Performance Analysis of Production Lines Under a Kanban Discipline, *International Journal of Production Economics*, Vol. 40, Aug, 1995
- Alles, M., Datar, S.M., & Lambert, R., Moral Hazard and Management Control in Just-in-Time Settings, *Journal of Accounting Research*, Vol. 33, Supplement, 1995
- Amey, L., Tomkins on Residual Income, *Journal of Business Finance and Accounting*, 2, Spring, 1975
- Andersson, J., Ljungfeldt, S., & Wandel, S., *Produktionsstyrning*, Studentlitteratur, Lund, 1978
- Andréasson, B., & Dahlborg, A., *Datorbaserad simulering vid manuell tillverkning*, IVF-skrift 94848, Göteborg, 1994
- Anthony, R.N., Dearden, J., & Bedford, N.M., *Management Control Systems*, Irwin, Homewood, Ill, 1984
- Aronsson, H., Andersson, P., & Storhagen, N.G., *Materialadministrativa mått och mätmetoder*, Studentlitteratur, Lund, 1988
- Arbnor, I., & Bjerke, B., *Företagsekonomisk metodlära*, Studentlitteratur, Lund, 1977
- Ashby, W.R., *An Introduction to Cybernetics*, University paperbacks, Chapman & Hall Ltd, 1968

- Ask, U., & Ax, C., *Cost Management*, Studentlitteratur, Lund, 1995
- Axsäter, S., *Huvudplanering under risk*, Forskningsrapport Nr.2, Linköpings Högskola, Ekonomiska Institutionen, Linköping, 1972
- Axsäter, S., *Produktionsplanering & -styrning*, Studentlitteratur, Lund, 1979
- Axsäter, S., & Bergendahl, G., *MA - ekonomi och metodik*, Norstedts, Stockholm, 1989
- Baiman, S., Agency Research in Managerial Accounting a Second Look, *Accounting, Organisations and Society*, Vol. 15, 1990
- Balakrishnan, R., Linsmeier, T.J., & Venkatachalam, M., Financial Benefits from JIT Adoption: Effects of Customer Concentration and Cost Structure, *The Accounting Review*, Vol. 71, No. 2, April, 1996
- Banks, J., Aviles, E., McLaughlin, J.R., & Yuan, R.C., The Simulator: New Member of the Simulation Family, *Interfaces*, Vol. 21, March-April, 1991
- Beer, S., *Brain of the Firm*, second edition., John Wiley & Sons, New York, N.Y., 1981
- Bell, D.E., Keeney, R.L., & Raiffa, H., (editors), *Conflicting Objectives in Decisions*, Wiley, 1977
- Ben-Horim, M., & Levy, H., *Business Statistics - Fundamentals and Applications*, Random House Inc., New York, 1983
- Berkley, B.J., Simulation Tests of FCFS and SPT sequencing in Kanban Systems, *Decision Sciences*, Vol. 24, No. 1, Jan/Feb, 1993
- Bircher, B., *Langfristige Unternehmensplanung - Konzepte, Erkenntnisse und Modelle auf Systemtheoretischer Grundlage*, Verlag Paul Haupt, 1976
- Björnsson, H., & Lundegård, R., Corporate Competitiveness and Information Technology, *European Management Journal*, Sept, Vol. 10, 1992

- Bookbinder, J.H., & Locke, T.D., Simulation Analysis of Just-in-Time Distribution, *International Journal of Physical Distribution & Material Management*, Vol. 16, No. 7, 1986
- Brealey, R., & Myers, S., *Principles of Corporate Finance*, second edition, McGraw-Hill, 1984
- Brigelius, L., & Rosén, P., *Risk och Försäkring*, BAS, Göteborg, 1988
- Brigelius, L., & Rosén, P., *Företagets materialflödeskostnader. Empirisk kostnadsanalys - Huvudrapport*, TFB-meddelande 144, Maj, 1990:a
- Brigelius, L., & Rosén, P., *Företagets materialflödeskostnader. Empirisk kostnadsanalys - Bilaga till meddelande 144*, TFB-meddelande 145, Maj, 1990:b
- Brigelius, L., & Rosén, P., *Planering av produktflöden under en förändringsprocess*, BAS ek förlag, TFB-rapport 1992:5, Göteborg, 1992
- Brigelius, L., & Rosén, P., *Störningar i logistikkanaler*, KFB-rapport 1994:20, Stockholm, 1994
- Brigham, E.F., & Gapenski, L.C., *Intermediate Financial Management*, fifth edition, The Dryden Press, Orlando, Fl, 1996
- Browne, J., & Rathmill, K., (editors), *Simulation in manufacturing*, Proceedings of the 4th International Conference, IFS Publications, Oxford, 1988
- Buffa, E.S., & Traubert, W.H., *Production-Inventory Systems: Planning and Control*, Irwin, Homewood, Ill, 1972
- Buffa, E.S., & Sarin, R.K., *Modern Production/Operations Management*, Wiley, 1987
- Bäcklund, A-K., *Just-in-time - Hur industriella rationaliseringsstrategier formar arbetsledning och kompetens*, Lund University Press, Lund, 1994
- Cadley, J.A., Heintz, H.E., & Allocco, L.V., Insights from Simulating JIT Manufacturing, *Interfaces*, Vol. 19, No. 2, Mar/Apr, 1989

- Carlsson, M.H., *Integration of Technical Functions for Increased Efficiency in the Product Development Process*, Chalmers University of Technology, Göteborg, 1990
- Carrie, A., *Simulation of Manufacturing Systems*, John Wiley & Sons Ltd, 1988
- Chaharbaghi, K., Using Simulation to Solve Design and Operational Problems, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 10, No. 9, 1990
- Chakravorty, S.S., & Atwater, J.B., Do JIT Lines Perform Better than Traditionally Balanced Lines?, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 15, No. 2, 1995
- Chamberlain, K., & Cambell, R., Creating Shareholder Value, *New Zealand Manufacturer*, November, 1995
- Chapman, S.N., Schedule Stability and the Implementation of Just-in-Time, *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 31, No. 3, Third Quarter, 1990
- Chapman, S.N., Using Risk-averse Inventory for JIT Process Improvements, *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 33, No. 4, Fourth Quarter, 1992
- Chase, R.B., & Aquilano, N.J., *Production & Operations Management - A Life Cycle Approach*, sixth edition, Irwin, Homewood, Il, 1992
- Chihikara, J., & Weiss, E.N., JIT Savings - Myth or Reality?, *Business Horizons*, May-June, 1995
- Churchman, C.W., *Systemanalys*, Rabén & Sjögren, Stockholm, 1978
- Cirillo, R., *The Economics of Vilfredo Pareto*, Frank Cass, London, 1979
- Cormier, G., & Kersey, D.F., Conceptual Design of a Warehouse for Just-in-Time Operations in a Bakery, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 29, Sept, 1995
- Cox, J., & Goldratt, E.M., *Målet - MPS i fabriken*, AB Svensk Byggtjänst, Solna, 1986

- Cramér, H., *Mathematical Methods of Statistics*, Almqvist & Wiksells, Uppsala, 1945
- Crawford, K.M., Blackstone, J.H. & Cox, J.F., A Study of JIT Implementation and Operating Problems, *International Journal of Production Research*, Vol. 26, No. 9, 1988
- Dahlberg, C., & Platerud, G., *Datasäkerhet för användare*, Meritus Förlag, Malmö, 1989
- Dahlborg, A., *Produktionssimulering - ett utmärkt hjälpmedel för att bestämma produktionskapacitet i plåt- och svetsverkstäder*, ivf-resultat 91605, Sveriges Mekanförbund, Uppsala, 1991
- Davis, G.B., & Parker, C.A., *Writing the Doctoral Dissertation*, Barron's Educational Series, Inc Woodbury, New York, 1979
- De Treville, S., *Disruption, Learning, and System Improvement in Just-In-Time Manufacturing*, The Helsinki School of Economics and Business Administration, Helsingfors, 1987
- Deleersnyder, J., Hodgson, T.J., Muller, H., & O'Grady, P.J., Kanban Controlled Pull Systems: An Analytic Approach, *Management Science*, No. 9, sept, 1989
- Diallo, A., Khan, Z.U., & Vail, C.F., Cost of Quality in the New Manufacturing Environment, *Management Accounting*, Aug, 1995
- Dietrich, B.L., A Taxonomy of Discrete Manufacturing Systems, *Operations Research*, Vol. 39, No. 6, Nov-Dec, 1991
- Dion, P.A., Hasey, L.M., Dorin, P.C., & Lundin, J., Consequences of Inventory Stockouts, *Industrial Marketing Management*, Feb, 1991
- Drucker, P.F., *The Age of Discontinuity*, Harper & Row, New York, 1969
- Drury, C., *Management and Cost Accounting*, third edition, Chapman & Hall, London, 1992
- Elton, E.J., & Gruber, M.J., *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*, John Wiley & Sons, New York, 1987

- Elzas, M.S., Ören, T.I., & Zeigler, B.P., (editors), *Modelling and Simulation Methodology*, North-Holland, 1989
- Eggington, D., Divisional Performance Measurement: Residual Income and the Asset Base, *Management Accounting Research*, No. 6, 1995
- Emmanuel, C.R., & Otley, D.T., The Usefulness of Residual Income, *Journal of Business Finance and Accounting*, 3(4), Winter, 1976
- Epps, R.W., Just-in-Time Inventory Management: Implementation of a Successful Program, *Review of Business*, Vol. 17, Fall, 1995
- Ericsson, D., & Persson, G., *Materialadministration ett företagsledaransvar*, Liber, Malmö, 1981
- Ericsson, D., & Persson, G., *Materialadministration i praktiken*, Liber, Malmö, 1982
- Ernst, R., & Powell, S.G., Optimal Inventory Policies under Service-sensitive Demand, *European Journal of Operational Research*, Dec, 1995
- Evans, J.R., *Applied Production and Operations Management*, fourth edition, West Publishing Company, 1993
- Ezzamel, M., *Business Unit & Divisional Performance Measurement*, Academic Press Limited, London, 1992
- Farrell, M.J., The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 120, 1957
- Fincke, U., & Goffard, E., Customizing Distribution, *The McKinsey Quarterly*, No. 1, 1993
- Forsell, L., & Lundqvist, T., *Produktionssimulering på STORA Papyrus Nymölla AB*, Tekniska Högskolan i Luleå, Examensarbete 1994:004, 1994
- Foster, G., & Horngren, C.T., JIT: Cost Accounting and Cost Management Issues, *Management Accounting*, Jun, 1987

- Foster, G., & Horngren, C.T., Cost Accounting and Cost Management in a JIT Environment, *Journal of Cost Management for the Manufacturing Industry*, Winter, 1988
- Frankel, E.G., *Systems Reliability and Risk Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Holland, 1988
- Frenckner, P., *Begrepp inom ekonomistyrning - en översikt*, Studentlitteratur, Lund, 1983
- Gadde, L-E., Lager är inte bara kostnader, kommentar i "Distributionsekonomi och kapitalrationalisering", Mtc & Liber förlag, Malmö, 1985
- Gleick, J., *KAOS, Vetenskap på nya vägar*, Bonniers, Stockholm, 1988
- Granqvist, R., *Effektivitet i ekonomisk analys. Pareto-kriteriet - tolkningar, försvar och kritik*, Thales, Stockholm, 1993
- Green, F.B., Amenkhienan, F., & Johnson, G., Performance Measures and JIT, *Management Accounting*, Vol. 72, February, 1991
- Grubbström, R.W., & Lundquist, J., *Investering och finansiering - Metodik och tillämpningar*, Academia Adacta, Lund, 1996
- Grönroos, C., *Strategic management and marketing in the service sector*, Marketing Science Institute, Cambridge, MA, 1983
- Guist, L., Just-in-Time Manufacturing and Materialhandling Trends, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 23, No. 7, 1993
- Gumbsheimer, M., *Untersuchung von Produktionsfunktionen mit Hilfe von Funktionalgleichungen, Berücksichtigung von zufallsbedingten Störungen auf die Produktion*, Transfer Verlag, Regensburg, 1989
- Gupta, R.K., Lin, C.C., Malarkey, P.J., & Rachiele, M.G., A New Yardstick for Measuring Value Creation, *Oil and Gas Investor*, Vol. 15, No. 7, July, 1995
- Hall, R.W., *Zero Inventories*, Dow Jones-Irwin, Homewood, Ill, 1983
- Hamilton, G., *Detta är risk management*, Studentlitteratur, Lund, 1985

- Hansson, *Finansiering*, 8:e upplagan, Liber-Hermod, Malmö, 1993
- Hassan, M.M.D., & Kinard, J., JIT: Some Lessons for Improving Productivity, *Logistics Information Management*, Vol. 5, No. 2, 1992
- Harrell, H.W., Materials Variance Analysis and JIT: A New Approach, *Management Accounting*, May, 1992
- Hendricks, J.A., Performance Measures for a JIT Manufacturer: The Role of the IE, *Industrial Engineering*, Vol. 26, No. 1, Jan, 1994
- Holme, I.M., & Solvang, B.K., *Forskningsmetodik - Om kvalitativa och kvantitativa metoder*, Studentlitteratur, Lund, 1991
- Horngren, C.T., Foster, G., & Datar, S.M., *Cost Accounting - A Managerial Emphasis*, Prentice Hall International, eighth edition, Englewood Cliffs, N.J., 1994
- Howell, R.A., & Soucy, S.R., Operating Controls in the New Manufacturing Environment, *Management Accounting*, October, 1987
- Hunt, M.O., Link the Market to the Shop Floor, *P&IM Review with APICS News*, September, 1988
- Hägg, I., & Wiedersheim-Paul, F., *Att arbeta med modeller inom företagsekonomi*, Liber, Stockholm, 1984
- Inman, R.A., & Brandon, L.D., An Undesirable Effect of JIT, *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 33, No. 1, First Quarter, 1992
- Inman, R.A., & Mehra, S., The Transferability of Just-in-Time Concepts to American Small Businesses, *Interfaces*, Vol. 20, No. 2, March-April, 1990
- Inman, R.A., & Mehra, S., Financial Justification of JIT Implementation, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 13, No. 4, 1993
- Jagrén, L., & Pousette, T., *Industriföretagets sårbarhet*, Forskningsrapport nr 15, IUI, Stockholm, 1982

- Jensen, A., Stockout Costs in Distribution Systems for Spare Parts, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 22, No. 1, 1992
- Josephson, P-E., *Orsaker till fel i byggandet*, Institutionen för Byggnadsekonomi och byggnadsorganisation, CTH, Göteborg, 1994
- Kaplan, R.S., *Advanced Management Accounting*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1982
- Kaplan, R.S., The Role for Empirical Research in Management Accounting, *Accounting, Organizations and Society*, Vol. 11, No. 4/5, 1986
- Karlsson, C., & Norr, C., Total Effectiveness in a Just-in-Time System, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 14, No. 3, 1994
- Keegan, D.P., Eiler, G., & Jones, C.R., Are Your Performance Measures Obsolete?, *Management Accounting*, June, 1989
- Keller, A.Z., Kazazi, A., & Carruthers, A., Impact of Implementing "Just-in-Time" in a European Manufacturing Environment, *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 9, No. 7, 1992
- Keys, P., *Operational Research and Systems - The systemic Nature of Operational Research*, Plenum Press, N.Y., 1991
- Knight, F.W., *Risk, Uncertainty and Profit*, Houghton Mifflin, New York, 1921
- Kotz, S., & Johnson, N.L., (editors), *Encyclopedia of Statistical Sciences*, John Wiley & Sons, Toronto, 1982-1988
- Krajewski, L.J., King, B.E., Ritzman, L.P., & Wong, D.S., Kanban, MRP, and Shaping the Manufacturing Environment, *Management Science*, Vol. 33, No. 1, Jan, 1987
- Kuhn, T.S., *Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago, 1970

- Lane, M.S., Mansour, A.H., & Harpell, J.L., Operations Research Techniques: A Longitudinal Update 1973-1988, *Interfaces*, Vol. 23 No. 2, 1993
- Larsson, D., & Eriksson, U., *Produktionssimulering på SAAB*, Tekniska Högskolan i Luleå, Examensarbete 1994:052, 1994
- Lave, C.A., & March, J.G., *An Introduction to Models in the Social Sciences*, Harper & Row, New York, 1975
- Law, A.M., & McComas, M.G., Pitfalls to Avoid in the Simulation of Manufacturing Systems, *Industrial Engineering*, Vol. 21, May, 1989
- Law, A.M., & Kelton, W.D., *Simulation Modeling & Analysis*, second edition, McGraw-Hill, Inc., 1991
- Lee, Q., Computer Simulation for Plastic Firms, *Management Services*, May, 1991
- Lessner, J., Performance Measurement in a Just-in-Time Environment: Can Traditional Performance Measurement Still be Used?, *Journal of Cost Management for the Manufacturing Industry*, Fall, 1989
- Lindau, R., & Lumsden, K., *Disturbance Absorption Actions Used in Material Flow Systems - A Pilot Study*, Institutionen för Transportteknik, CTH, Göteborg, 1993
- Lindau, R. & Lumsden, K., Actions to Prevent the Propagation of Disturbances in Manufacturing Systems, *International Journal of Production Economics*, Vol. 41, Oct, 1995
- Lummus, R.R., & Duclos, W.L., When JIT is Not JIT, *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 33, No. 2, Second Quarter, 1992
- Madu, C.N., & Kuei, C., *Experimental Statistical Designs and Analysis in Simulation Modeling*, Quorum Books, Westport, CT, 1993
- Markowitz, H., Portfolio Selection, *Journal of Finance*, Vol. 7, Mar, 1952
- Maskel, B., Performance Measurement for World Class Manufacturing 2, *Management Accounting*, June, 1989

- Mather, H., *Competitive Manufacturing*, Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, NJ, 1988
- McCann, C.R., (Jr), *Probability Foundations of Economic Theory*, Routledge, London, 1994
- Miles, M., & Huberman, A.M., *Qualitative Data Analysis*, Sage Publications, Beverly Hills, Ca, 1984
- Minahan, T., Did the GM Strike Prove that JIT doesn't Work, *Purchasing*, May 9, 1996
- Monden, Y., What Makes the Toyota Production System Really Tick?, *Industrial Engineering*, Jan, 1981
- Moras, R.G., & Dieck, A.J., Industrial Applications of Just-in-Time: Lessons to be Learned, *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 33, No. 3, Third Quarter, 1992
- Najarian, G., Performance Measurement: Measure the Right Things, *Manufacturing Systems*, Vol. 11, No. 9, September, 1993
- Natarajan, R., & Goyal, S.K., Safety Stocks in JIT Environments, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 14, No. 10, 1994
- Nationalencyklopedin*, Bokförlaget Bra Böcker AB, Höganäs, 1989-1995
- Naylor, T.H., Balintfy, J., Burdick, D., & Chu, K., *Computer Simulation Techniques*, John Wiley & Sons, New York, NY, 1966
- Naylor, T.H., & Fingers J.M., Verification of Computer Simulation Models, *Management Science*, October, 1967
- Naylor, T.H., *Computer Simulation Experiments with Models of Economic Systems*, John Wiley & Sons, Inc., NY, 1971
- Neumann, B.R., & Jaouen, P.R., Kanban, ZIPS and Cost Accounting: A Case Study, *Journal of Accountancy*, August, 1986
- NEVEM-Workgroup, *Performance Indicators in Logistics*, Springer-Verlag, Berlin & IFS Publications, Bedford, 1989

- Norén, L., *Fallstudiens trovärdighet*, FE-rapport 1990-305, Företags-ekonomiska institutionen, Göteborg, 1990
- Ny Teknik, Brand hos leverantör lamslog Toyota en vecka, *Ny Teknik, Teknisk tidskrift*, Nr. 7, 1997
- Ovrin, P., *The Performance of Manufacturing Planning and Control Methods in Different Production Facilities*, Linköping Studies in Science and Technology, Linköping, 1991
- Patell, J.M., Cost Accounting, Process Control, and Product Design: A Case Study of the Hewlett-Packard Personal Office Computer Division, *The Accounting Review*, No. 4, October, 1987
- Perrow, C., *Complex Organisations*, Scott, Foresman and Company, second edition, 1979
- Perrow, C., *Normal Accidents*, Basic Books, New York, 1984
- Persson, B., (editor), *Surviving Failures - Patterns and Cases of Project Mismanagement*, Almqvist & Wiksell International, 1979
- Persson, G., Virum, H., & Ericsson, D., *Materialadministration för konkurrenskraft*, Liber Ekonomi, Malmö, 1991
- Pfohl, H.-Ch., *Logistiksysteme, Betriebswirtschaftliche Grundlagen*, 4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 1990
- Pidd, M., *Computer Simulation in Management Science*, John Wiley & Sons, second edition, 1988
- Pike, R., & Dobbins, P., *Investment Decisions and Financial Strategy*, Philip Allan, Cambridge, 1986
- Pinches, G.E., *Essentials of Financial Management*, fifth edition, Harper Collins College Publishers, New York, N.Y., 1995
- Porter, M.E., *Konkurrensstrategi*, ISL Förlag, Uddevalla, 1983
- Ramarapu, N.K., Mehra, S., & Frolick, M.N., A Comparative Analysis and Review of JIT "Implementation" Research, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 15, No. 1, 1995

- Randler, M., *Simulering av automatiserade produktionsavsnitt i Scania:s dieselmotorverkstad*, Chalmers Tekniska Högskola, Examensarbete, December, 1994
- Rao, A., & Scheraga, D., Moving from Manufacturing Resource Planning to Just-in-Time Manufacturing, *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter, 1988
- Reeves, C.A., & Bednar, D.A., Defining Quality: Alternatives and Implications, *Academy of Management Review*, Vol. 19, No. 3, 1994
- Riggs, J.L., & Felix, G.H., *Productivity by Objectives*, Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, N.J., 1983
- Ritzman, L.P., King, B.E., & Krajewski, L.J., Manufacturing Performance - Pulling the Right Levers, *Harvard Business Review*, March-April, 1984
- Ross, P.J., *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, McGraw-Hill Book Company, 1988
- Sandholm, L., *Kvalitetsstyrning*, Studentlitteratur, Lund, 1988
- Sandin, A., *Risk management*, i Risk management & försäkring, Liber läromedel, Malmö, 1980
- SAOL, *Svenska akademins ordlista över svenska språket*, Liber, 1986
- Savén, B., *Produktionssimulering*, Mekanförbundets Förlag, Uppsala, 1988
- Savén, B., *Beslutsstöd och simulering i verkstadsföretag*, Research Report, EIS, Juni, 1994
- Scapens, R.W., Researching Management Accounting Practice: The Role of Case Study Methods, *British Accounting Review*, No. 22, 1990
- Schoderbek, P.P., Schoderbek, C.G., & Kefalas, A.G., *Management Systems*, fourth edition, Irwin, Burr Ridge, Ill, 1990
- Schonberger, R.J., *Japansk kvalitet och produktivitet*, Liber Förlag, Lund, 1982

- Schonberger, R.J., *World Class Manufacturing - The Next Decade*, Free Press, 1996
- Schwartz, A., *Legal Contract Theories and Incomplete Contracts*, in: Werin, L., & Wijkander, H. (editors), *Contract Economics*, Basil Blackwell Ltd, 1992
- Segerstedt, A., *Multi-Level Production and Inventory Control Problems - Related to MRP and Cover-Time Planning*, Profil 13, Linköping, 1995
- Senge, P.M., *Den femte disciplinen - Den lärande organisationens konst*, Nerenius & Santérus Förlag, Stockholm, 1995
- Shapiro, R.D., Get Leverage from Logistics, *Harvard Business Review*, May-June, 1984
- Sharpe, W.F., Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk, *Journal of Finance*, Vol. 19, Sept, 1964
- Shenhav, Y., Wesley, S., & Sigal, A., "Goodness" Concepts in the Study of Organizations: A Longitudinal Survey of Four Leading Journals, *Organization Studies*, Vol. 15, No. 3, 1994
- Shingo, S., *Den nya japanska produktionsfilosofin*, Svenska Management Gruppen, 1984
- Singh, N., & Brar, J.K., Modelling and Analysis of Just-in-Time Manufacturing Systems: A Review, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 12, No. 2, 1992
- Sjölander, J., *Simulering av materialflöden på Inexa Profil AB*, Tekniska Högskolan i Luleå, Examensarbete 1992:148, 1992
- Sohal, A., & Howard, K., Trends in Materials Management, *International Journal of Physical Distribution & Material Management*, Vol. 17, No. 5, 1987
- Sohal, A.S., Keller, A.Z., & Fouad, R.H., A Review of Literature Relating to JIT, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 9, No. 3, 1988

- Sohal, A.S., Ramsay, L., & Samson, D., JIT Manufacturing: Industry Analysis and a Methodology for Implementations, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 13, No. 7, 1993
- Solomons, D., *Divisional Performance: Measurement and Control*, Markus Wiener Publishing, 1965
- SOU 1991:82, *Drivkrafter för produktivitet och välbefinnande*, Produktivitetsdelegationens betänkande, Huvudrapport, Allmänna Förlaget, Stockholm, 1991
- Spencer, B.A., Models of Organization and Total Quality Management: A comparison and Critical Evaluation, *Academy of Management Review*, Vol. 19, No. 3, 1994
- Spencer, M.S., & Guide, V.D., An Exploration of the Components of JIT: Case Study and Survey Results, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 15, No. 5, 1995
- SRF, *Kapitalrationalisering*, Sveriges Rationaliseringsförbund & Liber Förlag, Stockholm, 1982
- Stalk, G. Jr., & Hout, T.M., *Competing Against Time*, The Free Press, New York, N.Y., 1990
- Steers, R.M., Problems in the Measurement of Organizational Effectiveness, *Administrative Science Quarterly*, Vol. 20, December, 1975
- Stewart, G.B., *The Quest for Value*, HarperCollins Publishers Inc., 1991
- Storhagen, N.G., *Materialadministration, grunder och möjligheter*, Liber AB, Malmö, 1987
- Strand, M., *Sambandet mellan produktkvalitet och flödeskvalitet*, Institutionen för transportteknik, CTH, Göteborg, 1989
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S., Toyota Production System and Kanban System - Materialization of Just-in-Time and Respect for Human System, *International Journal of Production Research*, Vol. 15, No. 6, 1977

- Swain, J.J., Simulation: Flexible Tools for Modeling, *OR/MS Today*, December, 1993
- Swain, J.J., Simulation Survey: Tools for Process Understanding and Improvement, *OR/MS Today*, August, 1995
- Taguchi, G., *System of Experimental Design - Engineering Methods to Optimize Quality and Minimize Costs*, UNIPUB/Kraus Int. Publications, Volume one, 1988
- Tersine, R.J., *Principles of Inventory and Materials Management*, North-Holland, New York, 1988
- Thorstenson, A., *Capital Costs in Inventory Models - A Discounted Cash Flow Approach*, Profil 8, Linköping, 1988
- Tomkins, C., Another Look at Residual Income, *Journal of Business Finance and Accounting*, 2, Spring, 1975 (a)
- Tomkins, C., Residual Income - A Rebuttal of Professor Amey's Arguments, *Journal of Business Finance and Accounting*, 2, Summer, 1975 (b)
- Van Gigch, J.P., *System Design Modeling and Metamodeling*, Plenum Press, New York, 1991
- Viktorsson, E., Simulering - en försäkring mot misstag, *Verkstäderna*, nr 12, 1990
- Viktorsson, E., Produktionssimulering en försäkring mot misstag, *Verkstäderna*, nr 12, 1993
- Vokurka, R.J., & Davis, R.A., JIT - The Evolution of a Philosophy, *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 37, No. 2, Second Quarter, 1996
- Vollmann, T.E., Berry, W.L., & Whybark, D.C., *Manufacturing Planning and Control Systems*, second edition, Richard D. Irwin Inc., Homewood, Ill, 1988
- Waters, F.N., Just-in-time Purchasing and Supply: A Review of the Literature, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 15, No. 9, 1995

- Welgama, P.S., & Mills, R.G.J., Use of Simulation in Design of a JIT System, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 15, No. 9, 1995
- Wheelwright, S.C., & Hayes, R.H., Competing through Manufacturing, *Harvard Business Review*, Jan-Feb, 1985
- White, D., Application of Systems Thinking to Risk Management, *Management Decision*, Vol. 33, No. 10, 1995
- Williamson, O.E., *Economic Organization - Firms, Markets and Policy Control*, Harvester Wheatsheaf, 1986
- Witness användarmanual*, AT&T ISTEEL Limited, version 6.0, 1994
- Woodward, D., Back to Basics with Divisional Performance Assessment, *Management Accounting*, Vol. 69, No. 5, May, 1991
- Yin, R.K., *Case Study Research - Design and Methods*, Sage Publications, 1984
- Youde, R.K., Cost of Quality Reporting: How We See It, *Management Accounting*, Jan, 1992
- Young, G.M., & Selto, F.H., Explaining Cross-Sectional Workgroup Performance Differences in a Just-in-Time Facility: A Critical Appraisal of a Field Based Studie, *Journal of Management Accounting Research*, 1993
- Zangwill, W.I., From EOQ Towards ZI, *Management Science*, Vol. 33, No. 10, October, 1987
- Zangwill, W.I., The Limits of Japanese Production Theory, *Interfaces*, Vol. 22, No. 5, September-October, 1992
- Zipkin, P., Does Manufacturing Need a JIT Revolution?, *Harvard Business Review*, January/February, 1991



BILAGA 1

Handelshögskolan
VID GÖTEBORGS UNIVERSITET
FÖRETAGSEKONOMISKA INSTITUTIONEN
FÖLJEBREV 1



N N
Företaget AB
411 24 GÖTEBORG

Göteborg, 14 november, 1991

Inför överenskommet besök och intervjuer

Metoder för materialadministration under osäkerhet

Här följer en kort sammanfattning av mitt doktorsavhandlingsprojekt med titeln "Metoder för materialadministration under osäkerhet". Sammanfattningen ger en kortfattad projektbeskrivning med syfte, metod och förväntade resultat. Min förstudie har visat att störningar är en viktig orsak till sämre MA-effektivitet. Jag söker därför en metod för att reducera effekterna av sådana störningar så att företag kan börja rationalisera sitt kapital. Min ansats har därför följande huvudpunkter:

- a) mäta störningar (exponering)
- b) söka orsaker till störningar
- c) mäta konsekvenser
- d) vidta åtgärder

Dessa fyra punkter söker jag använda på olika produktionsprocesser. Vid mitt besök hos Er är jag intresserad av att se hur en sådan ansats är möjlig. En pilotstudie har gjorts på ett västsvenskt företag och intervjuerna på ert företag är ett viktigt steg i teoriutvecklingen. Intervjuerna tar mellan 1/2-2 timmar beroende på ansvarsområde. Samtliga intervjuer och företagsanalysen kommer att behandlas konfidentiellt där så önskas.

Se överenskommen tidsplan med N N, den 25 oktober.

Vänliga hälsningar,

Knut Fahlén
(doktorand)

Göran Bergendahl
(professor, handledare)

BILAGA 2

FRÅGEGUIDE

Datum för intervju

Företag

Avdelning

Intervjuad person

Befattning

Ansvar

Telefon

Övriga deltagare

1 ALLMÄNT

- a) Bransch
- b) Antal anställda

2 FÖRSÄLJNING

- a) Omsättning
- b) Kundstruktur
- c) Marknader
- d) Exportandel
- e) Utbud
- f) Antal slutprodukter
- g) Säsongsvariationer
- h) Distributionskanaler
- i) Utlovad leveranstid
- j) Intäktsgenererande faktorer

3 INKÖP

- a) Antal leverantörer
- b) Antal komponenter
- c) Leverantörernas lokalisering
- d) Leverantörernas leveranstider
- e) Leverantörens kvalitet
- f) Övriga inköpskostnader
- g) Intäktsgenererande faktorer

4 TILLVERKNING

- a) Avdelningar
- b) Produktionslayout
- c) Kapacitet
- d) Antal detaljer i flödet
- e) Genomloppstider
- f) Stålltider
- g) Tillverkning mot lager/order
- h) Lager i produkter i arbete
- i) Lönesystem
- j) Sjukfrånvaro
- k) Produktionens kvalitet
- l) Intäktsgenererande faktorer

5 LAGER

- a) Lageryta
- b) Antal detaljer i lager
- c) Lagervärde (kapitalbindning)
- d) Lageromsättningshastighet
- e) Lagringskostnader
- f) Intäktsgenererande faktorer

6 ÖVRIGT

- a) Vilka produktionsmodeller används
- b) Vilka lagermodeller används
- c) Vilka transportmodeller används
- d) Används andra metoder eller beslutsstöd för att utvärdera val av åtgärd

Fråga 1

Hur ser MA-effektiviteten ut idag?

(Ledtider, lager, service, kvalitet, konflikter, kapacitet, arbetsförhållanden, trender i efterfrågan etc)

Fråga 2

Vilka störningar finns (upplever du) i ditt arbete, och inom ditt ansvarsområde?

Fråga 3

Vad är orsak till störningarna?

Fråga 4

Vad leder störningarna till (verkan)?

Fråga 5

Vilka störningar vill du främst undvika och varför?

Fråga 6

Går det att påverka störningarna på kort sikt (lång sikt) och i så fall hur?

Fråga 7

Vilket huvudmål strävar du/ni efter inom ert ansvarsområde?

(Lång sikt/kort sikt, kvantitativa/kvalitativa)

Fråga 8

Har ni några delmål inom ert ansvarsområde?

(Lång sikt/kort sikt, kvantitativa/kvalitativa)

Fråga 9

Hur fungerar den hierarkiska planeringen i företaget (den hierarkiska beslutsordningen)?

Fråga 10

Hur mäts och värderas risk i företaget (inom ditt ansvarsområde) och vad vägs risken mot?

Fråga 11¹

Diskutera infrastrukturens betydelse i ditt arbete?

¹ Denna fråga användes som testfråga inför projektet "Företagets material-administration och samhällets infrastruktur", som utfördes 1991.

BILAGA 3
**SAMMANSTÄLLNING AV FÖRETAGENS
STRUKTUR, FUNKTION OCH VILLKOR**

	Allmänt			
	Hantverks- företaget	Verkstads- företaget	El-divisionen	Projekttill- verkaren
Bransch	Hantverk till konsument- marknad	Traditionell verkstads- industri	Elektronik- industrin	Transport- medels- branschen
Antal anställda (kollektivt/ tj.män)	270/80	80/20	75/25	80/110 (80/30)
År för inter- vjuerna	1991	1990	1991	1991
Omsättning	250 Mkr. (1990)	100 Mkr. (1989)	250 Mkr. (1990)	1000 Mkr. (1990)

	Inköp			
	Hantverks- företaget	Verkstads- företaget	El-divisionen	Projekttill- verkaren
Antal leverantörer	1	7	100	750
Antal insats- varor	1	5 med varierande storlekar	cirka 5.000	>4.500
Leveran- törers lokali- sering	Sverige	Sverige och övriga Europa	Främst Sverige	50% Sverige 50% Utom- lands
Leveranstid	1-2 veckor	10-26 veckor	Varierande	2 veckor - 24 månader

	Tillverkning			
	Hantverks- företaget	Verkstads- företaget	El-divisionen	Projekttill- verkaren
Avdelningar	6	3	1	1
Produktions- layout	Funktionell	Funktionell/ flödeslayout	Flödeslayout	(Fast)
Produkt- struktur	Divergerande	Konver- gerande	Konver- gerande	Konver- gerande
Genomlopps- tider	20-30 dagar	10-15 dagar	5-50 dagar	Några dagar
Tillverkning mot kund- order/ lager	Mot lager och kund- order	Mot kund- order (prognos)	Kundorder	Kundorder
Ställtider	Några minuter eller 2 dagar	6-7 timmar	Inga	Inga
Lönesystem	Bland-ackord 2/3 fast lön, 1/3 rörlig lön	Trapplöne- system (bonus?)	90% fast lön 10% bonus	Grundlön med bonus
Personal- omsättning	<10%	20 %	låg	låg
Frånvaro (korttid)	1,6%	14-18%	1%	cirka 3%
Lageromsätt- ningshastig- het	<3 gånger/år	2-3 gånger/år	3,5 gånger/år	2,5 gånger/år men stor variation mellan olika insatsvaror
Kassationer	cirka 50%	1 promille (-3 procent)	Obefintlig	Obefintlig

	Försäljning			
	Hantverksföretaget	Verkstadsföretaget	El-divisionen	Projekttilverkaren
Kundstruktur	Grossister och direktleveranser till butiker	Egna säljbolag över hela världen	Industri-företag och service-företag	Politiska organisationer och institutioner
Marknader	Främst Sverige, plus USA och Europa	Europa, Asien och USA	Främst Sverige, annars Europa, USA och Australien	Främst Sverige, men detta är tillfälligt
Exportandel	60%	95%	50%	0 % (men inte alltid)
Säsongsvariationer	Stora högtider ger ökad försäljning	Inga	Inga	Inga
Leverans-trohet	>90%	50% (60%)	70%	cirka 100%
Utlovade leveranstider	Omgående för 1/4 av färdigvarorna	Varierade bland olika färdigvaror	Varierade bland olika färdigvaror	20-24 månader eller 10-12 månader
Intäkts-genererande faktorer	Hög kvalitet, design	Hög kvalitet	Utbildad arbetskraft, tid	Punktliga leveranser, kvalitet i resande
Antal färdigvaror	400	200	Cirka 40	Ett fåtal

BILAGA 4 SAMMANSTÄLLNING ÖVER RESPON- DENTER I INTERVJUFÖRETAGEN

De personer som intervjuades anges med fingerade namn, befattningar och ansvarsområden.

Hantverksföretaget

Östen, marknadsdirektör och ansvarig för marknadsföring av färdigvarorna i såväl Sverige som till exportmarknaderna.

Gunnar, produktionsplanerare och ansvarig för tillverkning vid anläggningen på huvudorten.

Peter, kvalitetschef och ansvarig för kvalitet och viss produktutveckling, där han hjälper till vid den tekniska utvecklingen av färdigvarorna.

Bengt, ekonomidirektör som ansvarar för all ekonomi och datautvecklingen på företaget.¹

Martin, planerare och underställd Bengt. Han är ansvarig för intern redovisning och kapitalbindningen i företaget.

Jens, personalassistent och ansvarig för personalfrågor som berör de kollektivanställda.

Verkstadsföretaget

Fredrik, chef för Verkstadsföretaget och ansvarig för affärsområdet i Sverige.

Karl, controller och ansvarig för ekonomistyrning och vissa nya projekt inom företaget.

Wilhelm, personalchef som ansvarar för långsiktig personalplanering, utbildning, personalutveckling, rekrytering och andra personalfrågor. Han skall ta fram rekryteringsmallar och se till att personalen stannar inom företaget.

¹ telefonintervju

Lars, chef för produktutveckling och ansvar för att ta fram nya färdigvaror som uppfyller kundkrav avseende ny/bättre prestanda. Han skall också förenkla färdigvarorna för enklare och billigare tillverkning.

Johan, kvalitetschef, ansvarar för kvalitetssäkringen av verksamheten samt av insats- och färdigvaror.

Martin är chef för marknadsföring och exportförsäljning. Han ansvarar för exportförsäljning, marknadsföring gentemot säljbolag, pridförhandlingar, offerter, färdigvarulager och fabriksbeläggning. Han skall se till att kunderna är nöjda och att företaget tjänar pengar.

Lennart, tillverkningschef och ansvarig för tillverkningen, vilket innebär att han ska se till att tillverkningen uppfyller satta budgetmål.

Stig, arbetsledare X är ansvarig för bearbetning.

Mats, arbetsledare Y är ansvarig för slutdelen i flödet, vilket innebär bearbetning, montering och paketering.

Ludvig är logistikchef. Han ansvarar främst för anskaffning av insatsvaror, beläggning av fabriken, styrning av varuflödet, varor i arbete och varor i förråd. Han skall ordna så att insatsvaror finns för tillverkning och ansvarar för lagerhållningen.

Arne, planerare A är underställd Ludvig på logistikavdelningen och ansvarig för inköp av vissa insatsvaror, avrop från leverantörer samt ansvarar för diverse administration och en del av verkstaden.

Barbro, planerare B på logistikavdelningen, ansvarar för beställning av samtliga insatsvaror.

El-divisionen

Kent är chef för El-divisionen och har helhetsansvar över tillverkningen. Han ansåg vid mitt besök att Lars var minst lika insatt i de för företaget viktigaste frågorna.

Lars är planeringschef och ansvarig för huvudplanering, orderplanering, materialplanering samt huvudansvarig för förrådet. Lars har också delegerad inköpsrätt och verkställer vissa avrop mot order.

Klas är en av orderplanerarna och ansvarig för inköp av orderbundna insatsvaror och vissa projekt. Främst för markanläggningar till den svenska marknaden och på export.

Erik, Arbetsledare (förråd) och ansvarig för förråd och veckoförråd.

Matts, Arbetsledare (montage) och ansvarig för montering av färdigvarorna.

Lennart, Arbetsledare (provning) och ansvarig för provning och avsyning av färdigvarorna samt ankomstkontroll av insatsvaror.

Projekttillverkaren

Sven är produktionschef och ansvarig för tillverkningen.

Jonas, arbetsledare som är ansvarig för monteringen i den ena "verkstaden" och underställd *Sven*.

Kurt är inköpare och ansvarig för inköp av insatsvaror, vilka motsvarar 50% av förädlingsvärdet. De är 5 personer på inköpsavdelningen som tillsammans ansvarar för inköp av olika insatsvaror för montering av Projekttillverkarens färdigvaror.

Sune är produktionsadministrativ chef och planeringschef. Han ansvarar för huvudplaneringen för de två verkstäderna, orderplanering, export av materialsatser, kalkylering av offerter på fordon, samt beredning av tillverkningen.

Lars, logistikchef och ansvarig för divisionens förråd, samt paketering och avsändning av insats- och färdigvaror.

Störningar vid inköp

Vid inköp av insatsvaror skiljer sig företagens förutsättningar åt i flera avseenden. El-divisionen och Projektverkaren köper in mängder av insatsvaror med höga volymvärden. Hantverksföretaget köper i stort in en mycket billig insatsvara. Volymvärdet av insatsvaror i Verkstadsföretaget ansågs representativt för ett normalt verkstadsföretag. Då kostnaden för kapital bundet i insatsvaror är mycket stor hos Projektverkaren och El-divisionen är de mer exponerade för störningar vid inköp än Hantverks- och Verkstadsföretaget. Respondenterna i samtliga företag ansåg att deras företag var mycket beroende av en hög kvalitet på köpta insatsvaror.

Hantverksföretaget

Bristande kvalitet på de insatsvaror som används är, enligt ekonomidirektören, en viktig orsak till kvalitetsproblem som uppstår vid senare delar av Hantverksföretagets materialflöde. Produktionsplaneraren menade också att dålig kvalitet på insatsvarorna var en orsak till kvalitetsproblem i tillverkningen. Det var dock svårt att bedöma insatsvarornas kvalitet innan de hade passerat första bearbetningsprocessen. Om det i tid är känt att insatsvarorna är av bristfällig kvalitet anpassar arbetsledarna i vissa fall tillverkningen till tillverkning av färdigvaror, där kvaliteten inte nödvändigtvis behöver vara 100%-ig. Även kvalitetschefen ansåg att bristfällig kvalitet på insatsvarorna från den viktigaste underleverantören var en viktig orsak till kassationer och bristfällig kvalitet på färdigvarorna.

Verkstadsföretaget

Försörjningen av insatsvaror till Verkstadsföretaget fungerade bra (bättre än tidigare), enligt planerare A. Han ansåg att det i normala fall fanns insatsvaror i tid för bearbetning och montering. Även om det sällan uppstod problem pga att det saknades insatsvaror upplevde planerare A att bristfällig kvalitet på köpta insatsvaror var en störning, eftersom det kunde orsaka extra arbete i form av "omproduktion", kassationer och ökad tidspress på fabriken. Planerare A ville främst undvika denna typ av störning.

Planerare B menade att brister i kvaliteten på köpta insatsvaror från leverantören av insatsvara 3 var den allvarligaste störningen.¹ Sena

¹ Verkstadsföretaget bearbetar och monterar vanligtvis 5 stycken insatsvaror med

leveranser från leverantörerna var ytterligare en störning, som bidrog till osäkrare planering. Det blev t ex svårt att bedöma vilken leverans som skulle anlända härnäst. Dessutom kunde tillverkningsstopp och sämre leveransservice till egna kunder uppstå av denna störning. Planerare B menade att det var svårt att påverka leverantören och förseningarna ansågs i detta fall uteslutande vara leverantörens fel. En orsak kunde eventuellt vara att Verkstadsföretaget var en alltför liten kund och som sådan blev försummad. Insatsvarornas komplexitet och de höga kvalitetskrav, som ställdes på dessa, kunde också spela en viss roll avseende förekomsten av störningar.

Planerare B ville främst undvika att få "falska" leveransdatum från leverantören av vara 3. *"När jag ringer och får en veckas leveranstid är förväntningarna inför leveransen höga. När jag senare gör en noggrannare undersökning och vill veta ett mer exakt datum kan det visa sig att allt jag beställt blivit skrot"*. Planerare B ansåg att leverantören själv bör ringa vid förseningar, eftersom kvaliteten är så viktig. *"Å andra sidan ringer vi inte alltid själva i samma situation"*.

De kvalitetsbrister som förekom avseende insatsvarorna, men som inte upptäcktes vid mottagningskontrollen, var att betrakta som störningar, enligt arbetsledare X. I många fall var det först efter bearbetning möjligt att med säkerhet bedöma insatsvarornas kvalitet. Varierad kvalitet och variation i leveranstroheten från leverantören av insatsvarorna 4 och 5 upplevdes av arbetsledare Y som den allvarligaste störningen vid intervjutillfället. Han ansåg för övrigt att enbart leverantörerna av insatsvarorna 4 och 5 orsakade störningar avseende insatsvarornas dåliga kvalitet. Insatsvarornas dåliga kvalitet leder till sämre kvalitet efter bearbetningen, med omarbete och kassationer som följd samt sämre service gentemot kunderna. Värst ansågs det vara om kvalitetsbrister inte märks förrän vid slutmonteringen och/eller vid test hos kunden tillsammans med kundens slutprodukter. Osäkerheten vid bedömning av insatsvarornas kvalitet vid mottagningskontrollen var stor. Verkstadsföretaget sökte vid intervjutillfället efter en ny leverantör av insatsvarorna 4 och 5. Utvärderingen av nya leverantörer var dock tidskrävande.

Enligt arbetsledare Y förekom störningar även när det gäller inleverans av insatsvarorna 1 och 2, där såväl kvalitet och leveransservice var varierande. Verkstadsföretagets VD ansåg att försenade leveranser av köpta insatsvaror var allvarliga störningar. Logistikchefen var dock av en annan uppfattning och menade att det mesta av inköpen fungerade bra

olika dimensioner, för att framställa en färdigvara. Insatsvarorna benämns fortsättningsvis insatsvara 1-5.

jämfört med tidigare. De kvalitets- och leveransstörningar som tidigare fanns hade minskat, allt eftersom uppföljningen hade förbättrats. Att beläggningen (dvs vad som enligt plan skall tillverkas vid en viss tidpunkt) görs 6 månader framåt i tiden ansågs göra det lättare att styra materialflödet och därmed kunde många störningar undvikas.

El-divisionen

Planeringschefen och orderplaneraren liksom arbetsledaren för montering och arbetsledaren för förrådet ansåg att brist av någon insatsvara var den enda riktigt allvarliga störningen, eftersom alla insatsvaror köps in för montering. Planeringschefen hade inte beordringsrätt över ankomstkontrollen av inkommande varor, varför han ofta upplevde störningar vid inleveranser av insatsvaror.² En upplevd störning vid ankomstkontrollen var att vissa insatsvaror gömdes bland alla andra insatsvaror, vilket främst märktes när det var bråttom. Planeringschefen menade att hans bristande kontroll över de inkommande insatsvarorna hade lett till större säkerhetslager än nödvändigt för vissa insatsvaror. Osäkerhet fanns under den tid det tog att transportera insatsvaror från leverantörer i Europa, vilket han upplevde som en störning. Särskilt vid svåra väderförhållanden. När leveransen väl kom i tid upphörde dock osäkerheten och därmed störningen.

Konsekvenser av försenade leveranser från leverantörerna samt inleveranser av insatsvaror med bristfällig kvalitet var materialbrist vid monteringen. Materialbrist innebar ofta att monteringen blev stillastående och risken fanns att det senare utefter materialflödet bildades kö när färdigvarorna skulle provas.³ Alla dessa konsekvenser kan förskjuta annan planerad montering så att ytterligare störningar uppstår. Att prioritera mellan olika färdigvaror, där monteringen väl påbörjats, kan dessutom vara tidskrävande.

Förrådsarbetsledaren ansåg att försenade leveranser från leverantörer, där El-divisionen betraktas som en liten kund, var en allvarlig störning, eftersom det i dessa fall var svårt att påverka leverantörerna. Arbetsledaren ville trots detta främst undvika att verklig lagervolym varierade mot den volym som var registrerad i de informationssystem som användes.

² Beordringsrätten hade logistikchefen i ett systerbolag.

³ Materialbrist behandlas mer ingående under avsnitt 5.3.

Projekttillverkaren

Inköpen hos Projekttillverkaren baseras på konstruktörernas ritningsunderlag. Konstruktionsändringar och/eller bristfälliga ritningsunderlag ansågs därför vara störningar, då de kan leda till ytterligare tekniska förändringar och försenade leveranser av insatsvaror. Konstruktionsändringar ansågs även kunna bero på att såväl tekniska som estetiska önskemål ändras av kunden. En indirekt orsak till detta var, enligt inköparen, att kraven i offerterna var för låga samt att försäljarna gav med sig för lätt för kundernas krav. Speciellt allvarliga var dessa störningar om ändringarna gällde insatsvaror med långa leveranstider från leverantörerna. Dålig eller bristfällig granskning av ritningarna ansågs också vara en orsak till konstruktionsändringar.

Inköparen ansåg att bristfällig samordning med konstruktionsavdelningen var en dominerande orsak till att offerterna vid inköp ändrades, vilket upplevdes som en störning. Även logistikchefen och produktionsplaneraren ansåg att konstruktionsändringar var en störning vid inköp, eftersom inleveranser försenas och fördyras. Så kallade expressleveranser blev som exempel vanligare. Störningarna var mest frekventa för ”unga” projekt. Störningarna blev även ett irritationsmoment i inköparnas förhållande till leverantörerna, då konstruktionsändringar även störde leverantörernas planering.

En annan orsak till störningar vid inköp kunde vara att ”informationsvägarna” till leverantörerna inte var korrekta. Enligt inköparen och logistikchefen kunde personal i konstruktionsavdelningen ibland kontakta leverantören direkt om ändringar, vilket ibland inte märktes förrän insatsvaran i fråga var inlevererad. Störningen uppstod när personalen vid kvalitetskontrollen hade gamla ritningar att gå efter vid sin kontroll av inkommande insatsvaror. Logistikchefen, som ansvarar för förrådet, hade varit med om att ritningsnummer ändrats utan meddelande, vilket kunde ha lett till skrotning av insatsvaror om felet inte hade upptäckts. Då planeringen i Projekttillverkaren sker med lång framförhållning, kan denna hantering leda till att insatsvaror som beställts under ett ritningsnummer inte stämmer överens med den ritning som lagras och används. Ändringar av detta slag ansågs vid intervjutillfället vara svåra att hantera på ett snabbt och enkelt sätt. Logistikchefen hävdade att en orsak till denna svårighet var att informationssystemen inte var anpassade till att frekventa konstruktionsändringar gjordes.

Inköpschefen påpekade att det för det senaste projektet innan intervjutillfället hade gjorts cirka 1.800 ändringar från det att planeringen av projektet påbörjats. Ändringarna ansågs främst leda till ”fördyringar” av

projekten, ökade kostnader för transporter, prickning av leverantören, allmän irritation och sämre leveranstider, vilket leder till försening av hela projektet. Eventuellt kan böter utgå om kontrakterad leveranstid inte hålls gentemot kunden. Såväl produktionschefen som logistikchefen menade att orsaken till konstruktionsändringar är att konstruktörerna sitter för långt från "verkligheten". De menade vidare att många nya konstruktörer hade anställts utan att de fått tillräckligt god internutbildning och att andelen standardiserade insatsvaror var för lågt.

Planeringschefen var dock av en annan uppfattning. Han ansåg att det i de flesta fall var leverantörerna som var orsak till försenade leveranser, vid såväl unga som gamla projekt. Besked om förändrade leveransdatum kommer ofta försent, vilket leder till att åtgärder ej kan sättas in i tid. Han medgav dock att leverantörernas ändringar av leveransdatum i vissa fall var indirekt orsakade av att de inte haft rätt ritning tillgänglig i tid. De försenade leveranserna leder till att flera av leverantörerna påskyndar sin tillverkning, vilket gör att det uppstår en "ketchupeffekt" med ökad kapitalbindning som följd. En av de viktigaste insatsvarorna kostar, som exempel, 7 miljoner kronor per styck. De levereras normalt i satser om två, vilket vid två veckors försening innebär räntekostnader för varor värda 14 Mkr eller mer under denna period.⁴ Förseningarna ansågs även kunna leda till förlorad försäljning under året och i värsta fall missade order från potentiella kunder i de fall leveransdatum är av avgörande betydelse när offert lämnas till en kund.

Inköparen ville främst undvika ändringar i det tekniska ritningsunderlaget som ändrar projektets utformning efter det att avtal med leverantörer har tecknats. Inköparen menade att den totala kostnaden för alla ändringar var flera miljoner kronor för varje projekt. Planeringschefen ville främst undvika försenade leveranser till monteringen samt att information om förseningar inte fanns i tid. Logistikchefen ville främst undvika konstruktionsändringar i allmänhet och i synnerhet efter det att ritningarna kommit ut.

Störningar vid bearbetning och montering

Ett företags tillverkningsavdelningen kan ha en mängd olika intressenter. Bland intressenterna vid denna del av ett materialflöde ingår även inköpsavdelningen (flera leverantörer) och försäljningsavdelningen (flera kunder eller marknader). Hantverksföretaget och Verkstadsföretaget hade

⁴ Vid 15 % ränta innebär det cirka 80.000 kronor, om betalning följer leverans.

fler maskiner, relativt högre arbetskostnad samt kontakt med fler kunder än El-divisionen och Projekt-tillverkaren. El-divisionen och Projekt-tillverkaren hade å andra sidan kontakt med betydligt fler leverantörer. Ett faktum som ger olika resultat med avseende på de störningar som upplevts i företagen. De störningar som upplevts vid denna del av respektive företags materialflöden, är till viss del desamma som identifierats vid inköp. De störningar som nämnts i samband med inköp betonas dock i mindre utsträckning i detta avsnitt.

Hantverksföretaget

I Hantverksföretaget börjar bearbetningen med att en insatsvara smälts. Temperaturvariationer vid smältningen kan leda till att insatsvarorna spricker vid bearbetningen. Enligt kvalitetschefen är en orsak till bristfällig kvalitet på färdigvarorna att skötseln av smältanläggningen är dålig. En konsekvens av dålig skötsel är att slaggprodukter bildas på ytan av de smälta insatsvarorna.

En allvarlig störning ansågs arbetsfel vara och de efterföljande kvalitetsfel som uppstod på färdigvarorna. En orsak till arbetsfel ansågs vara att hantverkarna är mycket specialiserade, vilket gör att kunskaper om nya maskiner och vissa arbetsmoment inte alltid inhämtas. Personalchefen menade att det var svårt att finna kompetent personal till den teknik som används vid bearbetningen. Då det tar cirka 5 år att bli kompetent hantverkare vid de flesta momenten vid bearbetningen är det svårt för företaget att hålla det stora antal av välutbildad personal, med bred och hög kompetens, som behövs för att uppnå önskad flexibilitet.

Kvalitetschefen och marknadschefen menade att en indirekt orsak till arbetsfel var det effektivitetsmått⁵ som användes för att styra verksamheten. Det använda måttet ställde tillverkad volym i förhållande till en budgeterad volym och inte mot försäljningsvolym eller rätt produktmix, vilket ansågs bättre. När effektiviteten mäts i antalet tillverkade färdigvaror händer det att hantverkarna, liksom de som avsynar de bearbetade insatsvarorna, släpper igenom tveksam kvalitet för att öka volymen. Effektivitetsmålet ansågs även leda till andra konsekvenser, som normalt inte borde få uppstå. En negativ konsekvens var t ex uppbyggnaden av färdigvarulager, vilket ledde till en direkt och drastisk konsekvens i form av permitteringar av personal. Planeraren menade att masstillverkning inte lämpar sig så väl i hantverksindustri, åtminstone inte vid en lågkonjunktur. Planeraren ansåg att denna typ av obalans (med

⁵ Det är egentligen ett produktivitetsmått.

såväl brist som överlager) utefter materialflödet kan betraktas som störningar.

Vid intervjutillfället gjordes avsyning av de bearbetade varorna tre gånger utefter materialflödet. Första avsyningen skedde efter avkylning av de bearbetade insatsvarorna. Först efter avkylningen är det möjligt att se om kvaliteten är acceptabel för vidare bearbetning. Här sorterades cirka 5 procent av de bearbetade insatsvarorna bort. Beroende på vilken färdigvara som tillverkas, bearbetas insatsvaran av ytterligare hantverkare eller vid en robot. Vid nästa avsyning sorteras ytterligare 20 procent bort, av det antal man startade med. Efter denna sortering poleras de bearbetade varorna i syra. Tiden i "syrabadet" kan göra att kvaliteten på den färdiga varan i värsta fall blir undermålig. Enligt produktionsplaneraren var kassationerna här alldeles för många. Kassationerna vid poleringen orsakas främst av fel syrablandning, men även andra arbetsfel förekom. Innan paketering och lagerhållning avsynas färdigvarorna en sista gång och ytterligare 10-12 procent sorteras bort för s.k sekunda försäljning. Det är alltså vanligt med 35-40 procents kassation vid Hantverksföretagets tillverkning. Ekonomidirektören menade att kassationerna ibland kunde vara upp till 50 procent.⁶

Kvalitetschefen ansåg, trots kassationerna, att såväl avkylning som bearbetning innan poleringen fungerade bra i de flesta fall. Produktionsplaneraren menade dock att allt för många bearbetade insatsvaror godkändes vid den första avsyningen, vilket delvis ansågs bero på bristande noggrannhet bland personalen, vilket i sin tur ansågs bero på bristfällig utbildning och brister i de verktyg som används vid avsyningen. Produktionsplaneraren och marknadschefen ansåg att en indirekt orsak till kassationerna var lönesystemet. Lönesystemet medger att de kollektivanställda får en fast lön plus en bonus. Bonusen baseras i sin tur på det effektivitetsmått som används, vilket nämnts ovan.

I företaget ansågs det vid intervjutillfället finnas platser utefter materialflödet som var mer exponerade för störningar, än andra platser. För en typ av bearbetning fanns, som exempel, endast en person som gjorde mycket speciella färdigvaror. Om marknadens efterfrågan svängde mot denna typ av färdigvaror skulle företaget omöjligen kunna uppfylla efterfrågan. Produktionsplaneraren ville främst undvika att flaskhalsar uppstod vid poleringen av färdigvarorna samt personalfrånvaro vid de

⁶ Inklusive de färdigvaror som säljs som sekundavaror. Vissa av de kasserade varorna kan återgå till smältning.

tyngre maskinerna. Då kapitalkostnaden är hög vid poleringen ansågs det dessutom viktigt att utnyttjandegraden av dessa maskiner var hög.

Kvalitetschefen menade att viss felsortering vid avsyningen är acceptabel. Däremot ansåg han att det var mycket allvarligt att varor med små fel bearbetades efter syrabehandlingen för att därefter inte få godkänt som färdigvaror med högsta kvalitet. De flesta av de färdigvaror som sorteras bort vid sista avsyningen kan, å andra sidan, säljas som sekundavaror till ett lägre pris än normalt.

Verkstadsföretaget

VD:n för Verkstadsföretaget menade att den största orsaken till uppkomsten av störningar var dåliga förutsättningar för att bearbeta insatsvarorna. Utrustningen i Verkstadsföretaget var vid intervjutillfället dålig, vilket ledde till tillverkning av färdigvaror av dålig kvalitet, fler kassationer och mer omarbete. Störningar ökar därigenom företagets tillverkningskostnaderna och försämrar avkastningen. Servicen gentemot kunderna försämras också. Orsaker till Verkstadsföretagets begränsade förmåga att tillverka färdigvaror av hög kvalitet gick att finna på olika ställen i företaget. Att kvaliteten på köpta insatsvaror var ojämn var en viktig orsak. Låg fackkunskapsnivå hos operatörerna och låg kapabilitet i fabriken maskiner var två andra orsaker, som även delades med personalchefen och planerare A.⁷

En kort tid innan intervjutillfället hade en omorganisation genomförts i företaget och generationsklyftan ökat. "Plikttroheten" mot företaget ansågs därigenom ha försämrats och de anställdas fackkunskaper minskat. Förr var det status att vara operatör i företaget, men denna uppfattning hade inte den yngre generationen. I samband med de bristande fackkunskaperna hade även viss osäkerhet uppstått på grund av dålig dokumentation av rutiner. Merparten av respondenterna i Verkstadsföretaget menade att den låga fackkunskapsnivån hos operatörerna till stor del var orsakad av en generationsväxling. Förr fanns operatörer i alla åldrar, men vid intervjutillfället var några anställda äldre, närmare 60 år, och många runt 20-30 år. En orsak till att många operatörer var unga förklarades delvis av att företaget var tvunget att följa koncernledningens beslut om anställningsstopp med jämna intervall i början på 80-talet. Dessutom var företaget tvingat att följa de svenska systerbolagens fackliga avtal, vilket bl a innefattade lönesättning samt inköp av insatsvaror i största möjliga mån från systerbolag.

⁷ Med kapabilitet avses en maskins förmåga att uppnå de kvalitetskrav som ställs för bearbetning av en vara. Med förmåga avses en "tillverkningsprocess" möjlighet att arbeta inom givna gränser.

Även personalchefen upplevde att ojämn tillverkad kvalitet var en störning, eftersom konsekvenserna för personalen var negativa. Han menade också att orsaken var låg fackkunskapsnivå hos de kollektivanställda, vilken i sin tur var orsakad av hög personalomsättning. Viss del av den höga personalomsättningen var i sin tur orsakad av dåliga arbetsförhållanden. Förhållandet en man/en maskin levde som exempel kvar i företaget, vilket gjorde att arbetsinnehållet kunde kännas monotont och tråkigt av många. Möjligheterna att avancera i arbetet var också begränsade för de kollektivanställda.

För personalchefen var den allvarligaste störningen korttidsfrånvaro, vilken låg på cirka 10% vid intervjutillfället. Korttidsfrånvaro ansågs bland annat leda till sämre möjlighet att uppnå hög service och därmed till minskad försäljning. Den höga sluta/börja-frekvensen var ytterligare en störning. 12 personer hade i genomsnitt slutat och lämnat såväl fabriken som koncernen varje år under de senaste åren. Ytterligare 6 personer hade lämnat fabriken för att börja på andra ställen inom koncernen och 6 personer hade det föregående året gått i pension. Omplaceringar inom Verkstadsföretaget hade ökat från ett genomsnitt på 2 personer i början på 80-talet till 13 personer året innan intervjutillfället. Den höga andelen omplaceringar berodde främst på en omorganisation som gjordes när ett varuslag slutade tillverkas av företaget.

Mycket värdefull kunskap ansågs försvinna just på grund av den höga sluta/börja-frekvensen. Lägre slutandefrekvens skulle i sin tur skulle kunna påverka korttidsfrånvaron. Även tillverkningschefen ansåg att den höga personalomsättningen var en störning, eftersom mycket kunskap förlorades. Det hade också visat sig att arbetet underlättades betydligt när slutandefrekvensen minskade. Tillverkningschefen uppskattade att 60% av störningarna börjar med incidenter av olika slag. Lär man en operatör förstå konsekvenserna av detta kan troligtvis många störningar undvikas. En konsekvens av oerfarna operatörer var störningar i form av brister i färdigvarornas kvalitet. Erfarna operatörer kan åstadkomma bra resultat även med de gamla maskinerna, men det kan inte alltid de yngre, mindre erfarna operatörerna.

Den dåliga kapabiliteten i maskiner ansågs vara en orsak till många störningar vid bearbetningen. Den dåliga kapabiliteten ansågs i flera fall bero på dåligt underhåll, vilket i sin tur var indirekt orsakat av generationsskiftet, som i sin tur inneburit att nya operatörer inte alltid lärt sig när, hur och varför det var viktigt att smörja maskiner. Den dåliga kapabiliteten ansågs också vara en konsekvens av att inga nyinvesteringar gjorts. Att Verkstadsföretaget varit ett "bihang" till systerfabrikerna i

Sverige, ansågs bidragit till låg investeringsnivå i maskinparken de senaste 10-20 åren. Bristerna hade på sikt lett till att försprånget till konkurrenterna tappats och att det blev allt svårare att uppnå marknadens nya och högre kvalitetskrav.

Kvalitetschefen menade att det saknades ordning och reda på fabriksgolvet, vilker ökade exponeringen för störningar. Arbetskvaliteten för operatörerna ansågs däremot hög, relativt andra fabriker inom koncernen. Bland annat pga svårighetsgraden vid såväl bearbetning som montering. Operatören mäter och kontrollerar dessutom själv kvaliteten på bearbetade och monterade varor. Mätutrustningen på fabriksgolvet klarade dock inte alltid av den tolerans som krävdes. Dålig mät-donskvalitet upplevdes därför som en störning. Bra teknik fanns dock i mättrum och vid monteringen, men där upptäckts kvalitetsfel för sent. Ny mätteknik skulle därför krävas vid varje station utefter materialflödet för att reducera dessa störningar.

Planerare A menade att störningar ofta inträffade vid omställning av maskinerna, vilket ledde till längre ställtider än nödvändigt. En omställning innebär att en "uppsättning" tas isär och verktyg byts. Operatörerna gör vanligtvis detta och "*skruvar ibland själv lite på inställningsskruvarna*". Så kallade förarbetare gör sedan finjusteringar om operatören inte är utbildad för att klara sådana. Omställningstiden för flaskhalsmaskinen var i genomsnitt 6-7 timmar. Det hade dock tagit så lång tid som 20 timmar någon gång, men det hörde till undantagen. Den främsta orsaken till de långa ställtider var dålig passform på verktygen, vilket i sin tur var orsakat av bristfälligt underhåll och det faktum att maskinerna var gamla. Ytterligare en orsak till längre ställtider än normalt var det överlapp i personalstyrkan, som sker vid skiftbyte. Om maskinen inte är omställd vid ett skiftbyte tar nästa operatör vid, vilket innebär ett merarbete då han måste sätta sig in i vad som var och vad som inte var gjort av operatören på tidigare skift. Låg fackkunskapsnivå hos operatörerna ansågs också vara en orsak till långa ställtider.

Antalet anställda var litet i företaget, vilket gjorde att sjukfrånvaro (korttidsfrånvaro) märktes tydligt. Saknas någon känner alla av det, vilket ansågs leda till sänkt arbetsmoral. Arbetsledarna ansåg också att gamla, slitna maskiner var ett stort problem, som orsakade många störningar. Indirekt var störningarna orsakade av dåligt eller inget underhåll under många/några år. Allvarliga störningar i form av maskinhaverier, som kunde vara 1-2 timmar per dygn, uppstod ofta. Totalt uppskattades sådana störningar uppgå till cirka ett arbetsskift per vecka. Små stopp är vanligast, enligt arbetsledaren Y, men även dessa leder till kvalitetsproblem. Nya och/eller oerfarna operatörer, inställare och reparatörer var tillsammans

med gamla maskiner de främsta orsakerna till att små stopp uppstod varje dag. Arbetsledare Y ville främst undvika dessa störningar.

En störning för marknadschefen var att den inlevererade volymen till färdigvarulagret ibland varierade omotiverat mycket. Inleveranserna fick egentligen inte avvika med mer än 10% utan att tillverkningsavdelningen skulle behöva lämna information om detta. Ibland var dock de oannonserade inleveranserna betydligt större. Tillverkningsavdelningen tillgodogjorde sig, å andra sidan, alltid de tillverkade resultatet (hur bra de var i förhållande till budget) oavsett om marknadsavdelningen behövde den tillverkade färdigvaran eller ej.

Förutom överproduktion upplevde marknadschefen även att underproduktion var en störning, eftersom ny utleverans till kund vanligtvis möjliggjordes först vid nästa tillverkningstillfälle, vilket kunde dröja 4-7 månader. En sådan störning leder till omplanering i flera avseenden. Tillverkningen av ersättningsvaror försvårades av att beläggning av kapacitet och beställning av vissa insatsvaror gjordes 6 månader före tillverkningstillfället. Det var dessutom inte alltid säkert att det gick att få tag i de extra insatsvaror, som behövdes för att täcka det ökade behovet. Marknadschefen ville främst undvika att färdigvaror levereras, som godkända, där kunden senare märker att kvaliteten är dålig,⁸ vilket som väl var hände ytterst sällan.⁹ Att tillverkningsavdelningen ändrar sekvensieringen vid bearbetningen, utan att informera marknadsavdelningen ansågs vara ytterligare en störning här.

Kvalitetschefen ansåg att dålig flexibilitet var en övergripande orsak till alla störningar. Dålig flexibilitet gjorde det dessutom svårare att åtgärda störningarna. En annan orsak till störningar vid bearbetning och montering var insatsvaror av dålig kvalitet. Vid mottagningskontrollen kunde det vara svårt att kontrollera insatsvarornas kvalitet. Den dåliga kapabiliteten i maskinerna bidrog också till kassationer vid inkörning av varje ny tillverkningsorder, vilket var särskilt märkbart vid små partistorlekar. Då kan det förbrukas dubbelt så många insatsvaror som planerat.

Logistikchefen menade att det "mentalt" inte var bra med driftsstörningar. Han ansåg att operatörer som arbetar under förhållanden där variationen är stor mellan lite arbete vid stillastående maskiner och mycket arbete vid en maskin, oftare var sjukskriven. Konsekvenserna av detta blir att antalet kassationer ökar. Efter sjukskrivningar har operatörer dessutom ofta svårt

⁸ Detta kallas även typ-2 fel. Typ-1 och typ-2 fel beskrivs bl a i Buffa och Sarin (1987).

⁹ 1990 reklamerades 1 promille från slutkunderna.

att återanpassa sig till arbetet även om allt verkar bra och kunden får sina färdigvaror.

Logistikchefen menade att de tillverkningsstekniska svårigheterna gjorde att det inte gick att tillverka exakt mot kundorder. Att kassationspåläggen var desamma för såväl stora som små insatsvaror var också fel, eftersom de små insatsvarorna ansågs svårare att bearbeta och därmed borde kräva ett högre kassationspålägg.¹⁰ Därför brukade också logistikchefen starta bearbetningen av en tillverkningsorder med cirka 10 insatsvaror extra utöver det normala kassationspålägget i dessa fall. Logistikchefen menade också att metoderna för styrning av fabriken var undermåliga. Att maskiner var dåligt underhållna ansåg logistikchefen inte vara allvarligt. Den allvarligaste störningen var istället alla ändringar från marknadsavdelningen. Han ansåg att företaget inte hade personal för att klara allt merarbete som sådana ändringar orsakade. Störningen uppstår, enligt honom, av att marknadsavdelningen inte inser svårigheterna vid tillverkningen och därför vill tillverka korta serier.

Arbetsledare X ville främst undvika att inlevererade insatsvaror var av bristfällig kvalitet, eftersom detta skulle reducera antalet störningar vid bearbetningen. För att starta en serie ville arbetsledare Y helst att alla insatsvaror var tillgängliga i rätt tid. Ibland gick detta inte, vilket kunde innebära att han "tvingades köra" insatsvaror av dålig kvalitet för att maskiner inte skulle behöva bli stillastående. Risken med detta var att den leverans som saknades kunde visa sig vara felaktig när den ankom, vilket i förekommande fall gjorde att de bearbetade insatsvarorna hamnade i mellanlagret.

Bland de störningar som främst ville undvikas ville tillverkningschefen främst undvika störningar i form av maskinhaverier och andra haverier eller avbrott i utrustningen. VD:n i Verkstadsföretaget ville främst undvika störningar som innebar lägre kvantitet tillverkade färdigvaror än planerat. Kostnadsavvikelse, där tillverkningskostnaden blev högre än standardkostnaden, ansågs också viktiga att undvika. Ett exempel på en orsak till en sådan kostnadsavvikelse var övertid (t ex på lördag och söndag).

El-divisionen

Vid monteringsavdelningen i El-divisionen var materialbrist vid monteringen och konstruktionsändringar två förekommande störningar. Ändringar i konstruktionen kunde leda till att delvis monterad utrustning

¹⁰ Kassationspålägget mäts som antal kasserade enheter per planerad tillverkningsvolym.

måste rivas ned för att monteras om från början. Konstruktionsändringar uppstår främst i tidiga stadium av en serie. Störningen tilläts dock uppstå, eftersom färdigvarorna var tekniskt komplicerade och inga prototyper tillverkades. Vid monteringsstationerna skiljde sig montörers fackkunskap åt, vilket gjorde att verklig monterings tid kunde avvika från den planerade. Denna avvikelse betraktades dock sällan som en störning.

Att orderbundna insatsvaror gick sönder vid monteringen upplevdes också som en störning. Konsekvenserna kunde ofta reduceras genom att insatsvaror lånades från projekt som låg senare i planeringen. Trots detta uppstod ofta förseningar om störningen inträffade. Materialbrist och konstruktionsändringar var två störningar som ansågs speciellt allvarliga om monterings tiden och leveranstiden för insatsvarorna var lång. Orderplaneraren ville främst undvika materialbrist i dessa fall.

Även arbetsledaren för monteringen ansåg att ändringar i konstruktionsunderlaget (t ex materialunderlag, ritningsunderlag och kopplingsschema) var allvarliga störningar. Denna störning var vanlig när projekten var unga. Arbetades det med ett nytt projekt hände det ibland att monteringen fick avstanna för att invänta gjorda ändringar. Även om de flesta konstruktionsändringar var "små" kunde de å andra sidan vara många. Orsaken till ändringarna var oftast fel från början i ritningen (t ex en svag konstruktion) eller nya kundönskemål. Ändringarna leder inte bara till korta stopp vid monteringen utan även till merarbete och övertid. Arbetsledaren för monteringen ville främst undvika materialbrist, eftersom materialbrist kan leda till stopp i monteringen. Det blir dessutom rörigt att planera, styra och kontrollera materialflödet när olika tillverkningsorder överlappar varandra.

Korttidsfrånvaro var en störning, som arbetsledaren vid avsyningen tidigare hade upplevt, men denna störning hade minskat efter nya, lagstadgade sjukskrivningsregler. All frånvaro ansågs till viss del vara konjunkturberoende. God arbetsmiljö ansågs medverka till den låga personalfrånvaron i El-divisionen. Efterhand som konstruktion och krav på färdigvaror förändras måste de först tillverkade färdigvarorna i en serie underhållas, uppgraderas och kontrolleras. Denna service av "gamla" färdigvaror upplevde arbetsledaren som en störning i de fall service måste göras med kort varsel. Störningen förekom oftare för de första exemplaren i en serie, eftersom dessa sällan var helt färdigkonstruerade.

Ytterligare en störning, som kunde uppstå vid avsyningen, var när färdigvaror inte kom komplett i utlovad tid. Då kan vissa kontrollmoment, som kräver att färdigvarorna är kompletta, ej genomföras. Störningen ansågs ofta uppstå av materialbrist, vilken i sin tur främst var orsakad av

sena leveranser av insatsvaror. Saknades en insatsvara kunde det innebära att endast delar i elutrustningarna kunde kontrolleras. Arbetsledaren för avsyning ville främst undvika denna typ av brist, i de färdigvaror som skulle avsynas, för att förbättra genomflödet av varor.

Projekttillverkaren

Störningarna vid Projekttillverkarens montering ansågs i stort vara desamma som vid inköp. Tillverkningen innebär montering av flera hundra insatsvaror. Effektiviteten vid monteringen ansågs därför vara mycket beroende av konstruktörernas kompetens och leverantörernas leveransservice. Planeringschefen ansåg att materialbrist var den enda störningen vid monteringen, vilket förklarades av de höga kapitalkostnaderna som kunde uppstå. Oavsett om det var en kostsam insatsvara eller något så enkelt som en skruv som saknades, stannar monteringen upp och förseningar vid efterföljande montering blir följd. Två veckors försening för montering av en färdigvara ansågs kunna leda till övertidsarbete i två månader innan planeringen kom i ordning igen. Stoppen leder också till ytterligare kostnader genom att övertidsarbetet måste maximeras. Risken för fel ökar dessutom när tillverkningsstakten måste höjas. Planeringschefen ville främst undvika försenade leveranser till monteringen, samt situationer där inga besked om försenade leveranser kommer.

Vissa störningar ansågs uppstå av brister i konstruktionen, vilket delvis hade sin grund i att inga prototyper kunde göras och att ingen i företaget med säkerhet visste vilka insatsvaror som skulle ingå när ett projekt startade. Bristfällig kommunikation mellan produktions- och konstruktionsavdelningen ansågs vara en orsak till materialbrist. Förhandsbeställningar till leverantörer görs alltid tidigt för varje projekt, eftersom såväl konstruktion som leveranstid är mycket lång för fem av de viktigaste insatsvarorna. Då varje nytt projekt är speciellt kan även små och billiga detaljer missas i planeringen. De flesta ändringar i konstruktionen leder till att flera andra delar måste ändras, vilket kan leda till ytterligare ändringar och så vidare. Försenas leveranser av färdigvaror till kund försämras ryktet hos kunderna, arbetstempot blir "hårdare" och arbetsförhållandena därmed sämre. Förseningar av planerade projekt ansågs i värsta fall leda till att faktureringen för ett år kunde minska med upp emot 50 Mkr. Samtidigt som den övervägande delen av kostnaderna måste bäras av Projekttillverkaren.

Arbetsledaren, som ansvarar för monteringen, ansåg att försenade leveranser av insatsvaror var den allvarligaste störningen, eftersom "monteringsförloppet" blir förryckt. Genomloppstiderna för montering av insatsvaror till en färdigvara varierar mellan 12-20 dagar, vilket var mycket

kort tid jämfört med internationella konkurrenter. Förseningar av billiga insatsvaror och/eller dyra insatsvaror behöver varken vara många till antalet eller långa tidsmässigt, för att snabbt ge negativa konsekvenser.

En viktig orsak till materialbrist var försenade leveranser av insatsvaror, vilket i sin tur ofta var orsakade av konstruktionsändringar. Speciellt om de görs så sent att leverantörerna omöjligen kan hålla leveranstiderna. Enligt arbetsledaren för montering var det svårare att ta igen förlorad tid ju senare i förädlingsvärdekedjan en störning inträffar. Konsekvenserna av förseningar är ökade räntekostnader, uteblivna betalningar från kund och ibland måste även böter betalas till kunden. Enligt arbetsledaren var monteringen dessutom exponerad för störningar i form av personalfrånvaro, eftersom antalet personer som jobbar med varje projekt var litet. Vid intervjutillfället ansågs det dock inte vara något problem, eftersom det förelåg överkapacitet. Arbetsledaren ville främst undvika alla störningar som orsakar försenade leveranser till kund.

Även produktionschefen upplevde att sena och/eller oklara konstruktionsunderlag var störningar genom att efterföljande konstruktionsändringar vid monteringen uppstod. En annan vanlig störning var materialbrist, som kunde bero på såväl leverantörernas planering som konstruktionsändringar gjorda av företaget eller av kunden. Krav på att nya arbetsuppgifter skulle lösas ansågs också vara en störning. Den viktigaste orsaken till dessa störningar var överbeläggning på konstruktionskontoret, vilket leder till prioriteringar av vissa projekt och förseningar av andra. Produktionschefen ansåg också att kunderna hade för stora möjligheter att ändra på färdigvarornas utförande. Han menade dessutom att leverantörerna ibland hade bristfällig förståelse för hur Projekttillverkarens tillverkning fungerade, vilket ibland ledde till att information om sena eller felaktiga leveranser kom senare än de borde.

I övrigt hade Projekttillverkaren ett halvt år innan intervjutillfället haft vissa problem med korttidsfrånvaro. Vid intervjutillfället ansåg korttidsfrånvaro inte vara något problem på grund av sämre konjunkurläge. De främsta konsekvenserna av upplevda störningar är ökade tillverkningskostnader och ökad risk för sena leveranser till kund. Materialbrist leder inte bara till overtidsarbete utan även till ökad risk för lägre kvalitet vid monteringen. Av störningar uppstår ofta en dominoeffekt, där sannolikheten ökar för att en färdigvara i en serie levereras för sent om den föregående färdigvaran blir försenad. Produktionschefen ville främst undvika sena konstruktionsändringar. Han ville också undvika materialbrist, som sena konstruktionsändringar ofta var en orsak till. Enbart brist, utan

konstruktionsändringar, ansåg han dock lättare att hantera, eftersom endast leverantören berörs i dessa fall.

Störningar vid försäljning

Förhållandet mellan ett tillverkande företag (i detta fall som leverantör) och dess kunder är vid försäljning det omvända gentemot det vid inköp från en leverantör. I föregående avsnitt visades bland annat att störningar kan leda till bristfällig kvalitet och omarbete. De störningar som där identifierades kan i vissa fall även leda till att företagets kunder störs. Skillnader mellan de studerade företagens förutsättningar vid försäljning förekommer. El-divisionen och Projektstillverkaren säljer sina färdigvaror mot detaljerade önskemål från kunderna, där färdigvarorna ofta varit beställda sedan flera månader tillbaka i tiden. Hantverksföretaget säljer konsumentvaror till grossister, detaljister och butiker medan Verkstadsföretagets försäljning främst går till andra industriföretag, som använder färdigvarorna vid sin tillverkning. Tillverkningen hos Hantverksföretaget och Verkstadsföretaget sker mot såväl lager som mot kundorder.

Hantverksföretaget

För Hantverksföretaget hade minskad försäljning uppstått under 90-talets början, vilket till viss del berodde på att kunderna inte hade råd/behov av att köpa företagets färdigvaror (det var en begynnande lågkonjunktur). Indirekt ansågs den minskade försäljningen bero på diverse okontrollerbara händelser snarare än företagets agerande på marknaden. Som exempel ansågs politikernas nyckfullhet ha bidragit till den då rådande lågkonjunkturen.

Enligt planeraren var även bristerna vid bearbetningen utefter materialflödet en orsak till missade kundorder. Brister som inte upptäcktes vid bearbetningen kunde också leda till att varor av bristfällig kvalitet såldes. Alla de intervjuade ville naturligtvis att försäljningen skulle gå bra. Marknadschefen ville främst undvika obalanser mellan utbud och efterfrågan, vilket han ansåg vara en störning. Han ansåg dock att en situation med brist i utbudet var lättare att arbeta med än bristande efterfrågan. Minskad försäljningsvolym under en tid hade gett upphov till efterföljande lageruppsygnad. För Hantverksföretaget innebar det att ett produktionsstopp fick införas för nästan hela verksamheten under en längre tid.

En orsak till svårigheten att planera var att detaljisterna köper varor för att tillfredsställa sin kundkrets. När konjunkturen försämras märks detta först

hos detaljisten, som då dröjer med att beställa varor hos sina leverantörer.¹¹ Då Hantverksföretaget inte har kontroll av hur stora lager som finns hos detaljisterna försvåras planeringen ytterligare.

Verkstadsföretaget

Marknadens krav på leveranser just-i-tid och varor av hög kvalitet hade ökat. Verkstadsföretaget kunde inte alltid uppfylla dessa krav, vilket gjort att leveranstroheten mot kunderna snabbt minskat. 1990 levererades 61% av orderraderna enligt löfte, vilket var sämre än planerat och inte acceptabelt. Å andra sidan var det bättre än för 10 år innan intervju-tillfället. Kvalitetschefen misstänkte också att felkostnaden var högre vid intervjutillfället än tidigare, på grund av skärpta kvalitetskrav på färdigvarorna. Kassationer var i detta sammanhang en störning, som orsakade längre leveranstider vid försäljning av färdigvarorna. Kassationerna var vid intervjutillfället cirka 3%, plus ett svinn på någon procent. Reklamationerna från slutkund var dock bara 1 promille. Dessa "procent" orsakades främst av slarv, som tillverkningschefen delvis ansåg uppstå därför att det fanns många insatsvaror att slösa med.

Enligt produktutvecklingschefen är nya kundönskemål, som gör att arbetsuppgifter måste omprioriteras, möjligen att betrakta som en störning. Även positiva effekter ansågs kunna uppstå av nya kundönskemål. Som exempel ledde några stora order från en kund, till långa leveranstider 1989. Dessa stora order upplevdes då som störningar, eftersom andra kunders order inte kunde tillfredsställas i tid. Leveranstroheten sjönk alltså som en följd av den ökade efterfrågan. Omsättningen ökade dock och de ekonomiska konsekvenserna blev slutligen positiva. I detta fall visste Verkstadsföretaget att flera kunder kunde vänta på sina leveranser. Ändringar i en kundorder ansågs värre om kundönskemål ändras efter det att planer för tillverkningen gjorts, eftersom redan planerad tillverkning då måste inställas och ersättas med nya eller efterliggande beställningar.

När marknadsavdelningen påskyndar ett jobb för en speciell kund, upplevs det som en störning av tillverkningsavdelningen, eftersom denna påskyndning kan innebära att en uppsättning av verktyg för halva maskinparken måste bytas, vilket är mycket tidskrävande. Ett stort problem vid påskyndningar av små volymer är att det kan ta upp till 15-20 insatsvaror innan inkörningen av en maskin blir klar. När en tillverkningsorder är så liten som 20 stycken, mot minst 500 i normala fall, är det lätt att inse vilka konsekvenser som uppstår. Enligt arbetsledare X är det enda positiva med sådana påskyndningar att operatörerna får

¹¹ Detta problem finns bland annat beskrivet i Buffa och Traubert (1972).

utbildning. VD:n ville främst undvika ändringar från marknaden, eftersom dessa ändringar kräver ny och omfattande spridning av information och omplanering. Att uppgjorda rutiner inte kunde följas upplevdes allmänt som störningar.

El-divisionen

Respondenterna i El-divisionen upplevde inte många störningar vid försäljning, eftersom merparten av färdigvarorna såldes mot detaljerade kundorder. Jag intervjuade å andra sidan inte någon vid försäljnings- eller konstruktionsavdelningen, eftersom dessa funktioner var centraliserade och ansågs ligga utanför den direkta planeringen av El-divisionens materialflöden. Arbetsledaren för montering ansåg dock att kunderna hade en alltför stor valfrihet vid sin beställning av färdigvaror. Kundernas möjlighet att ändra sina önskemål ansågs vara en orsak till konstruktionsändringar och störningar vid såväl anskaffning av insatsvaror som vid montering i allmänhet.

Projekttillverkaren

Även från Projekttillverkaren saknas intervjuunderlag från ansvariga för försäljningen. Kundernas ändrade önskemål ansågs dock även här vara en orsak till konstruktionsändringar, vilket i sin tur orsakade att leverantörer kunde få svårt att hålla utlovade leveranstider. Att kunderna kunde göra dessa ändringar från en standardlösning berodde på företagets egna villkor i de kontrakt som skrivits med kunderna. Dessa kontrakt ansågs vara för generöst formulerade.

Allmänt om övriga upplevda störningar

Hittills har endast störningar hänfödda till företagets materialflöden behandlats. Störningar kan även uppstå i samband med den kommunikation som förekommer mellan de intressenter som bedriver handel med varor samt i samband med tillhörande informationsflöden. Dessa störningar ger på ett indirekt sätt upphov till störningar utefter företags materialflöden och kan troligtvis orsaka minst lika allvarliga konsekvenser som tidigare identifierade störningar. Då dessa störningar inte är av primärt intresse i föreliggande studie redovisas här i sammanfattad form övriga störningar som respondenterna upplevt.

Enligt planeraren i *Hantverksföretaget* fanns avsevärda brister i den programvara, som användes vid företagets planering. Hårdvaran var det inget fel på, men mjukvaran bestod av en 25 år gammal "kärna" som byggts på efter hand. Dataavdelningens service ansågs också vara sämre

än nödvändigt. Planeringen i övrigt och informationsspridningen från företagsledningen ansåg han också vara bristfällig, vilket skapade rykten, spekulation, osäker planeringen och sämre arbetstillfredsställelse. Indirekt berodde detta på en konflikt om ägandeförhållandet, som förelåg vid intervjutillfället, samt en omorganisation som gjorts året dessförinnan. Planeraren ville främst undvika dessa brister i informationsflödet, eftersom bristfällig information bidrog mest till osäkerhet i planeringen. I Hantverksföretaget ansågs bristerna i informationssystemet vara en orsak till att anpassningen till den minskade efterfrågan gått långsamt.

Bristfällig information om detaljisternas försäljnings- och lagerhållningsvolymer uppstod till viss del på grund av brister i informationsflödet. Bland övriga störningar nämndes för stort färdigvarulager under året innan intervjun, vilket lett till att *"icke önskvärda försäljningsfrämjande metoder"* hade vidtagits för att öka försäljningen.¹² Störningen ansågs ha uppstått pga den bristfälliga kontroll av lagernivåerna som fanns hos grossister och detaljister, vilket gett upphov till stor kapitalbindning i Hantverksföretagets färdigvarulager. En bidragande orsak var att lågkonjunkturen försämrade försäljningen i förhållande till prognos. Som jämförande exempel nämns att kapitalbindningen i lager var låg 1988. Den ökning i lager som skett från 1989 fram till 1991 motsvaras dock ej enbart av den minskade försäljningen. Således kan det antas att bristfällig intern planeringen av verksamheten var en bidragande orsak till den ökade kapitalbindningen i färdigvarulagret.

Gamla och oflexibla informationssystem var även i *Verkstadsföretaget* en indirekt orsak till störningar. Informationssystemen ansågs i vissa avseenden ge irrelevant information. Personalchefen i Verkstadsföretaget menade att detta ledde till svårigheter vid spridningen av information. Erfarenhet och lång anställningstid på företaget ansågs dessutom vara viktigt för att mycket av den information som spreds skulle kunna tillgodoses på ett önskvärt sätt. Controllern, som inte direkt kände av störningarna utefter materialflödet upplevde dock att svårigheter i att generera rapporter var en störning. Han ansåg att denna svårighet berodde på att informationssystemen var gamla och besvärliga att använda. Det var dessutom svårt att lära sig allt pga informationssystemets komplexitet och bristfällig dokumentation. Det fanns inte heller någon som kunde hela systemet. Löpande anpassningar ansågs nödvändiga för att det överhuvud taget skulle löna sig att generera vissa rapporter.

¹² Priser hade sänkts.

Konsekvenser av informationssystemens komplexitet i Verkstadsföretaget var att fel gjordes samt att det blev svårt/omöjligt att upptäcka källan till de fel som uppstod. Dokumentation av ansvar och arbetsuppgifter samt beskrivningar av hur befintliga informationssystem och rutiner ser ut var andra brister förknippade med informationsflödet. Att viss information inte når fram ansågs också kunna bero på att det var "för många kockar". Planeringsystemen bygger på att var och en vet vad han skall göra, vilket inte ansågs vara helt klart. Att någon inregistrerat fel data hade också förekommit, men detta ansågs inte vara så vanlig. Produktutvecklingschefen ansåg att alla händelser som försinkade honom i hans arbete, t ex hjälp till andra avdelningar, gjorde det svårt att engagera sig i det "egentliga arbetet".

En störning som kunde uppstå av brister i informationsflödet i *El-divisionen* var om orderplaneraren missade att beställa en insatsvara, men detta ansågs sällan hända. Informationen mellan avdelningarna i *El-divisionen* ansågs i stort vara bra, förutom vid konstruktionsändringar, vilket har behandlats.

Hos *Projekttillverkaren* kunde vissa handhavandefel vid användning av produktionsstyrningssystemet inträffa. Detta system var inte i tillräckligt stor utsträckning anpassat till att konstruktionsändringar gjordes vid planeringen av nya projekt. Enligt produktionschefen hade *Projekttillverkaren* dock ytterst få problem med sina informations- och datasystem. Hade detta varit ett störningsmoment hade han "givetvis" upplevt det som allvarligt.

Det kan noteras att *El-divisionen* och *Projekttillverkaren* inte upplevde störningar vid hanteringen av information i så stor utsträckning, vilket jag delvis anser bero på deras, relativt sett, väl fungerande planering. Att *Hantverksföretagets* informationshantering blivit eftersatt kan bero på att de inte hanterar insatsvaror i så stor utsträckning och därigenom ansett att de klarar sig med ett enklare informationssystem.

Fel information ansågs kunna bero på för komplexa eller föråldrade informationssystem. Dålig dokumentation av rutiner, svårighet att generera tillförlitliga rapporter samt dålig kunskap hos personalen avseende hur informationssystemen fungerar. Dessa störningar kan på olika sätt leda till negativa konsekvenser för företagets effektivitet. Svårigheter att sprida information ökar osäkerheten vid företagets planering. Att data inrapporteras fel förekom, men det ansågs inte vara en allvarlig störning. Icke tillfredsställande ritningsunderlag kan också betraktas som en störning i samband med hantering av information, eftersom detta gör det

svårare att ge konkreta anbud till kunderna. Även obetydliga incidenter upplevdes i vissa fall som störningar genom att tankeverksamhet måste inriktas mot "icke-värdeskapande aktiviteter". Avsaknad av arbetstrygghet ansågs vara "störande" om arbetstillfredsställelsen inte känns säker. Avsaknad av rätt information ansågs också vara orsak till att brister uppstår avseende begreppen tid, kvantitet, plats som kvalitet. På liknande sätt som för de andra störningarna.

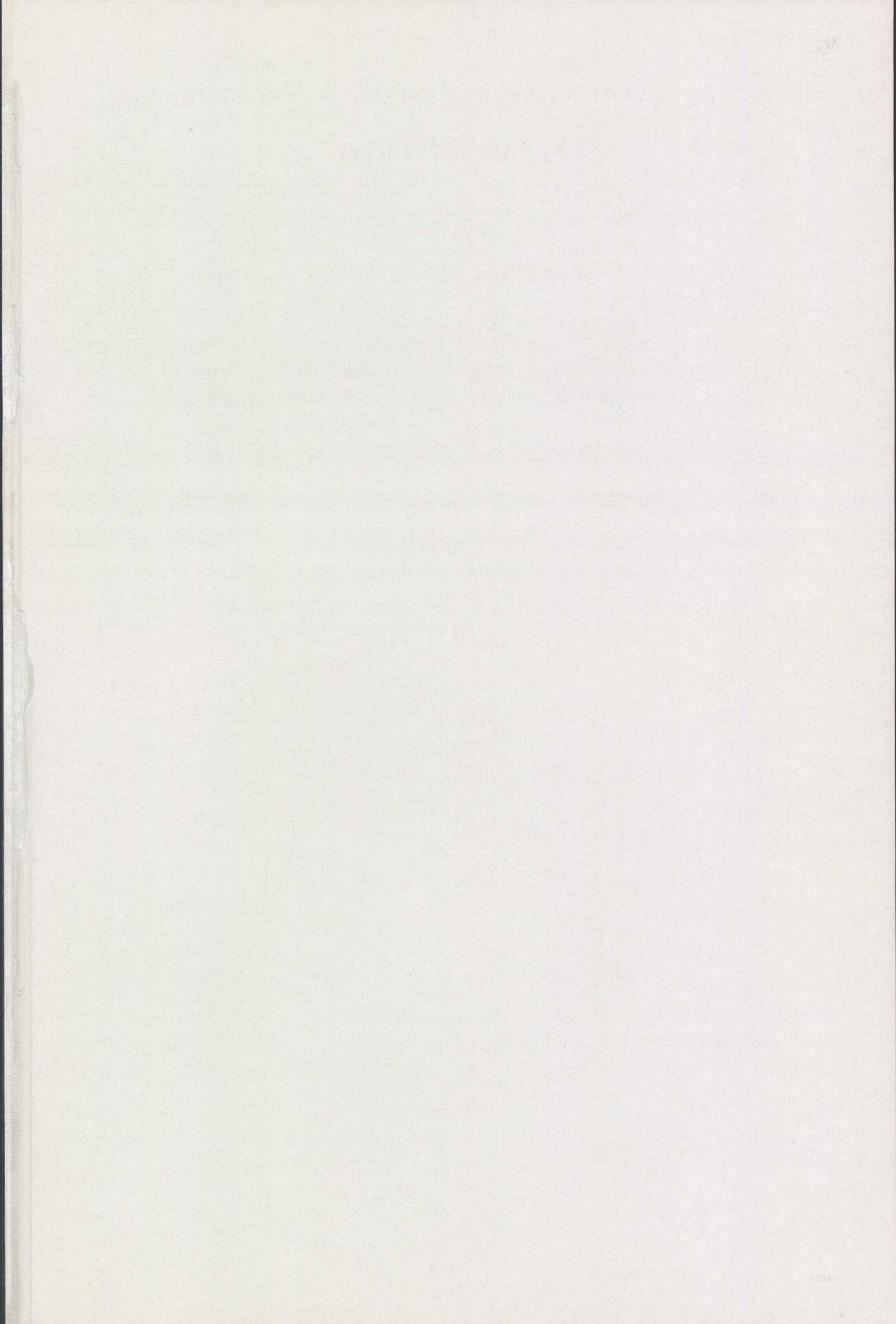
Law och Kelton (1991) anser att det finns fem viktiga simulatorer för animerad simulering inriktade mot tillverkning (AutoMod II, ProModel, SIMFACTORY, Witness och XCELL+). Dessa anses vara relativt enkla, men med viss avsaknad av den flexibilitet som ett generellt simulerings-språk medger. Law och Kelton (1991) menar att statistikmöjligheterna är goda i Simfactory och Witness, men begränsade i AutoMod II och XCELL+. Flexibilitet och möjligheterna att modellera är goda i ProModell och Witness, men begränsade i Simfactory. Möjligheterna att programmera i Witness gör denna simulator till en av de mest flexibla på marknaden. Enligt Savén (1988) är en av de starkaste sidorna med Witness den puch/pull-logik som används för att beskriva styrregler.

En annan genomgång av fyra produktionssimulatorer (Simfactory, XCELL, Witness och ProModel) visar att Witness är den klart mest kraftfulla och den som har mest potential (Banks et al, 1991). Den nackdelen med Witness, som nämns, är att simulering i Witness är relativt svårt att lära sig. Den snabba utveckling som gjorts inom området torde dock ha ökat användarvänligheten. Detta bekräftas också av tre examensarbeten som gjorts vid Tekniska Högskolan i Luleå (Sjölander, 1992; Forsell och Lundqvist, 1994; Larsson och Eriksson, 1994).

Randler (1994) har undersökt sex olika produktionssimulatorer (ARENA, AutoMod II, MAST, SIMPLE++, Taylor II och Witness).¹ Samtliga simulatorer ansågs vara mycket användarvänliga. De har grafiskt användargränssnitt och arbetar med menyer. MAST och Taylor II var de simulatorer som Randler ansåg ha flest begränsningar. Andréasson och Dahlborg (1994) hävdar dock att simulatorm Taylor (II) lämpar sig mycket bra för att analysera manuell tillverkning där enskilda individer i ett företag har olika förutsättningar för att utföra olika arbetsuppgifter. Bland de tillgängliga simulatorerna på marknaden framträder ARENA, AutoMod II, SIMPLE++, Simfactory II.5 och Witness som de starkaste, i en grupp för sig, enligt ovanstående undersökningar. Av dessa har jag valt simulatorm Witness.²

¹ Ytterligare fem program beaktades, men valdes bort i undersökningen, då ingen agentur fanns i Sverige.

² Utvecklingen har gått starkt framåt. 1995 fanns betydligt fler simulatorer på marknaden än i början av 1990-talet. Se Swain (1995) för en genomgång av olika simulatorers för- och nackdelar. Idag framstår t ex Simview som en stark kandidat.



STÖRNINGARS KONSEKVENSER FÖR TILLVERKANDE FÖRETAGS EFFEKTIVITET

Identifiering, analys och hantering av störningar

För många företag torde ett grundläggande mål vara att ge ägarna av företaget så hög ekonomisk kompensation som möjligt till en begränsad risk. I sin strävan efter att förbättra avkastningen försöker många företag göra förbättringar i sina logistiska system. Störningar uppstår ofrånkomligt i samband med alla de händelser/aktiviteter som förekommer i logistiska system. Störningar gör att uppgjorda planer inte kan uppfyllas och kan därför försämra varje företags möjligheter att uppnå ägarnas krav på hög avkastning. I litteratur om japansk produktionsfilosofi hävdas att en minskad lagerhållning (kapitalrationalisering) synliggör störningar. Därmed skall också garanteras att åtgärder mot störningar vidtas vid de svagaste punkterna. Detta är ett kriterium som jag har ifrågasatt. Huvudproblemet i föreliggande studie är att det finns ett behov av att utveckla en metod (mått och modeller), som gör att företag inom ramen för befintlig kapacitet, vid sin hantering av störningar, kan prioritera mellan olika åtgärder så att denna hantering blir effektivare.

Jag visar hur måttet EVA, som är ett kalkylmässigt resultat, bör användas för att analysera störningars ekonomiska konsekvenser med hjälp av simulering. Med detta mått kan en avvägning mellan störningars konsekvenser på såväl kapitalbindning, kostnader, intäkter som risk göras. Ett viktigt inslag i föreliggande studie är design av simuleringsmodeller och analys av logistiska system med hjälp av simulering. Jag visar hur företag med hjälp av simulering kan analysera störningars konsekvenser, så att hanteringen av störningar kan bli effektivare.

Knut Fahlén är verksam som forskare och lärare vid Handelshögskolan vid Göteborgs universitet, företagsekonomiska institutionen, avdelningen för kostnads- och intäktsanalys. Hans forskning är inriktad mot logistik samt informationsteknologiska tillämpningar inom hälso- och sjukvården.



Handelshögskolan

VID GÖTEBORGS UNIVERSITET
FÖRETAGSEKONOMISKA INSTITUTIONEN



ISBN 91-628-2703-0



Kompendiet, Göteborg
1997