

Beroendeanalys inom privat sektor

Stefan Karlsson

**Division of Risk Management and Societal Safety
Lund University, Sweden**

**Riskhantering och samhällssäkerhet
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet**

Report 5007, Lund 2015

Beroendeanalys inom privat sektor

Stefan Karlsson

Lund 2015

Titel: Beroendeanalys inom privat sektor
Title: Dependency analysis within the private sector

Författare: Stefan Karlsson

Report 5007
ISRN: LUTVDG/TVRH--5007—SE

Number of pages: 64
Illustrations: Stefan Karlsson

Keywords
Dependencies, dependency analysis, flows, Volvo Car Corporation, LUCRAM-method

Sökord
Beroenden, beroendeanalys, flöden, Volvo Personvagnar AB, LUCRAM-metoden

Abstract
In this master thesis the use of dependency analyses within the private sector was evaluated through a case study of a privately held company. Today's methods for dependency analysis are primarily meant to be used on a societal level and the aim of this thesis was to further the use of this kind of analysis. The use of a societal method within the private sector required the method to be modified but has worked well and generated satisfying results. The thesis concluded that dependency analysis can be used as a methodical approach to mapping and analysing a privately held company's dependencies and as a supplement in risk management processes.

© Copyright: Riskhantering och samhällssäkerhet, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2014.

Riskhantering och samhällssäkerhet
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

<http://www.risk.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60
Telefax: 046 - 222 46 12

Division of Risk Management and
Societal Safety
Faculty of Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

<http://www.risk.lth.se>

Telephone: +46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

Förord

Denna rapport markerar slutet på min tid vid Lunds Tekniska Högskola och min utbildning till brandingenjör och civilingenjör i riskhantering. Ett flertal personer har varit mig till stor hjälp i framtagandet av denna rapport och jag vill med detta förord tacka dessa personer.

Ett stort tack till mina handledare på avdelningen för riskhantering och samhällsäkerhet; Henrik Tehler och Linn Svegrupp. Utan er handledning och kunskap hade detta arbete inte gått att genomföra. Jag vill också tacka Jonas Johansson från avdelningen för industriell elektroteknik och automation samt Henrik Hassel från avdelningen för riskhantering och samhällsäkerhet för deras hjälp och goda idéer.

Jag vill rikta ett stort tack till Volvo Personvagnar AB och min handledare Petter Berg för möjligheten att genomföra detta examensarbete samt det ovärderliga stöd som visats mig under arbetet. Tack till de anställda på Volvo som tog sig tid att delta i workshop och enkätstudie.

Jag vill också tacka de vänner som jag delat kontor med under examensarbetet och som stöttat mig under arbetets gång.

Lund, 2015-03-29

Stefan Karlsson

Sammanfattning

Beroendeanalys utgör ett systematiskt tillvägagångssätt att kartlägga och analysera beroenden mellan aktörer för att kunna förebygga och förmildra konsekvenser av en eventuell störning. Det kan också användas för att analysera hur en aktörs funktionsnedsättning kan påverka beroende aktörer samt i arbetet med risk- och sårbarhetsanalyser. Beroendeanalyskonceptet har vuxit fram ur de alltmer komplexa system av samhällsviktiga verksamheter som dagens samhälle är uppbyggt på.

De metoder för beroendeanalys som existerar i dagsläget är främst avsedda för tillämpning på samhällelig nivå, såsom kommunal nivå eller högre. I detta examensarbete genomfördes en beroendeanalys av ett privat företag med målet att utvärdera beroendeanalysers användbarhet inom privat sektor. Det övergripande syftet var att utveckla beroendeanalysers användningsområde till att innefatta privat sektor och då med fokus på tillverkningsindustri. På grund av beroenden mellan olika delar av en organisation kan en störning i en anläggning propagera genom systemet och påverka andra anläggningar. Störningar i form av bränder, maskinhaverier, strömavbrott och liknande kan på så vis påverka en organisation i långt större utsträckning än vad vid första anblick förefaller möjligt.

Beroendeanalysen gjordes i form av en fallstudie av Volvo Personvagnar AB. Analysen avgränsades geografiskt till att endast inbegripa Volvo Personvagnars produktionsanläggningar i Sverige. Med hjälp av en utvald metod för beroendeanalys kartlades och analyserades dessa anläggningar. Målet var att med hjälp av beroendeanalys skapa en helhetsbild över de olika anläggningarnas beroenden och underlätta allokering av resurser i förebyggande syfte.

Ett antal metoder för beroendeanalys presenterades och utvärderades. Av dessa metoder valdes LUCRAM-metoden ut för att modifieras och tillämpas i fallstudien. Datasamling till analysen gjordes främst i form av en enkätstudie med representanter från de olika produktionsanläggningarna. Den insamlade informationen sammanställdes och validerades under en workshop med representanter från Volvo Personvagnars avdelningar för riskhantering och logistik. Informationen analyserades med hjälp av ett analysverktyg implementerat i beräkningsprogrammet MATLAB.

Enkätstudien genererade ingen information om förebyggande åtgärder, vilket försvårade rekommendationer om var Volvo Personvagnar bör prioritera dessa. Analysen pekade ut ett antal flöden som snabbt kunde generera omfattande störningar. Bortfall av dessa flöden orsakade i de flesta fall produktionsstopp inom två timmar. Avseende processer pekade analysen ut den process som utgjorde den mest kritiska. Till följd av detta rekommenderades att denna process och dessa flöden prioriteras vid implementering av förebyggande åtgärder.

Den modifierade LUCRAM-metoden fungerade väl i denna beroendeanalys av en komplex organisation inom privat sektor. Tillämpningen av en samhällelig metod inom privat sektor krävde viss modifiering av metoden men överlag bedöms dock metoden ha fungerat väl och genererat tillfredsställande resultat. Kontentan är att beroendeanalys är ett effektivt och metodiskt tillvägagångssätt för att inom privat sektor kartlägga, visualisera och analysera ett företags beroenden. Det kan också användas som ett kompletterande beslutsstöd för var förebyggande åtgärder bör prioriteras.

Summary

Dependency analysis is a systematic approach to mapping and analysing dependencies between actors in order to prevent and mitigate the consequences of an interruption. It can also be used to analyse how one actor's operability degradation can affect dependent actors and in risk and vulnerability analyses. Dependency analysis has emerged from the increasingly complex networks of critical infrastructure that today's society is built on.

Existing methods for dependency analysis are primarily meant to be used on a societal level, such as that of a municipality or higher. In this master thesis a dependency analysis of a privately held company was conducted with the goal of evaluating the use of dependency analyses within the private sector. The overall aim was to further the use of dependency analyses through incorporation of the private sector and the manufacturing industry in particular. Dependencies between different parts of an organisation can allow operability degradation in a facility to propagate throughout the system and affect other facilities. Interruptions due to fires, breakdowns, power outages and so forth may thereby affect an organisation to a greater extent than what would seem possible at first.

The dependency analysis was done in the form of a case study of the Volvo Car Corporation. The analysis was limited geographically to only include Volvo Car Corporations production facilities within Sweden. These facilities were mapped and analysed using a chosen method for dependency analysis. The aim was to create an overall picture of the facilities dependencies and ease the allocation of resources in a preventive manner using dependency analysis.

A number of methods for dependency analysis were presented and evaluated. Out of these methods the LUCRAM-method was chosen for modification and application in the case study. Data collection for the analysis was carried out in the form of a questionnaire study with representatives from the production facilities. The data was compiled and validated during a workshop with representatives from Volvo Car Corporations divisions of risk management and logistics. The data was analysed using an analysis tool based on MATLAB code.

The questionnaire study generated no information about preventive measures which made recommendations of where to prioritise such measures difficult. The dependency analysis revealed a number of flows that could quickly generate extensive operability degradation. Failure to secure these flows generated production stops within two hours in most cases. The analysis also revealed which process that represented the most critical. As a result of this, it is recommended that this process and these flows are to be given priority when implementing preventive measures.

The modified LUCRAM method worked well in this dependency analysis of a complex organisation within the private sector. The use of a societal method required some modification of the method but is considered to have worked well and generated satisfying results. The bottom line is that dependency analysis is an effective and methodical approach to mapping, visualising and analysing a privately held company's dependencies. It can also be used as a supplement in deciding where to prioritise preventive measures.

Förkortningar

IIM	Input-output Inoperability Modellen
IT-IIM	International Trade Inoperability Input-output Modellen
JIS	Just-in-sequence
JIT	Just-in-time
LUCRAM	Lund University Centre for Risk Assessment and Management
MP&L	Material, Planning and Logistics
MSB	Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap
R&D	Research and Development
VCBC	Volvo Cars Body Components
VCE	Volvo Cars Engine
VCM	Volvo Cars Manufacturing
VCT	Volvo Cars Torslanda
ÖCB	Överstyrelsen för Civil Beredskap

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	2
1.3	Mål och frågeställningar	2
1.4	Avgränsningar	2
1.5	Företagskänslig information	3
2	Metod	5
2.1	Litteraturstudie	5
2.2	Enkätstudie	5
2.3	Workshop	6
2.4	Beroendeanalys	6
2.4.1	Metodutvecklingsprocess.....	6
3	Litteraturstudie	9
3.1	Teori	9
3.1.1	Beroenden.....	9
3.1.2	Flöden.....	10
3.2	Metoder för beroendeanalys	10
3.2.1	MSB:s metod	10
3.2.2	Input-output inoperability modellen	11
3.2.3	International trade inoperability input-output modellen.....	11
3.2.4	LUCRAM-metoden	12
3.2.5	ARM-metoden	13
3.3	Sammanfattning.....	14
4	Metodval	15
4.1	Kravspecifikation	15
4.2	Utvärdering av metoder	15
4.3	Modifiering av metod	16
5	Fallstudie	19
5.1	Volvo Personvagnar AB	19
5.2	Tillämpning av metod.....	19
5.3	Datainsamling.....	20
5.4	Bearbetning av insamlad data	22
5.5	Validering och användning av insamlad data	23
6	Resultat.....	25

6.1	Anläggning A	28
6.2	Anläggning B	31
6.3	Anläggning C	35
6.4	Anläggning D	37
6.5	Störningsscenario	39
6.6	Kritisk processanalys	42
6.7	Sammanfattning av resultat	43
7	Diskussion	45
7.1	LUCRAM-metoden	45
7.2	Jämförelse mellan privat och offentlig sektor	46
7.3	Uppdatering av designkriterier	47
7.4	Förslag till fortsatt arbete	48
7.4.1	Inblandning av fler produktionsanläggningar och underleverantörer	48
7.4.2	Fortsatt arbete med Volvo Personvagnars riskhantering	48
7.4.3	Förbättring av analysverktyget	49
8	Slutsats	51
9	Litteraturförteckning	53
	Bilaga A – Enkät	55
	Bilaga B – Indatafil till MATLAB med flöden	63

1 Inledning

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete på brandingenjörsprogrammet och civilingenjörsprogrammet i riskhantering vid Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet motsvarar 30 högskolepoäng, det vill säga 20 veckors heltidsstudier och utfördes under höstterminen 2014. Uppdragsgivare för examensarbetet är Volvo Personvagnar AB.

1.1 Bakgrund

Beroendeanalys härstammar ur utvecklingen av dagens samhälle som lett fram till ett ökat antal komplexa relationer mellan olika samhällsviktiga verksamheter (MSB, 2009). Samhällets utveckling i form av ökade krav på produktivitet, minskning av arbetsstyrka och en konstant teknikutveckling har resulterat i effektivare produktion av varor och tjänster men också ett mer sårbart nätverk med risk för dominoeffekter.

Den forskning inom beroendeanalys som publicerats inom akademisk litteratur har primärt haft en samhällelig nivå som fokus och de metoder som finns idag lämpar sig bäst för tillämpning på kommunal nivå eller däröver. Avseende privat sektor och på den enskilda aktörens nivå arbetas det främst med bland annat kontinuitetshantering och supply chain risk management. Här är den akademiska litteraturen berörande beroendeanalys ännu i sin linda.

Beroendeanalys är dock minst lika relevant inom detta område då dagens distributionskedjor består av många aktörer och processer som är beroende av varandra. Företag tillverkar sällan ensamt en slutprodukt längre utan ofta bidrar flera aktörer på olika sätt till färdigställning av en vara, vilket har lett fram till alltmer komplexa distributionskedjor (Paulsson, 2007). Ökad tillämpning av principerna just-in-time (JIT) och just-in-sequence (JIS) bidrar också till ökad komplexitet och känslighet vilket ytterligare främjar behovet av beroendeanalys (MSB, 2009).

Syftet med beroendeanalys är att utröna vad respektive aktör är beroende av och hur en aktörs funktionsnedsättning kan påverka andra aktörer samt systemet i stort (MSB, 2009). I komplexa system utgör beroendeanalys ett viktigt verktyg för att på ett systematiskt tillvägagångssätt ta fram en helhetsbild över systemets aktörer och deras respektive beroenden. Beroendeanalys kan också med fördel användas i riskhanteringsprocessen i arbetet med risk- och sårbarhetsanalyser (MSB, 2009, 2011).

Detta examensarbete kretsar kring Volvo Personvagnars produktionsanläggningar i Sverige och de beroenden som finns emellan dem. Till följd av beroenden mellan olika delar av en organisation kan en störning i en anläggning ge oförutsedda konsekvenser i en annan anläggning. Det finns en mängd olika händelser, exempelvis bränder, explosioner, naturkatastrofer, maskinhaverier och liknande, som kan föranleda avbrott som sedan sprids vidare till andra anläggningar som är beroende av den drabbade anläggningen. Geografiskt begränsade företeelser, såsom brand, kan på så vis indirekt påverka en organisation i större utsträckning än vad vid första anblick förefaller möjligt. Ett exempel på detta är en ställverksbrand som utbröt i nära anslutning till en av Volvo Personvagnars produktionsanläggningar. Strömmen till produktionsanläggningen bröts, vilket resulterade i en omfattande störning som i sin tur påverkade andra beroende anläggningar.

Med hjälp av en utvald metod för beroendeanalys ska produktionsanläggningarna analyseras och deras förhållanden kartläggas. Beroendeanalysen ska ge en helhetsbild över de olika anläggningarnas samverkan och hjälpa till i allokeringen av resurser i syfte att förebygga och förmildra konsekvenserna vid en eventuell störning.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att utveckla beroendeanalysers användningsområde till att innefatta privat sektor och tillverkningsindustri med fokus på bilindustrin.

1.3 Mål och frågeställningar

I detta examensarbete utförs en beroendeanalys av ett privat företag. Det primära målet med denna analys är att utvärdera beroendeanalysers användbarhet inom privat sektor då de metoder som existerar i dagsläget är främst avsedda för tillämpning på samhällslevelig nivå. Analysen görs i form av en fallstudie på de anläggningar som Volvo Personvagnar AB har inom Sverige. Med hjälp av beroendeanalys ska förhållandena mellan Volvos anläggningar analyseras och kategoriseras. Analysen ska ge en helhetsbild över existerande beroenden och underlätta allokering av resurser i förebyggande syfte.

En inledande litteraturstudie ska genomföras med målet att ge svar på följande frågor:

- Vilka metoder och andra angreppssätt har tidigare använts för att studera beroenden i olika kontexter?
- Vilken metod för beroendeanalys lämpar sig bäst för företag inom privat sektor?

När en metod för beroendeanalys valts ska tillämpningen av denna svara på följande frågor:

- Kan metoden anpassas på ett sätt mer lämpligt för den privata tillverkningsindustrin med fokus på bilindustrin?
- Vilka resultat erhålles med denna metod?
- Hur ser beroendeförhållandena ut mellan Volvo Personvagnars anläggningar i Sverige?

1.4 Avgränsningar

I detta examensarbete analyseras endast ett företag inom tillverkningsindustri, analys av fler företag hade gett tydligare resultat gällande tillämpning av beroendeanalys inom privat sektor och tillverkningsindustri men kommer inte genomföras på grund av tidsskäl. Beroendeanalysen avgränsas geografiskt till att endast inbegripa Volvo Personvagnars anläggningar i Sverige. Denna geografiska avgränsning påverkar endast valet av aktörer som ska ingå i beroendeanalysen, det påverkar inte aktörernas eventuella beroenden av ingående flöden som härrör från utanför avgränsningen.

Representanter från underleverantörer till Volvo Personvagnar kommer inte ingå i enkätstudien på grund av tidsskäl. Ingående flöden från externa aktörer, såsom leveranser från underleverantörer, kommer dock ingå i beroendeanalysen förutsatt att detta förekommer som svar i enkätstudien.

Antalet processer samt in- och utgående flöden avgränsas till högst tio stycken per kategori, det vill säga högst 30 svar totalt. Denna avgränsning görs för att minska tidsåtgången vid ifyllnad och för att göra enkäten mer överskådlig.

Vad avbrott och bortfall av flöden beror på är för beroendeanalysens skull ovidkommande och av denna anledning undersöks inte specifika risker för avbrott.

1.5 Företagskänslig information

I denna rapport avidentifieras namn på flöden, processer och produktionsanläggningar i syfte att skydda företagskänslig information. Dessa namn har dock varit kända under arbetets gång och vid kontakt med Volvo Personvagnar AB för att underlätta arbetet samt möjliggöra kvalitetssäkring av analysen. Exempel på flöden och processer ges löpande i rapporten för att ge läsaren inblick i vad dessa kan utgöras av.

2 Metod

Nedan beskrivs den metod som användes i framtagandet av detta examensarbete. Information inhämtades dels genom tidigare nämnda litteraturstudie och dels genom platsbesök på produktionsanläggningen Torslandaverken i Göteborg. Datainsamling gjordes också genom en enkätstudie och en workshop. Enkäter skickades till fabrikschefer, avdelningschefer och logistikansvariga för att inhämta information nödvändig för att kartlägga beroenden mellan Volvos anläggningar. Med enkätstudien avklarad genomfördes en workshop med representanter från företagets avdelningar för riskhantering och för logistik. Med utgångspunkt i den insamlade informationen genomfördes en beroendeanalys av Volvos produktionsanläggningar.

2.1 Litteraturstudie

Examensarbetet inleddes med en litteraturstudie för att ge författare och läsare nödvändiga kunskaper inom området beroendeanalys. Målet med litteraturstudien var att presentera bakomliggande teori samt ett antal metoder för beroendeanalys. Största delen av materialet inhämtades från rapporter och vetenskapliga artiklar. Litteratursökningen gjordes med Lunds universitets biblioteks sökverktyg LUBsearch. Tre rapporter från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) och Överstyrelsen för civil beredskap (ÖCB) har också använts i arbetet. Sökorden som användes i litteratursökningen var främst beroendeanalys, dependency analysis, dependencies, flöden, flödesbegreppet, supply chain, business continuity management och risk management. Resultatet av litteraturstudien sammanställs i kapitel 3 nedan.

2.2 Enkätstudie

Med litteraturstudien avklarad genomfördes en enkätstudie. Enkäterna och deras svarsalternativ baserades på den enkätstudie som genomfördes i examensarbetet *Beroendeanalys ur ett flödesperspektiv – jämförelse av metoder för datainsamling* av Johansson och Åhsberger (2012). I det examensarbetet pekades workshops ut som den bästa metoden för datainsamling för beroendeanalyser. Detta då enkätstudien som genomfördes i det examensarbetet genererade undermåliga resultat till följd av missuppfattningar av flödesbegreppet.

Detta till trots genomfördes både enkätstudie och workshop i detta examensarbete. Anledningen till detta var förhoppningen om att bättre resultat skulle erhållas från enkätstudien då verksamheterna i detta examensarbete är betydligt mer homogena än de verksamheter som ingick i det tidigare nämnda examensarbetet. Som exempel jämfördes flöden mellan barn- och skolförvaltningen och gatukontoret i det tidigare examensarbetet. Detta kan ge upphov till komplikationer då dessa är två vitt skilda verksamheter. Likheten mellan verksamheterna i detta arbete och den högre förekomsten av fysiska flöden, såsom transport av material, bedömdes underlätta förståelsen för flödesbegreppet.

2.3 Workshop

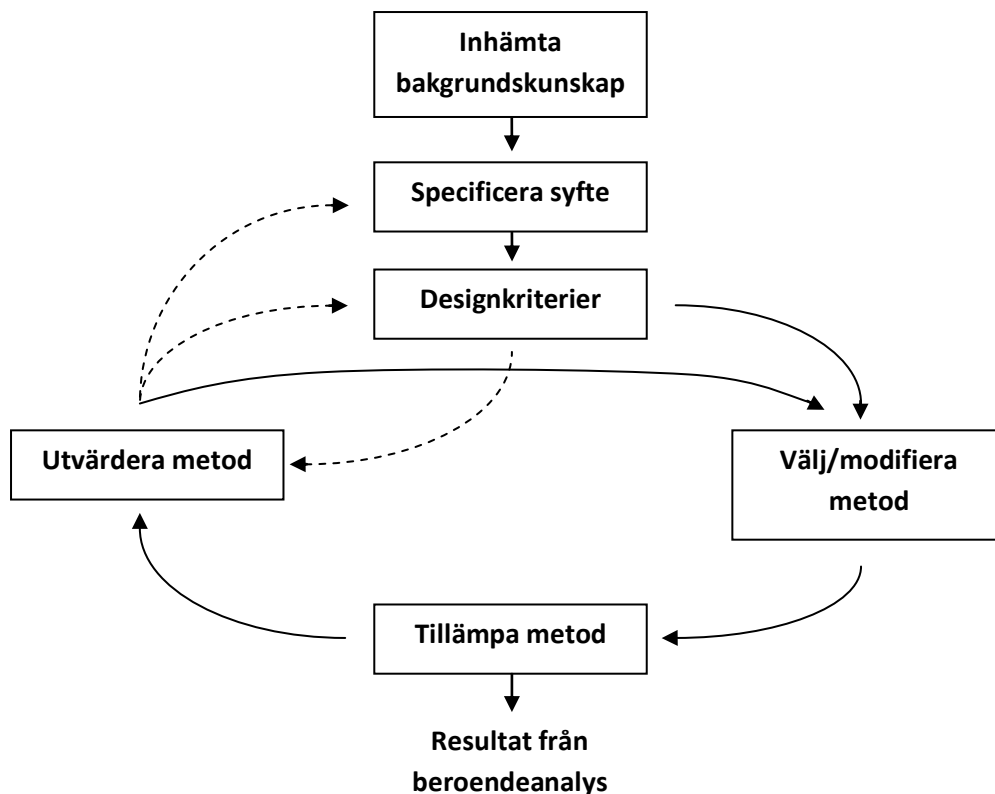
Workshopen genomfördes med representanter från Volvos avdelningar för riskhantering samt för logistik. Denna workshop syftade till att validera de svar som inkommit i enkätstudien samt att koppla samman de flöden som går mellan Volvo Personvagnars produktionsanläggningar i Sverige. Under workshopen genomfördes också enkäten från enkätstudien för att samla in ytterligare data.

2.4 Beroendeanalys

Av de metoder för beroendeanalys som litteraturstudien presenterade valdes en ut och tillämpades i detta arbete. Beroendeanalysen baserades med andra ord på en existerande metod och utvärderade hur väl denna fungerar tillämpad inom privat sektor. Beroendeanalysen utfördes i form av en fallstudie på Volvo Personvagnar AB. Metoden modifierades till att bättre passa den privata tillverkningsindustrin och då med fokus på Volvo Personvagnar AB. Nödvändig datainsamling gjordes genom tidigare nämnda enkätstudie och workshop. Den insamlade informationen sammanställdes och analyserades med hjälp av ett analysverktyg framtaget i ett tidigare examensarbete av Améen och Andersson (2013). Analysverktyget modifierades och anpassades till privat sektor av Linn Svegrupp från avdelningen för riskhantering och samhällssäkerhet samt Jonas Johansson från avdelningen för industriell elektroteknik och automation vid Lunds Tekniska Högskola.

2.4.1 Metodutvecklingsprocess

I syfte att välja ut en metod för beroendeanalys användes en metodutvecklingsprocess beskriven av Hassel (2010) i *Risk and vulnerability analysis in society's proactive emergency management*. Processen består av sex steg och återges nedan. Figur 1 nedan åskådliggör processens arbetsgång. I detta arbete användes denna process för att på ett metodiskt sätt välja ut och modifiera en metod för beroendeanalys.



Figur 1. Arbetsgången som användes vid valet av metod för beroendeanalys (Hassel, 2010).

1. Det första steget utgörs av inhämtning av bakgrundskunskap, vilket gjordes genom tidigare nämnda litteraturstudie. Syftet med detta var att införskaffa grundläggande kunskap om beroendeanalyser och undersöka vilka metoder för beroendeanalys som existerar i dagsläget.
2. I det andra steget specificeras metodens syfte vilket påverkar valet av metod i stor utsträckning. Resterande steg i processen kommer eftersträva att detta syfte uppfylls. Syftet ska formuleras på ett konkret och tydligt sätt.
3. I steg tre ska metodens syfte konkretiseras ytterligare genom införandet av designkriterier. Dessa designkriterier utgör en kravspecifikation över vad metoden förväntas åstadkomma och vilka funktioner den ska innehålla.
4. I steg fyra i designprocessen skapas själva metoden. I detta arbete användes en existerande metod som modifierades. Metoden valdes utifrån de som påträffades under det första steget, inhämtning av bakgrundskunskap. Metoden valdes med utgångspunkt i den kravspecifikation som formulerades i steg tre.
5. I det femte steget tillämpas den utvalda metoden. Detta kan antingen göras genom småskaliga försök eller genom en fallstudie. Med den valda metoden utfördes beroendeanalysen i form av en fallstudie.
6. Efter metoden tillämpats och beroendeanalysen genomförts följer steg sex där metoden utvärderas för att bedöma för- och nackdelar. Detta är en förutsättning för att kunna förbättra och vidareutveckla metoden för att bättre passa den privata tillverkningsindustrin. Om tillämpningen och utvärderingen visar att syftet och/eller designkriterierna behöver justeras för att förbättra metoden bör detta göras i detta steg. Om justeringar görs bör metoden tillämpas och utvärderas på nytt.

Användandet av metodutvecklingsprocessen beskrivs i kapitel 4.

3 Litteraturstudie

Detta kapitel utgör resultatet av litteraturstudien som genomförts och nedan presenteras den bakomliggande teorin, återkommande begrepp och termer samt ett antal metoder för beroendeanalys.

3.1 Teori

Nedan presenteras grundläggande teori om begreppen beroenden och flöden. Dessa begrepp återkommer frekvent i rapporten och förklaras nedan för att underlätta förståelsen.

3.1.1 Beroenden

MSB har tagit fram en metod för beroendeanalys som beskrivs i rapporten *Faller en – faller då alla?* (MSB, 2009). Rapporten beskriver beroenden som ”en relation mellan två verksamheter, där den ena är beroende av att den andra levererar en vara eller en tjänst”, men också som sårbarheter som bör identifieras och förebyggas på ett sådant sätt att berörd verksamhet är kapabel att hantera dem (MSB, 2009, s. 87).

I artikeln *Identifying, Understanding and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies* beskriver Rinaldi, Peerenboom och Terrence (2001) förhållanden och beroenden mellan olika infrastrukturer. Författarna förklarar hur beroenden antingen kan vara enkelsidiga eller ömsesidiga. Ett enkelsidigt beroende definieras som en koppling mellan två infrastrukturer där tillståndet av en infrastruktur påverkar den andras tillstånd. Den andra infrastrukturens tillstånd har dock ingen inverkan på den första. I ett ömsesidigt beroende är infrastrukturer kapabla att påverka varandra i båda riktningarna (Rinaldi et al., 2001).

Ett beroendes styrka klassificeras utifrån hur allvarlig prestandaminskning det medför vid en störning och hur varaktig denna är. Detta avgörs i sin tur av störningens natur och vilka ”stötdämpare” verksamheten har. MSB (2009) beskriver termen ”stötdämpare” som en verksamhets förmåga att fortskrida på ett alternativt sätt vid en störning. ”Verksamheten påverkas, men den slutar inte att fungera” (MSB, 2009, s. 15). ”Stötdämpare” kommer fortsättningsvis i rapporten att refereras till som förebyggande åtgärder.

En verksamhets förebyggande åtgärder påverkar dess uthållighet. En verksamhets uthållighet definieras som verksamhetens förmåga att leverera det som krävs av den, funktionsnedsättning till trots (MSB, 2009). Ett exempel på detta är en verksamhet som lagerför en säkerhetsbuffert av de varor den behöver. Om fabriken som förser dessa varor erfar en störning kan verksamheten använda sin säkerhetsbuffert och på så vis fortsätta fungera som tänkt en viss tid.

Rinaldi et al. (2001) beskriver hur en infrastrukturens arbetsbelastning är avgörande för vilka konsekvenser en störning medför. Vid maximal arbetsbelastning kan avbrott bli allvarigare än vid en lägre arbetsbelastning. Arbetsbelastningen då störningen inträffar påverkar varaktigheten i avbrottet och hur allvarlig denna funktionsnedsättning blir. Observera dock att även om en infrastruktur underpresterar till följd av en störning så finns möjlighet att den fortfarande kan leverera det som beroende infrastrukturer behöver för att fungera (Rinaldi et al., 2001).

I rapporten *Faller en – faller då alla?* introducerar MSB (2009) en trestegsskala i syfte att kategorisera beroenden efter deras styrka:

1. kritiskt beroende
2. tydligt beroende
3. svagt eller osäkert beroende.

MSB (2009) bedömer ett beroende mellan två eller fler verksamheter som kritiskt om en störning i en av verksamheterna leder till en snabb, omfattande och långvarig funktionsnedsättning hos någon av de andra. Vad detta betyder i praktiken beror på typen av störning och verksamhet. Implementerade förebyggande åtgärder och uthålligheten i verksamheten spelar också en avgörande roll i detta (MSB, 2009). Den andra typen av beroende, tydligt beroende, innebär att verksamheten besitter förebyggande åtgärder samt viss uthållighet och således kan fortsätta fungera en viss tid vid en störning. Det tredje och sista beroendet, svagt eller osäkert beroende, innebär att verksamheten överlag är väl skyddad mot eventuella störningar men kan erfara problem i vissa situationer (MSB, 2009).

Då system av denna typ sällan är statiska är det viktigt att de analyseras fortskridande för att fånga upp när och hur beroenden förändras (MSB, 2009). Rinaldi et al. (2001) påpekar behovet av att kartlägga dessa beroenden för att möjliggöra analys av dem och avgöra vilka infrastrukturer som är beroende av varandra, vilken typ av beroenden det är och hur starka dessa beroenden är.

3.1.2 Flöden

Begreppet flöde definieras som ”förflyttning av varor, tjänster, människor, energi, kapital och information som bidrar till, eller är en förutsättning, för upprätthållandet av samhällsfunktioner” (Resilient Regions Association, 2014, s. 22). På ett liknande sätt återfinns flöden inom den privata sektorn men inte nödvändigtvis i syfte att upprätthålla samhällsfunktioner. Istället för samhällsfunktioner kan det handla om ett företags dagliga verksamhet i form av processer såsom produktion, försäljning eller liknande.

Där flöden finns mellan processer/verksamheter finns också beroenden (Resilient Regions Association, 2014). Som en konsekvens av beroenden kan en störning i en verksamhet orsaka problem i andra verksamheter som är beroende av denna (Resilient Regions Association, 2014). För att kunna identifiera och hantera risker som uppstår till följd av detta är beroendeanalys ett viktigt verktyg. Beroendeanalys möjliggör kartläggning av vilka flöden som finns och hur olika flöden och verksamheter är beroende av varandra. Detta behöver göras fortlöpande då nya störningar och risker uppkommer och existerande utvecklas och förändras.

3.2 Metoder för beroendeanalys

I detta avsnitt presenteras ett antal metoder för beroendeanalys som påträffats under litteraturstudien.

3.2.1 MSB:s metod

MSB:s (2009) metod för beroendeanalys beskrivs i *Faller en – faller då alla?* och består av tre steg:

1. Välj ut vilka verksamheter som ska ingå i beroendeanalysen och studera dessa. Vilka verksamheter som är av intresse beror på vilken nivå (kommunal, regional etc.) som analysen ska utföras på. Om en privat verksamhet utvärderas, vilket är fallet i detta arbete, ska analysen fokusera på de processer som är nödvändiga för företagets fortlöpande verksamhet (MSB, 2009).

2. Identifiera de utvalda verksamheternas externa beroenden (MSB, 2009). Med detta gjort bedöms sedan respektive verksamhets förebyggande åtgärder och uthållighet för att kunna värdera styrkan hos olika beroenden utifrån tidigare nämnda trestegsskala.
3. Ordna resultaten i en matris som åskådliggör vilka verksamheter som är beroende av vilka och hur starka dessa beroenden är (MSB, 2009). Illustrera verksamheterna och deras beroenden i form av spridnings-, beroende- eller fokusedjor för att skapa en helhetsbild.

Metoden riktar sig främst mot kommuner och länsstyrelser men även mot privata aktörer. Denna metod syftar dock främst till kartläggning av beroenden, snarare än analys av dem.

3.2.2 Input-output inoperability modellen

I artikeln *A Methodology to Estimate Input-Output Inoperability Model Parameters* beskriver Setola och De Porcellinis (2008) hur dagens komplexa infrastrukturer kräver tillförlitliga beslutsstöd för en effektiv hantering av risker. En utmaning i detta är beroenden mellan verksamheter som genererar risker för dominoeffekter.

Författarna beskriver *Input-output Inoperability Modellen* (IIM) som det mest lovande verktyget i arbetet med dessa risker (Setola & De Porcellinis, 2008). IIM är framtagen av Haines, Horowitz, Lambert, Santos, Lian och Crowther (2005). Modellen använder begreppet ”inoperability” vilket definieras som en verksamhets oförmåga att fungera som avsett. Med hjälp av IIM går det att analysera hur beroenden inom ett nätverk möjliggör spridandet av funktionsnedsättningar och därigenom analys av hur en initial störning i en verksamhet kan förhindra andra verksamheter att fungera som avsett (Setola & De Porcellinis, 2008). En störning i verksamhet A kan påverka produktionsförmågan i verksamhet B om den är beroende av A. Funktionsnedsättning i verksamhet B kan i sin tur påverka andra verksamheter och på så vis ge upphov till så kallade dominoeffekter. Vid ömsesidiga beroenden kan även denna effekt fortplantas tillbaka till verksamhet A och ytterligare förvärra situationen där.

Funktionsnedsättning representeras av ett tal mellan 1 och 0, där 0 motsvarar fullt fungerande och 1 motsvarar total obrukbarhet (Setola & De Porcellinis, 2008). Genom att summera effekten för en verksamhets inverkan på övriga verksamheter fås ett ”beroendeindex” som representerar verksamhetens totala inverkan på systemet. Setola och De Porcellinis (2008) kritiserar tidigare tillämpningar av IIM då de främst fokuserat på ekonomiska indata vilket antyder att en sektors påverkan är direkt proportionell mot det monetära värdet av utbytet av varor/tjänster. I artikeln använder författarna skattningar från experter för respektive område/verksamhet för att bedöma olika verksamheters inverkan på varandra.

3.2.3 International trade inoperability input-output modellen

I Ginstrups och Rubils (2013) examensarbete *Hur godsflödet genom Göteborgs hamn påverkar sektorer i Sverige* utförs en beroendeanalys av olika ekonomiska samhällssektorer i Sverige och godsflödet till och från Göteborgs hamn. Beroendeanalysen utförs med *International Trade Inoperability Input-output Modellen* (IT-IIM), vilket är en vidareutveckling av IIM, se avsnitt 3.2.2 ovan. IT-IIM är avsedd för tillämpning på nationell nivå och används för att beräkna ekonomiska sektors monetära förluster vid en störning (Ginstrup & Rubil, 2013). Genom att summera respektive sektors förlust erhålls nationens totala förlust som störningen ger upphov till.

3.2.4 LUCRAM-metoden

Johansson och Åhsberger (2012) utförde i *Beroendeanalys ur ett flödesperspektiv – jämförelse av metoder för datainsamling* en beroendeanalys av Lunds kommun och Malmö stad. Metoden som användes, LUCRAM-metoden (Lund University Centre for Risk Assessment and Management), är avsedd för tillämpning på kommunal nivå och framtagen av Resilient Regions Association, dåvarande Training Regions. Resilient Regions Association beskrivs som en neutral arena där olika samhällsaktörer kan arbeta tillsammans för ett säkrare samhälle (Resilient Regions Association, 2014).

Johansson och Åhsberger (2012) förklarar hur metoden består av tre delar och tre fokusområden. Tillsammans bildar dessa en matris med nio moduler som illustreras i tabell 1 nedan. I den första delen bedöms vilka samhällsfunktioner som är avgörande för att kommunens värdeord ska uppfyllas och dessa samhällsfunktioners beroenden identifieras. I den andra delen analyseras resultatet från del ett för att värdera de olika beroendena. I den tredje delen presenteras förbättrande och förebyggande åtgärder framtagna utifrån resultatet av del ett och två.

Tabell 1. Resilient Regions Association metod för beroendeanalys (Johansson & Åhsberger, 2012).

	Del 1 Kartläggning	Del 2 Analys	Del 3 Åtgärder
Fokus 1 Systemövergripande	Systemövergripande kartläggning	Systemövergripande analys	Systemövergripande analys
Fokus 2 Funktionsspecifik	Funktionskartläggning	Funktionsanalys	Åtgärder på funktionsnivå
Fokus 3 Systemövergripande aggregering	Systemövergripande aggregering	Aggregerad analys	Åtgärder på systemnivå

De tre fokusområdena utgörs av tre olika detaljnivåer. Det första är systemövergripande, det andra är fokuserat på respektive samhällsfunktionens påverkan av flöden och det tredje är en sammanställning av fokusområde ett och två (Johansson & Åhsberger, 2012). De tre första modulerna, systemövergripande kartläggning, funktionsspecifik kartläggning och systemövergripande aggregering, beskrivs av Johansson och Åhsberger (2012) och återges nedan. Den första modulen utgörs av en systemövergripande kartläggning (Johansson & Åhsberger, 2012):

1. Ta fram kommunens systemövergripande värdeord. Exempel på detta kan vara ”trygghet”, ”lärande”, ”hälsa” och så vidare.
2. Vikta värdeorden. I händelse av att flera värdeord väljs ut ska dessa vägas mot varandra och de viktigaste väljas ut.
3. Definiera indikatorer. En indikator definieras som en mätbar egenskap knuten till ett eller flera värdeord. Om det valda värdeordet exempelvis är ”effektiv bilproduktion” kan en indikator vara antal producerade bilar per år.
4. Vikta indikatorer. Om flera indikatorer definierats väljs de viktigaste ut.
5. Identifiera samhällsfunktioner. Detta steg utgörs av identifiering av vilka samhällsfunktioner som resulterar i att värdeorden uppfylls.
6. Identifiera aktörer. Identifiera de aktörer som upprätthåller tidigare utvalda samhällsfunktioner.

7. Val av samhällsfunktioner. I detta steg väljs ett antal samhällsfunktioner och aktörer ut för vidare analys. Detta steg är en avgränsning av hur många samt vilka aktörer som ska studeras.

Efter dessa sju steg har genomförts fortsätter metoden på en mer detaljerad nivå och genomför analys av de utvalda aktörerna i form av en funktionsspecifik kartläggning (Johansson & Åhsberger, 2012):

1. Specificera respektive aktörs konkreta mål. Ett konkret mål relevant för detta examensarbete kan exempelvis vara att producera ett visst antal komponenter per år.
2. Identifiera vilka flöden som påverkas av respektive aktörs processer. Aktörernas påverkan på flöden ska bedömas utifrån olika tidsperspektiv och hur stark denna påverkan är. Processernas inverkan på målen från det tidigare steget ska också utvärderas. Om exempelvis en tillverkningsprocess avstannar, hur påverkar detta produktionen av en viss komponent?
3. Identifiera flödenas påverkan på respektive aktör och dess processer. Precis som i steg två ska detta bedömas utifrån olika tidsperspektiv och hur stark påverkan flödena har på olika processer.

Steg två och tre studeras utifrån varierande tidsperspektiv. Hur påverkas en aktörs processer av ett tre timmars avbrott i ett flöde? Vad händer om avbrottet varar i en månad? I Johanssons och Åhsbergers (2012) arbete används sju tidsperspektiv mellan en timma och upp till ett år. De olika tidsperspektiven ger en bild av hur kraftig påverkan olika flöden har och hur förebyggande åtgärder spelar in i detta.

Med den funktionsspecifika kartläggningen genomförd tar nästa modul vid; systemövergripande aggregering. I denna modul sammanställs informationen från de tidigare två modulerna (Johansson & Åhsberger, 2012). Genom att identifiera flöden som påverkas av en samhällsfunktion och påverkar en annan kan beroenden mellan samhällsfunktioner påvisas.

3.2.5 ARM-metoden

I rapporten *Säkra företagets flöden!* från 1999 beskriver ÖCB ARM-metoden. Detta är en metod för riskanalys men inbegriper beroendeanalys varför den presenteras i detta examensarbete. ARM-metoden är främst avsedd för större företag och består av fem steg vilka återges nedan (ÖCB, 1999):

1. Förberedelser. Det första steget i ARM-metoden är att specificera mål och avgränsningar. Avgränsningarna ska klargöra huruvida hela företaget ska analyseras eller bara vissa delar. Planerad tidsåtgång ska också specificeras varför en tidsplan bör upprättas. Berörd personal ska informeras och engageras.
2. Underlag för analys. Detta steg utgörs av informationsinsamling av hur företaget fungerar, vilka varor som skickas och vilka flöden, interna såväl som externa, som existerar och så vidare. Detta kan göras genom användande av tidigare utförda risk-/beroendeanalys, statistik över tidigare avbrott och störningar etc. Det kan också ske genom enkätstudier, workshops, intervjuer och liknande. Med hjälp av den insamlade informationen ska flöden och tillverkningsprocesser kartläggas och visualiseras för att förenkla kommande steg i metoden.
3. Analysarbetet. Informera berörd personal på nytt. Förslagsvis genom en workshop för att möjliggöra diskussion av det som framkommit i tidigare steg och för att samla in synpunkter, förslag och ytterligare information.

Gå igenom de flöden som kartlades i steg två för att identifiera avbrottsrisker och eventuella flaskhalsar. Undersök vilka alternativ som finns tillgängliga vid eventuella avbrott. Finns det andra maskiner som kan utföra samma uppgifter eller kan produktionstakten ökas för att ta igen förlorad tid? Gå även genom flöden från underleverantörer för att bedöma deras inverkan

på verksamheten.

Uppskatta ekonomiska konsekvenser från avbrott för att ge en bild av vad olika avbrott kostar, hur omfattande de blir, etc. Ta även hänsyn till kundmissstro och förlust till följd av utebliven försäljning. Sammanställ analysarbetet.

4. Sammanfattning, kontroll och presentation. Sammanställ resultat, risker och åtgärdsförslag i en rapport och redovisa.
5. Beslut och uppföljning. Fatta beslut om vad som ska göras, exempelvis om förebyggande åtgärder ska implementeras och i så fall var och hur. En tid efter detta bör en uppföljning göras för att bedöma om avsedd effekt uppnåtts. Eftersom företag utvecklas och förutsättningar förändras bör verksamheten analyseras igen vid lämpligt tillfälle.

3.3 Sammanfattning

Gemensamt för dessa metoder, ARM-metoden undantagen, är att de är framtagna och avsedda för tillämpning på en samhällelig eller högre nivå. Flertalet metoder ansågs dock som potentiellt tillämpbara efter viss modifiering. Olika samhällsaktörer kan liknas vid produktionsanläggningar, administrationscenter eller liknande för att möjliggöra tillämpning av en samhällelig metod på privat tillverkningsindustri. Detta bedömdes ge goda förutsättningar för beroendeanalysen som genomfördes i detta arbete.

De flesta metoderna har någorlunda liknande arbetsgång där datainsamling och kartläggning utgör viktiga steg. Datainsamling är av större vikt för vissa av metoderna, input-output modellerna i synnerhet, då dessa kräver stora mängder kvantitativ data för att kunna tillämpas med tillfredsställande resultat. Detta togs i beaktande vid valet av metod, med hänsyn till tidsramen för detta arbete. Se kapitel 4 för beskrivning av metodvalet.

4 Metodval

I detta kapitel väljs beroendeanalysmetoden för fallstudien ut. En kravspecifikation över vilka designkriterier metoden ska uppfylla ställs upp och de beroendeanalysmetoder som framkom under litteraturstudien utvärderas utifrån denna. Med metoden utvald modifieras den för att bättre passa den privata tillverkningsindustrin.

4.1 Kravspecifikation

Valet av metod för beroendeanalys gjordes med hjälp av metodutvecklingsprocessen som beskrevs i avsnitt 2.4.1. Det första steget i metodutvecklingsprocessen, inhämtning av bakgrundskunskap, presenterades i kapitel 3. Det andra steget i processen utgörs av att definiera syftet med beroendeanalysmetoden. Syftet med metoden är att, på ett tillfredsställande och överskådligt vis, kartlägga och analysera beroenden för ett företag inom den privata tillverkningsindustrin. I det tredje steget av metodutvecklingsprocessen ska metodens designkriterier specificeras. Dessa kriterier har formulerats i dialog med Volvo Personvagnar och redovisas i kravspecifikationen nedan:

- Metoden ska tillåta en sådan detaljnivå att flöden mellan fabriker kan definieras utifrån vilka typer av komponenter som skickas. Kategorisering endast i form av att komponenter skickas uppfyller inte kravet. Volvo Personvagnar har efterfrågat möjligheten att analysera hur bortfall av utvalda flöden och processer påverkar produktionen överlag, varför detta krav ställs. Denna information är tänkt att användas som beslutsstöd i riskhanteringsprocessen.
- Metoden ska kunna hantera ett litet antal aktörer då beroendeanalysen endast ska inbegripa ett fåtal produktionsanläggningar. Följaktligen behöver metoden ej möjliggöra analys av ett större antal aktörer. Det låga antalet anläggningar är en konsekvens av examensarbetets avgränsningar.
- Metoden behöver ej kunna hantera komplexa nätverk liksom de i en kommun eller region. Detta på grund av det låga antalet anläggningar och att flödet av komponenter mellan anläggningar är förhållandevis linjärt.
- Metoden ska inte ställa krav på en alltför stor tillgång till data. Detta krav ställs för att underlätta tillämpning av metoden och med hänsyn till examensarbetets tidsram.
- Metoden ska generera tydliga resultat och möjliggöra visualisering av beroenden på ett effektivt och lättöverskådligt sätt. Detta har efterfrågats av Volvo Personvagnar för att på ett enkelt sätt kunna förevisa och beskriva flödet av komponenter i produktionskedjan.
- Metoden ska kunna hantera olika tidsperspektiv och möjliggöra analys upp till och med en månads tid, i enlighet med önskemål från Volvo Personvagnar.

4.2 Utvärdering av metoder

Input-output modellerna IIM och IT-IIM innehåller ett antal faktorer som talar emot användningen av dessa metoder i fallstudien. Metoderna är främst anpassade för tillämpning på en nationell nivå för att studera utbytet av varor och tjänster mellan olika ekonomiska sektorer. Som en konsekvens av detta bygger användandet av metoderna på en tillgång till stora mängder kvantitativ data vilket tidsramarna för detta examensarbete ej tillät insamling av.

Ett ytterligare problem med dessa metoder är att de är främst anpassade för längre tidsperspektiv upp mot ett år, vilket överskrider det ställda kravet på en månad (Johansson et al., 2012). Det långa tidsperspektivet bedömdes kunna utgöra problem vid analys av de kortare och mer frekventa avbrotten på några timmar som förekommer inom tillverkningsindustrin. Följaktligen bedömdes dessa metoder för beroendeanalys som ej lämpliga för detta examensarbete.

ARM-metoden framtagen av ÖCB är avsedd för stora företag såsom Volvo Personvagnar men bygger liksom input-output modellerna på en allt för omfattande tillgång till data. ARM-metoden inbegriper bland annat en grundlig genomgång och analys av de underleverantörer som står för externa flöden. Underleverantörer till Volvo Personvagnar ingick ej i fallstudien då analys av dessa bedömdes kräva för mycket tid för datainsamling.

MSB:s metod för beroendeanalys bedömdes inte vara aktuell för fallstudien i detta examensarbete då metoden främst är avsedd för kartläggning av beroenden och ej för analys av dessa. Ytterligare en nackdel med denna metod är att flöden delas in i kategorier som infrastruktur, personal, information och så vidare (MSB, 2009). Denna kategorisering av flöden bedömdes försvåra visualisering och analys av flödet av komponenter då indelningen är förhållandevis grov. Kategoriseringen bedömdes också försvåra analyser av hur bortfall av specifika flöden och processer påverkar produktionen överlag. Till följd av detta ansågs inte metoden uppfylla de krav på detaljnivå och analysmöjligheter som ställdes i kravspecifikationen, varför denna metod valdes bort.

LUCRAM- metoden uppgavs vara anpassningsbar för att kunna användas på allt mellan den enskilde aktörens nivå upp till nationell nivå (Johansson et al., 2013). Metoden föreföll också förhållandevis enkel att modifiera till att bättre passa privat sektor. Till följd av detta valdes LUCRAM-metoden som utgångspunkt för beroendeanalysen i detta arbete. För att bättra passa den privata tillverkningsindustrin modifierades metoden, vilket beskrivs nedan.

4.3 Modifiering av metod

Då LUCRAM-metoden är avsedd för tillämpning inom offentlig sektor och på kommunal nivå modifierades metoden för att bättre passa privat tillverkningsindustri. Arbetsgången baserades på den som beskrevs av Johansson och Åhsberger (2012). Vissa steg i arbetsgången, som främst var relevanta för tillämpning på kommunal nivå, har modifierats eller tagits bort.

Den ursprungliga arbetsgången bygger på identifiering av samhällsfunktioner som olika aktörer bidrar till att upprätthålla (Johansson & Åhsberger, 2012). Dessa samhällsfunktioner ansågs ej vara relevanta för detta arbete eftersom det som eftersträvades var tillverkning och leverans av komponenter. Detsamma gäller specificeringen av respektive aktörs mål då verksamhetens övergripande mål, det vill säga produktionen av bilar, är av större intresse och alla produktionsanläggningar bidrar till att nå detta mål.

Den resulterande arbetsgången beskrivs nedan:

1. Ta fram verksamhetens värdeord. Om verksamheten har flera värdeord, fokusera på de som är mest relevanta.
2. Definiera indikatorer. En indikator definieras som en mätbar egenskap knuten till ett eller flera värdeord.

3. Identifiera anläggningar. I detta steg ska företagets anläggningar sammanställas.
4. Val av anläggningar. Här sker ett urval och avgränsning av vilka av företagets anläggningar som ska ingå. Detsamma gäller för underleverantörer.
5. Kartlägg anläggningarnas processer samt deras in- och utgående flöden. I detta steg ska anläggningarnas påverkan på och beroende av flöden undersökas. Påverkan och beroende ska bedömas utifrån olika tidsperspektiv. Vilka processer som utförs inom anläggningarna ska också tas fram i syfte att sammankoppla dessa med de olika flödena.
6. Verksamhetsövergripande aggregering. I detta steg sammanställs den tidigare insamlade informationen för att generera en helhetsbild över den analyserade organisationens beroenden och kopplingar mellan olika anläggningar och deras processer.

Med detta är metoden för beroendeanalys vald och modifierad. Beroendeanalysen utfördes i form av en fallstudie vilken redovisas i nästa kapitel.

5 Fallstudie

Beroendeanalysen utfördes i form av en fallstudie av Volvo Personvagnar AB. Nedan ges en kort presentation av företaget och deras verksamhet. Efter detta beskrivs hur datainsamling och beroendeanalys genomfördes.

5.1 Volvo Personvagnar AB

Volvo Personvagnar AB (Volvo Car Corporation) ingick i den svenska koncernen Volvo Group fram till 1999 då det köptes upp av Ford Motor Company (Volvo, 2014). Sedan 2010 ägs Volvo Personvagnar AB av det kinesiska företaget Zhejiang Geely Holding Group. Varumärket Volvo ägs gemensamt av Volvo Personvagnar AB och Volvo Group genom företaget Volvo Trademark Holding AB. I dagsläget har Volvo Personvagnar AB produktionsanläggningar i Sverige, Belgien, Kina, Malaysia samt design- och försäljningskontor i Spanien och USA (Volvo, 2014). Volvo Personvagnar AB säljer i genomsnitt 450 000 bilar årligen världen över varav 12 % i Sverige. Dessa 12 %, det vill säga cirka 50 000 bilar, motsvarar en marknadsandel på 20 % av den svenska marknaden (Volvo, 2014).

Processen mellan utveckling och leverans till återförsäljare av Volvos personbilar består av sju steg. Processen inleds med att Research and Development (R&D) utvecklar och designar en modell varefter Purchasing bedömer vilka komponenter som behövs och inhandlar dessa från Suppliers. Material, Planning and Logistics (MP&L) sörjer för leverans av komponenter från Suppliers och produktionsanläggningar till Volvo Cars Manufacturing (VCM). Efter att VCM producerat bilen tar MP&L vid igen och levererar denna vidare till återförsäljare. Processen åskådliggörs i figur 2 nedan.



Figur 2. Från utveckling till återförsäljare.

På västra Hisingen i Göteborg ligger Torslandaverken som inhyser Volvo Personvagnars huvudkontor och administrationscenter (Volvo, 2014). Produktionsanläggningen Volvo Cars Torslanda (VCT) är också belägen här. VCM, i figur 2 ovan, utgörs av VCT i Göteborg, Volvo Cars Body Components (VCBC) i Olofström, Volvo Cars Engine (VCE) i Skövde och en produktionsanläggning i Floby. I VCT tillverkas vissa komponenter men cirka 75 % av de komponenter som används levereras från andra anläggningar i Sverige. Till VCT levereras plåtkomponenter från VCBC i Olofström och motorer från VCE i Skövde. Med dessa komponenter samt en rad andra från Floby och diverse underleverantörer färdigställs Volvos personbilar i VCT.

5.2 Tillämpning av metod

Det första steget i beroendeanalysmetoden utgörs av att ta fram företagets värdeord. Då detta arbete kretsar kring riskhantering och företagets övergripande värdeord är en aning generella valdes de värdeord som Volvo Personvagnars avdelning för riskhantering, Corporate security and risk management, strävar efter; ”att proaktivt säkra en global störningsfri operation”. En relevant indikator för detta värdeord bedömdes vara ”antal bilar producerade per dag”. Ju fler bilar producerade per dag, desto mindre störningar i operationen. Antal bilar producerade per dag är i sin tur beroende av antalet komponenter som produceras och inhandlas.

I det tredje steget i metoden sammanställs företagets anläggningar; Volvo Personvagnar hade i skrivande stund produktionsanläggningar i Sverige, Belgien, Kina och Malaysia. Detta arbete avgränsades i och med steg fyra till att inbegripa tre produktionsanläggningar belägna inom Sverige, i enlighet med önskemål från Volvo Personvagnar. Anläggningarna som ingår i beroendeanalysen har anonymiserats och refereras till som anläggning A, B och C.

Information om processer och flöden nödvändiga för kartläggningen i steg fem samlades in genom en enkätstudie, se avsnitt 5.3 nedan. Med hjälp av resultaten från enkätstudien visualiserades och analyserades produktionsanläggningarnas beroenden. Detta gjordes med hjälp av ett analysverktyg implementerat i beräkningsprogrammet MATLAB. Analysverktyget togs fram av Améen och Andersson (2013) i examensarbetet *Beroendeanalys ur ett flödesperspektiv – Utveckling av analysverktyg* och underlättar visualisering av produktionsanläggningarna och deras beroenden. Den möjliggör också modellering och simulering av olika störningar och kan användas för att undersöka vilket flöde eller process som är det mest kritiska inom organisationen. För fullständig beskrivning av analysverktyget och koden bakom detta hänvisas till det tidigare nämnda examensarbetet.

5.3 Datainsamling

Datainsamling gjordes genom en enkätstudie vilken förklaras nedan, för enkäten i sin helhet, se bilaga A. Enkätstudien gjordes med enkätverktyget FluidSurveys (www.fluidsurveys.se) och bestod som mest av 23 frågor. Antalet frågor varierade med antalet svar som angavs i de inledande frågorna. I de inledande frågorna efterfrågades de viktigaste processerna som utförs i anläggningen som intervjupersonen arbetar vid samt de viktigaste in- och utgående flödena. Svaren som lämnades på dessa frågor kopplades sedan ihop för att bilda nya frågor.

Med ingående flöden avses komponenter som levereras till anläggningen som karosser, kolvar och liknande, övrig materiel som krävs för produktion samt supportprocesser som tryckluft, IT, elektricitet, kylning, processvätska etc. Med processer avses exempelvis bearbetning av cylinderhuvuden, intern logistik, färdigställning av bil etc. Utgående flöden utgörs av komponenter som levereras till andra anläggningar, färdigställda bilar som levereras till återförsäljare och övrig materiel som skickas från anläggningen.

Antalet processer samt in- och utgående flöden begränsades till tio stycken per kategori, det vill säga högst 30 svar totalt. Denna avgränsning gjordes för att göra enkäten mer överskådlig och minska tidsåtgången för ifyllnad. Som en konsekvens av detta kan anläggningar med många olika processer/flöden behöva slå samman dessa för att inrymma de viktigaste i enkäten. Ett exempel på detta är tillverkningen av motorer som består av ett flertal olika tillverkningssteg men som i enkäten kan sammanfogas till endast en process, förslagsvis benämnd ”tillverkning av motorer”.

Efter de inledande frågorna ombads intervjupersonerna uppskatta vilken funktionsnedsättning respektive process erfar vid bortfall av olika ingående flöden. Antalet ingående flöden som tidigare angetts avgör antalet frågor av denna typ. Svaren ska ges utifrån fem olika tidsperspektiv som varierar mellan två timmar upp till en månad. I Johanssons och Åhsbergers (2012) enkätstudie användes tidsperspektiv upp till och med ett år, men i enlighet med önskemål från Volvo Personvagnar användes i detta arbete ett kortare perspektiv. En månad valdes därför som den längsta avbrottstiden att studera.

Ett exempel på denna fråga är om det ingående flödet elektricitet avstannar, i vilken utsträckning påverkas processen tillverkning av komponent X? Denna fråga syftar till att ge en bild av vilka ingående flöden som respektive process är beroende av och hur starka dessa beroenden är. För att svara på frågan ombads intervjupersonerna använda svarsalternativen i tabell 2 nedan. Svarsalternativen är baserade på de som användes i Johanssons och Åhsbergers (2012) enkätstudie.

Tabell 2. Svarsalternativ i enkätstudien avseende ingående flöden (Johansson & Åhsberger, 2012).

Svarsalternativ	Innebörd
0 %	Ingen påverkan. Processen fortlöper oavsett om flödet avstannar
1-25 %	Liten påverkan. Processen påverkas endast marginellt
26-50 %	Medelstor påverkan. Processen kan upprätthållas men med vissa begränsningar
51-75 %	Stor påverkan. Endast en mindre del av processen kan upprätthållas
76-99 %	Mycket stor påverkan. Processen påverkas avsevärt om flödet inte kan upprätthållas
100 %	Processen avstannar helt om flödet inte kan upprätthållas

Efter dessa frågor ombads intervjupersonerna uppskatta vilken grad av funktionsnedsättning varje utgående flöde erfar vid bortfall av respektive process. Antalet utgående flöden som intervjupersonen angett i tidigare frågor bestämmer antalet frågor av denna typ. Svaren ska, liksom i tidigare fråga, ges utifrån olika tidsperspektiv.

Ett beskrivande exempel för denna fråga är, om processen ”tillverkningen av motorblock” avstannar, hur allvarlig blir funktionsnedsättningen för det utgående flödet ”leverans av motorblock”? Har anläggningen exempelvis ett reservlager av motorblock som kan levereras medan reparationsarbete utförs finns möjlighet att funktionsnedsättning helt undviks under tiden detta lager räcker. På samma sätt kan det finnas en acceptabel nertid som processen kan avstanna utan konsekvenser. Saknas förebyggande åtgärder kan funktionsnedsättningen snabbt bli omfattande. För att ge jämförbara svar på frågan användes svarsalternativen i tabell 3 nedan. Svarsalternativen är baserade på de som användes i Johanssons och Åhsbergers (2012) enkätstudie.

Tabell 3. Svarsalternativ i enkätstudien avseende processer (Johansson & Åhsberger, 2012).

Svarsalternativ	Innebörd
0 %	Ingen påverkan. Flödet fortsätter fungera oavsett om processen kan utföras
1-25 %	Liten påverkan. Flödet påverkas endast marginellt
26-50 %	Medelstor påverkan. Flödet kan upprätthållas men med vissa begränsningar
51-75 %	Stor påverkan. Endast en mindre del av flödet kan upprätthållas
76-99 %	Mycket stor påverkan. Flödet påverkas avsevärt om processen inte kan utföras
100 %	Flödet avstannar helt om processen inte kan utföras

Till varje fråga gavs möjlighet att lämna kommentarer om intervjupersonen ville ge mer information, utveckla sina svar eller förklara hur de resonerat. I dessa kommentarer uppmanades intervjupersonerna också ange om förebyggande åtgärder förekom. Detta gjordes för att samla information om vilka förebyggande åtgärder som finns och för att undersöka var det finns utrymme för förbättring. Frågan

syftade också till att säkerställa att intervjupersonerna hade dessa förebyggande åtgärder i åtanke när de besvarade enkäten. Om förebyggande åtgärder finns bör de valda svarsalternativen gällande funktionsnedsättningar reflektera detta.

Med hjälp av frågorna i enkätstudien erhålls en bild av vilka ingående och utgående flöden som finns, vilka processer som utförs inom anläggningen och hur dessa tre delar påverkar varandra. Med enkätsvar från personer vid olika anläggningar sammanställs svaren för att kartlägga beroenden mellan Volvo Personvagnars produktionsanläggningar. Genom att sammankoppla svar från olika anläggningar kan beroenden kartläggas, inte bara mellan anläggningarna, utan också mellan processer i olika anläggningar.

En fördel med att tillfråga personer vid olika anläggningar är att olika uppfattningar om beroenden kan upptäckas. Verksamhetsföreträdare tenderar att överskatta den egna verksamhetens betydelse för dem som är beroende av den, varför det är viktigt att jämföra svar från olika personer för att erhålla en mer korrekt bild av dessa beroenden (Setola & De Porcellinis, 2008).

I enkätstudien ingick tolv intervjupersoner från tre ansvarsområden och tre produktionsanläggningar inom Volvo Personvagnar. Dessa ansvarsområden var logistikansvariga, avdelningschefer och fabrikschefer. Fyra av dessa personer representerade anläggning A, två stycken representerade anläggning B och sex stycken representerade anläggning C.

5.4 Bearbetning av insamlad data

Resultatet från enkätstudien analyserades med hjälp av analysverktyget framtaget av Améen och Andersson (2013). Verktyget underlättar aggregering och analys av de processer och flöden som angetts, vilket hade varit komplext och mycket tidskrävande att utföra för hand. Analysverktyget möjliggör också analys av beroenden utifrån de olika tidsperspektiv som använts i enkätstudien.

Av de tolv personer som valdes att ingå i enkätstudien inkom svar från nio stycken. Av dessa svar var sju stycken fullständiga. Fyra svar kom från anställda vid anläggning A, två från anläggning B och ett från anläggning C. Svaren i de två ofullständiga enkäterna användes ej i beroendeanalysen.

Innan datan från enkätstudien matades in i analysverktyget gjordes en gallring. Vissa av de processer och flöden som angavs var identiska, snarlika eller ej relevanta för beroendeanalysen. Dessa svar behövde anpassas eller utelämnas för att analysverktyget skulle generera ett tillfredsställande resultat. Denna gallring genomfördes också för att underlätta sammankoppling av utgående flöden från en anläggning med motsvarande ingående flöden i andra anläggningar.

I gallringen förekom främst fyra typer av svar som behövde modifieras, dessa fyra beskrivs nedan.

- Identiska eller likartade svar där två eller fler intervjupersoner angett samma process/flöde. Dessa flöden/processer slogs samman och ett genomsnitt togs av de angivna funktionsnedsättningarna. Vid behov avrundades genomsnittet uppåt för att vara konservativt.
- Svar med sammanslagning av två processer/flöden från en intervjuperson när en annan angett de som två separata svar. Exempel på detta är processen ”tillverkning av komponent A och B”, medan det i ett annat svar angivits som två processer; ”tillverkning av komponent A” och ”tillverkning av komponent B”. I detta fall ströks det första svaret, det vill säga

sammanslagningen, då detta svar antogs utgöra ett genomsnitt av de två processerna/flödena. De processer/flöden som det strukna svaret påverkade/påverkades av kopplades ihop med de två separata svaren. Användandet av de separata svaren bedömdes resultera i att mer korrekta värden skulle komma att erhållas i beroendeanalysen.

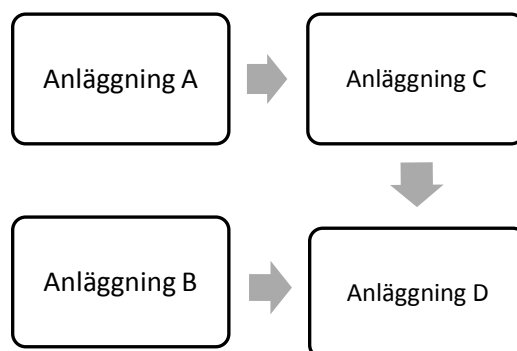
- Flöden och processer som inte var relevanta för beroendeanalysen. Exempel på detta är utgående flöden till anläggningar i Sverige som ej tillhör Volvo Personvagnar eller anläggningar utomlands, processer/flöden som inte knyter an till andra processer/flöden på ett relevant vis etc.
- Lokala flöden som återfinns i mer än en anläggning. Exempel på detta är elektricitet, reservdelar till tillverkningsmaskiner, förbrukningsmaterial och liknande. Dessa flöden är lokala och går inte mellan anläggningarna. För att hålla isär dessa flöden i indatafilen till analysverktyget gavs de namn efter den anläggning som de tillhör.

Totalt inkom 70 flöden och 30 processer vilka anpassats enligt ovanstående kriterier. Efter denna anpassning kvarstod 44 flöden och 25 processer. Flödenas och processernas namn har anonymiserats och refereras till som ”flöde 1”, ”flöde 2”, ”process 1” och så vidare.

5.5 Validering och användning av insamlad data

I syfte att validera de svar som erhållits och den gallring som utförts, hölls en workshop med två representanter från Volvo Personvagnar; Petter Berg från Corporate security and risk management och Henrik Brynzén från MP&L. Denna workshop syftade också till att sammankoppla utgående och ingående flöden för att bilda beroenden mellan anläggningarna.

Under workshoppen framgick det att den låga svarsfrekvensen från anläggning C i enkätstudien skulle innebära problem. Enkätsvaren visade att anläggning A och B skickar komponenter till anläggning C, vad som däremot inte framgick ur enkätsvaren, men som förklarades under workshoppen, var att komponenterna går till olika fabriker i anläggning C. Av denna anledning har anläggning C delats upp i två olika anläggningar; C och D. Det enkätsvaret som inkom avsåg vad som fortsättningsvis refereras till som anläggning D. Under workshoppen förklarades det att flödena från anläggning A främst går till anläggning C. Flödena från anläggning A till D är försumbart små. Från anläggning B, å andra sidan, skickas komponenter endast till anläggning D. Anläggning C har, i sin tur, utgående flöden till anläggning D. Figur 3 nedan åskådliggör beroenden mellan de olika anläggningarna.



Figur 3. Flödet av komponenter mellan produktionsanläggningarna.

I syfte att knyta ihop de olika anläggningarna och råda bot på den låga svarsfrekvensen genomfördes enkäten med de representanter som deltog i workshoppen. Workshopdeltagarna besvarade enkäten utifrån anläggning C:s perspektiv. Gällande sammankopplingen av anläggning A:s utgående flöden

och anläggning C:s ingående uppgavs 90 % av anläggning C:s ingående flöde ”flöde 30 ” komma från anläggning A. Av det ingående flödet ”flöde 31” uppgavs 99 % komma från anläggning A. På grund av de höga andelarna och den grova indelningen av svarsalternativ som användes i enkätstudien avrundades dessa siffror uppåt så att de två flödena från anläggning A utgjorde 100 % av motsvarande ingående flöden i anläggning C.

Under workshopen uppgavs 25 % av anläggning D:s ingående flöde ”flöde 36” utgöras av anläggning B:s utgående flöde ”flöde 14”. Enligt svaren från enkätstudien resulterar ett bortfall av detta flöde i 100 % funktionsnedsättning under alla tidsperspektiv för processerna i anläggning D. Detta bekräftades av workshopdeltagarna och uppgavs också gälla för resterande 75 % av de komponenter som ingår i flödet. På grund av detta, och för att sammankoppla anläggning B och D, delades detta flöde upp i två; ”flöde 36” och ”flöde 14”. ”Flöde 14” utövar samma påverkan på samma processer som det ursprungliga ingående flödet.

Under valideringen förklarades det att av anläggning B:s utgående flöden var det endast ”flöde 14” som skickades till anläggning D och som skickades i sådana kvantiteter att det var av intresse för beroendeanalysen. Ett annat flöde hade slutdestination utomlands och ströks följaktligen. Ytterligare två utgående flöden bedömdes inte heller vara av intresse av workshopdeltagarna och ströks då de inte ansågs knyta an till övriga processer och flöden på ett relevant sätt. Övriga flöden modifierades ej.

Ett störningsscenario efterfrågades av Volvo Personvagnar. Detta scenario utgörs av bortfall av anläggning A:s ingående flöde ”flöde 23”. Simulering av störningsscenarioet syftade till att ge svar på hur denna störning propagerar genom systemet, vilka anläggningar, flöden och processer det påverkar samt vilka funktionsnedsättningar det ger upphov till. Anläggning A pekades under workshopen ut som den mest kritiska produktionsanläggningen varför detta flöde var av särskilt intresse. Detta scenario simulerades med hjälp av analysverktyget.

Med workshop och validering avklarad fördes flödena, processerna och de tillhörande funktionsnedsättningar in i två indatafiler vilket sedan lästes in av analysverktyget. Indatafilen med flöden redovisas i bilaga B. På grund av att analysverktyget inte kan hantera intervall omvandlades svarsalternativen från enkätstudien, det vill säga procentskattningarna, till ett genomsnitt av värdena, se tabell 4 nedan (Améen & Andersson, 2013).

Tabell 4. Enkätfrågornas svarsalternativ och motsvarande indata i analysverktyget.

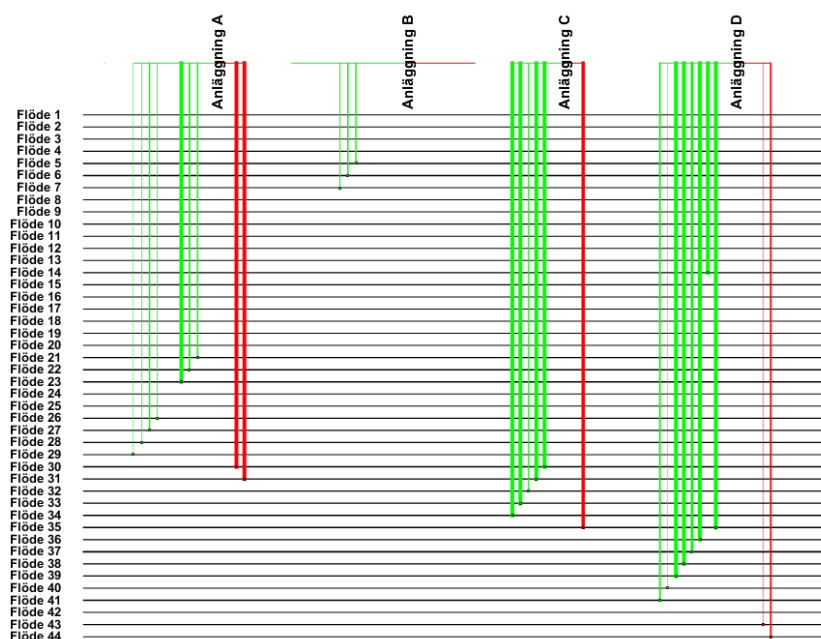
Svarsalternativ	Motsvarande indata
0 %	0
1-25 %	0,13
26-50 %	0,38
51-75 %	0,63
76-99 %	0,88
100 %	1

Med detta var steg fem i beroendeanalysmetoden avklarad. I nästa steg sammanställdes denna information för att skapa en helhetsbild över produktionsanläggningarna och deras beroenden, se kapitel 6.

6 Resultat

I detta kapitel genomförs en verksamhetsövergripande aggregering av resultatet från fallstudien. Detta är det sjätte och sista steget i den modifierade LUCRAM-metoden och syftar till att ge svar på frågeställningen hur beroendeförhållandena mellan Volvo Personvagnars produktionsanläggningar i Sverige ser ut. Resultatet presenteras i form av diagram skapade i MATLAB med analysverktyget framtaget av Améen och Andersson (2013).

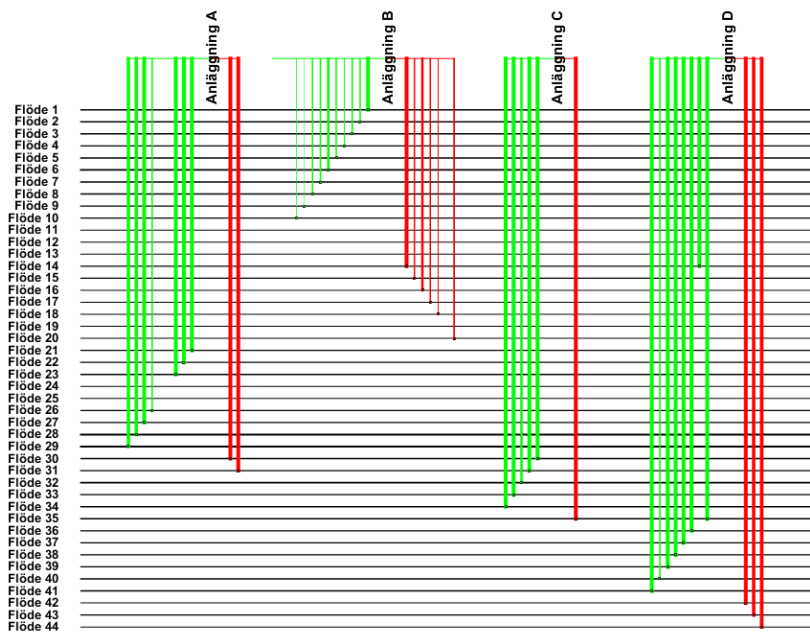
I figur 4 nedan åskådliggörs produktionsanläggningarna samt deras in- och utgående flöden. Gröna streck visar beroende av ingående flöden, och röda streck visar påverkan på utgående flöden. Tjockleken på dessa linjer varierar med styrkan i beroendet/påverkan. Tjockleken på de svarta linjerna, som utgår från respektive flöde, bestäms av antalet beroende anläggningar och hur starka dessa beroenden är. Styrkan i beroendet/påverkan baseras på de funktionsnedsättningar som angivits i enkätstudien. Eftersom dessa är angivna utifrån olika tidsperspektiv varierar grafens utseende beroende på vilket tidsperspektiv som studeras.



Figur 4. Verksamhetsövergripande aggregering för tidsperspektivet 0 – 2 timmar.

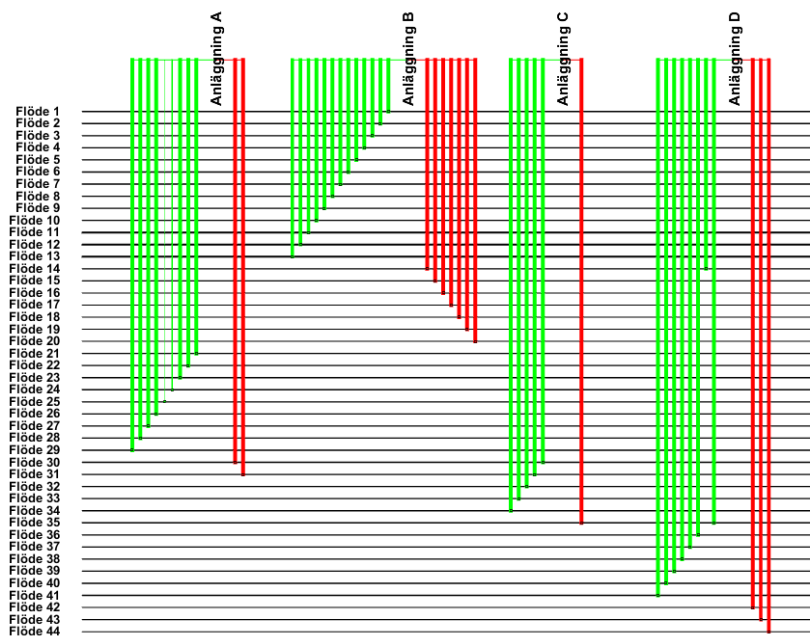
I figur 4 förefaller vissa flöden sakna en beroende/påverkande anläggning, detta beror dock på det valda tidsperspektivet, vissa flöden/processer påverkas inte av bortfall de första timmarna. Vid de senare tidsperspektiven framgår det tydligare vilka flöden som hör till vilken anläggning. Ur figuren framgår det också att anläggning C och D påverkas snabbare vid bortfall av deras ingående flöden än vad anläggning A och B gör i jämförelse.

Figur 5 nedan visar att anläggning B:s funktionsnedsättning inte blir omfattande lika snabbt som de övriga tre produktionsanläggningarnas. I detta tidsperspektiv, åtta timmar till ett dygn, är anläggning A, C och D snarlika.



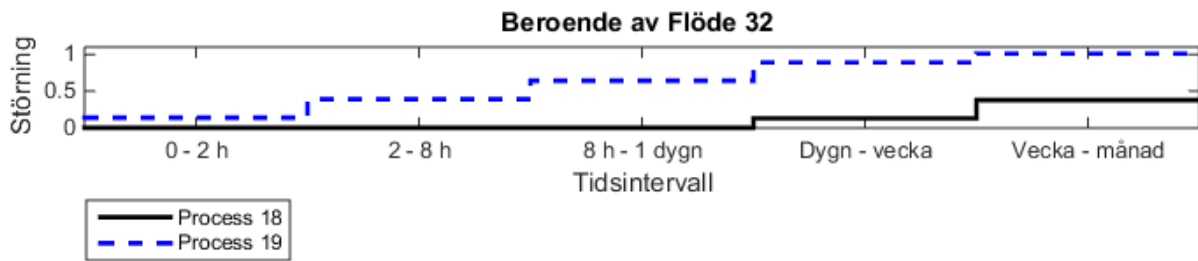
Figur 5. Verksamhetsövergripande aggregering för tidsperspektivet 8 timmar – 1 dygn.

I det längsta tidsperspektivet, en vecka till en månad, blir nästintill alla beroenden kritiska. Detta framgår ur figur 6 nedan och tydliggör att avbrott av denna magnitud är ohållbara, oavsett vilket flöde/process som drabbas.



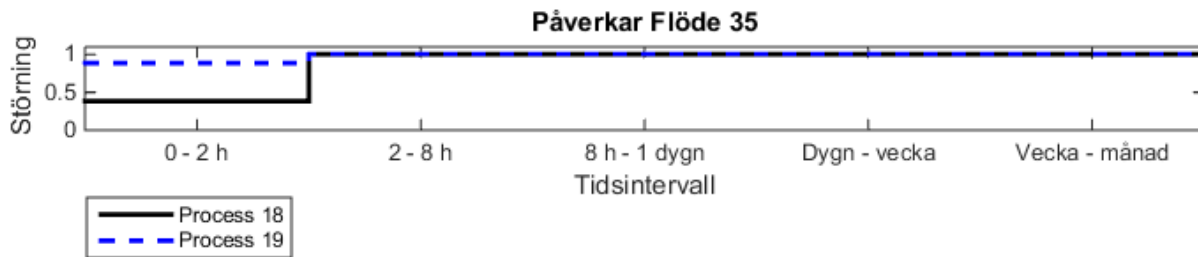
Figur 6. Verksamhetsövergripande aggregering för tidsperspektivet 1 vecka – 1 månad.

Nedan presenteras resultaten för respektive anläggning, det störningsscenario som efterfrågats samt en så kallad kritisk processanalys. För varje anläggning redovisas tre typer av diagram. Den första diagramtypen illustrerar hur en anläggnings processer påverkas över tid vid bortfall av respektive ingående flöde. Figur 7 nedan utgör ett exempel på detta. Påverkan mäts i hur allvarlig funktionsnedsättning respektive process erfar vid bortfall av det aktuella ingående flödet. Genom detta framgår vilka beroenden som finns mellan anläggningens ingående flöden och dess processer samt hur starka dessa beroenden är.



Figur 7. Exempel på diagramtyp ett.

Den andra diagramtypen bygger på samma princip som diagramtyp ett men visar istället hur en anläggningens utgående flöden påverkas över tid vid bortfall av respektive process, se figur 8 nedan.

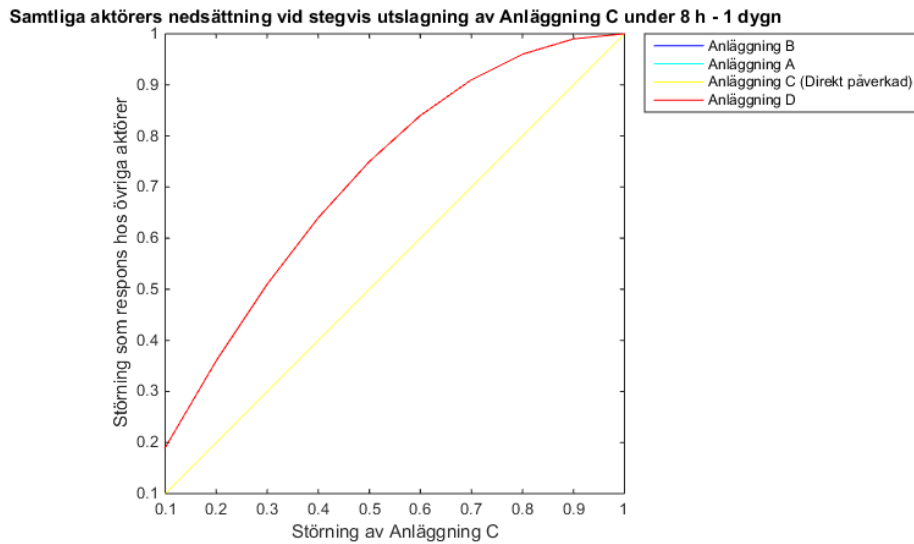


Figur 8. Exempel på diagramtyp två.

Figur 9 nedan utgör exempel på diagramtyp tre, vilket illustrerar hur övriga anläggningar påverkas då en utvald anläggning utsätts för en stegvis ökande funktionsnedsättning. 30 % funktionsnedsättning i en anläggning kan generera en funktionsnedsättning av 20 % i en annan anläggning de första två timmarna men kan förvärras drastiskt desto mer tiden lider, vilket denna typ av diagram åskådliggör.

Observera att dessa diagram kan genereras för olika tidsperspektiv och vilket som är aktuellt anges i diagrammets titel. Diagrammets x-axel anger den drabbade anläggningens funktionsnedsättning mellan 0 och 100 %. På samma sätt anger y-axeln de påverkade anläggningarnas funktionsnedsättningar.

En begränsning med diagramtyp tre är att påverkan endast visas för den anläggning som erfar störningen och de anläggningar som i produktionskedjan ligger efter denna. Detta beror på att de utgående flödena som angivits i enkätstudien endast går åt ett håll. Till följd av detta framstår anläggning A och B vara helt oberoende av varandra. Detta stämmer dock inte överens med verkligheten; även om anläggning B inte är direkt beroende av A kommer den ändå påverkas om denna erfar en störning då den inte kan fortsätta producera i sin normala takt. Om en anläggning erfar en störning informeras övriga anläggningar vilka anpassar sin produktion vederbörligen. Den valda beroendeanalysmetoden tar dock ej hänsyn till logiska beroenden varför denna information uteblir i diagrammen.

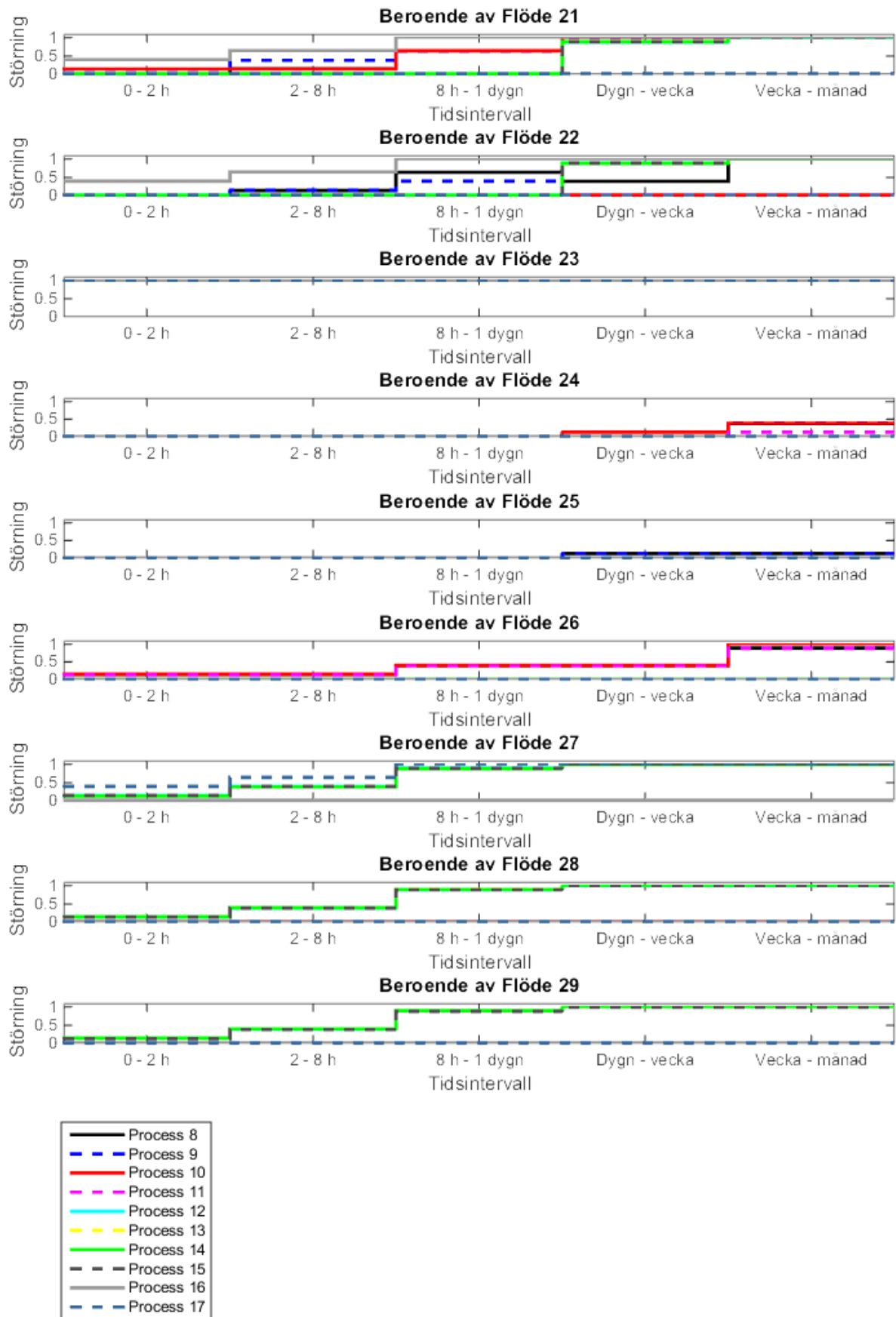


Figur 9. Exempel på diagramtyp tre.

6.1 Anläggning A

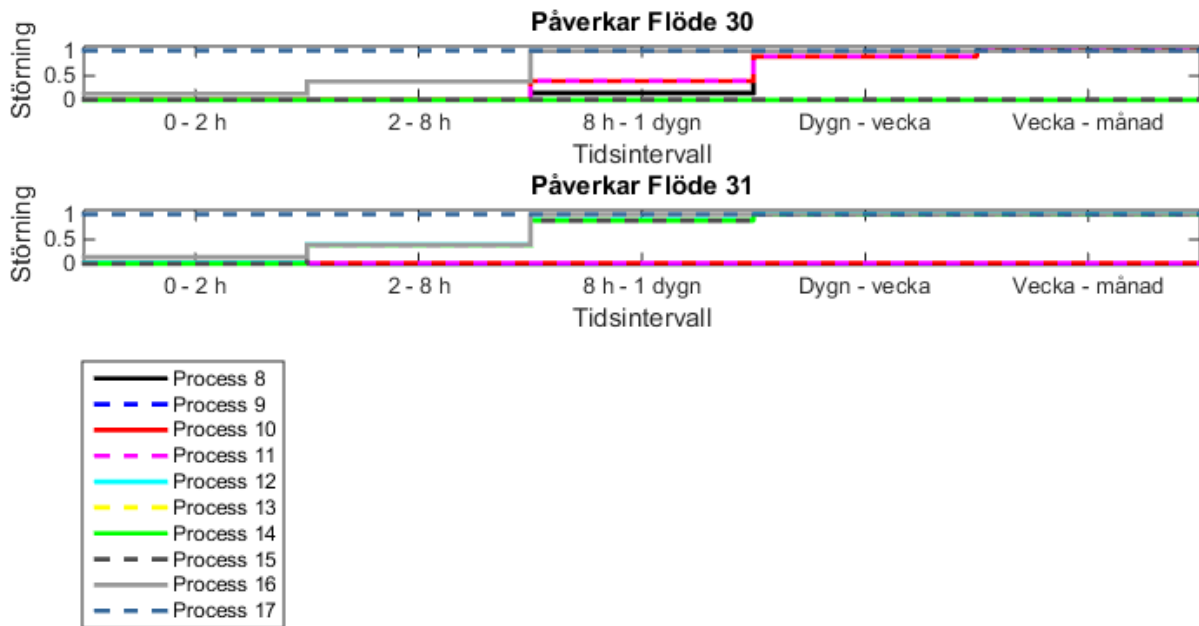
Figur 10 på nästa sida redovisar anläggning A:s ingående flödens påverkan på dess processer. Flödet ”flöde 23” utmärker sig som det mest kritiska flödet då det vid bortfall genererar totalt stopp för alla beroende processer. Bortfall av detta flöde utgör det störningsscenario som analyseras närmre i slutet av detta kapitel. På grund av det höga antalet processer är vissa funktionsnedsättningar svåra att utläsa ur graferna. Exempelvis angavs samma funktionsnedsättningar för processerna 12, 13, 14 och 15 i enkätstudien och följaktligen utgörs dessa av endast en kurva.

De ingående flödena 21, 22, 27, 28 och 29 är, efter flöde 23, anläggning A:s viktigaste flöden. Ett bortfall av något av dessa flöden genererar ingen funktionsnedsättning för processerna de första två timmarna men därefter ökar nedsättningen stegvis. De ingående flödena 24, 25 och 26 är mindre kritiska och tar längre tid än övriga flöden innan de genererar betydande funktionsnedsättningar.



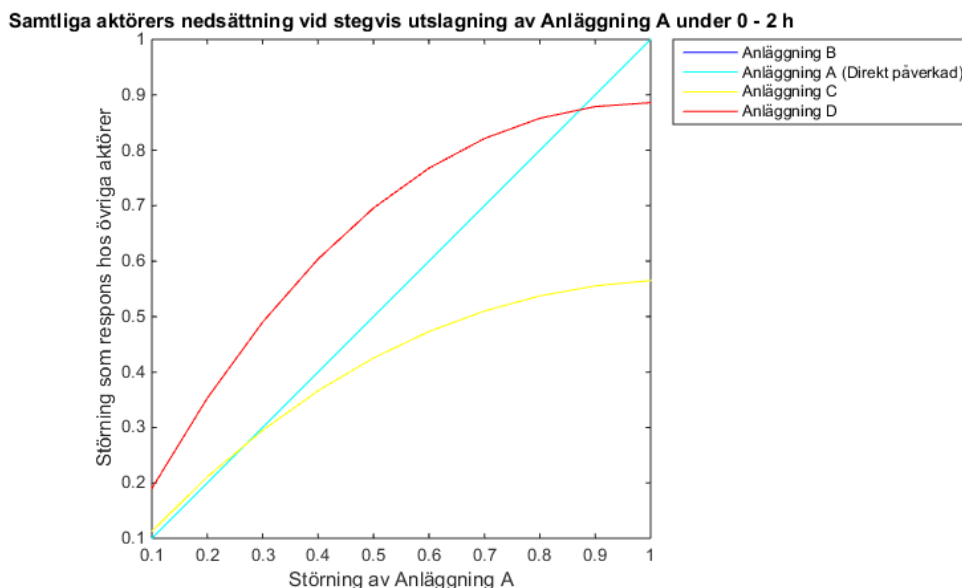
Figur 10. Anläggning A:s ingående flödens påverkan på dess processer.

Ur figur 11 nedan framgår det att process 17 är anläggning A:s mest kritiska process och ett bortfall av denna genererar direkt 100 % funktionsnedsättning för de båda utgående flöden. Process 16 utmärker sig som anläggning A:s näst viktigaste process och klargör att denna och process 17 är avgörande för anläggning A:s utgående flöden. Utöver detta visar figuren att flödet ”flöde 31” är aningen känsligare för störningar än ”flöde 30”.



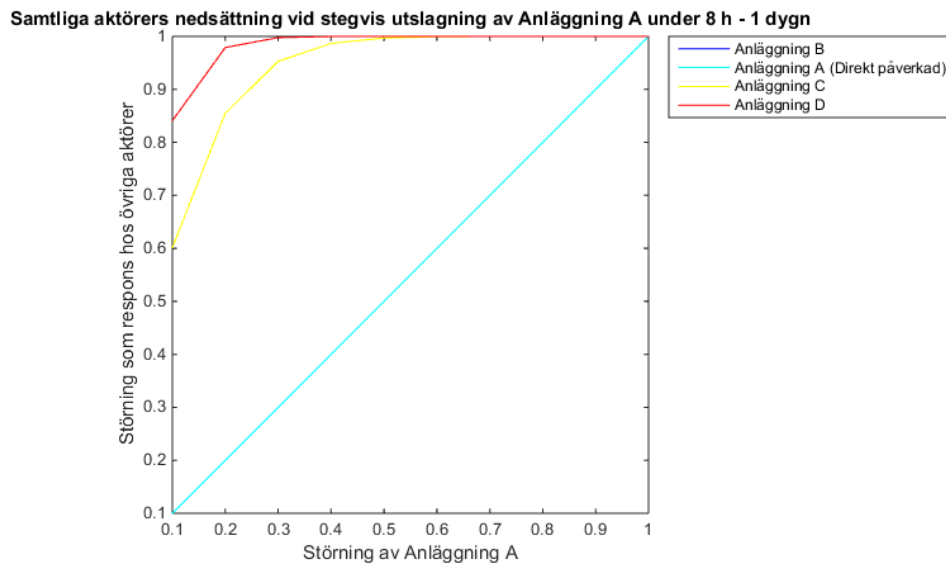
Figur 11. Anläggning A:s processers påverkan på dess utgående flöden.

Figur 12 nedan åskådliggör hur de andra produktionsanläggningarna påverkas när anläggning A utsätts för en stegvis ökande funktionsnedsättning under noll till två timmar. Rimligtvis torde anläggning C, som är direkt beroende av anläggning A, drabbas hårdast av funktionsnedsättningen. I figur 12 framgår det dock att anläggning D är den anläggning som drabbas hårdast vid en störning i anläggning A. Detta beror på att de funktionsnedsättningar som angivits i enkätstudien är högre för anläggning D än vad de är för anläggning C.



Figur 12. Effekter av stegvis funktionsnedsättning av anläggning A.

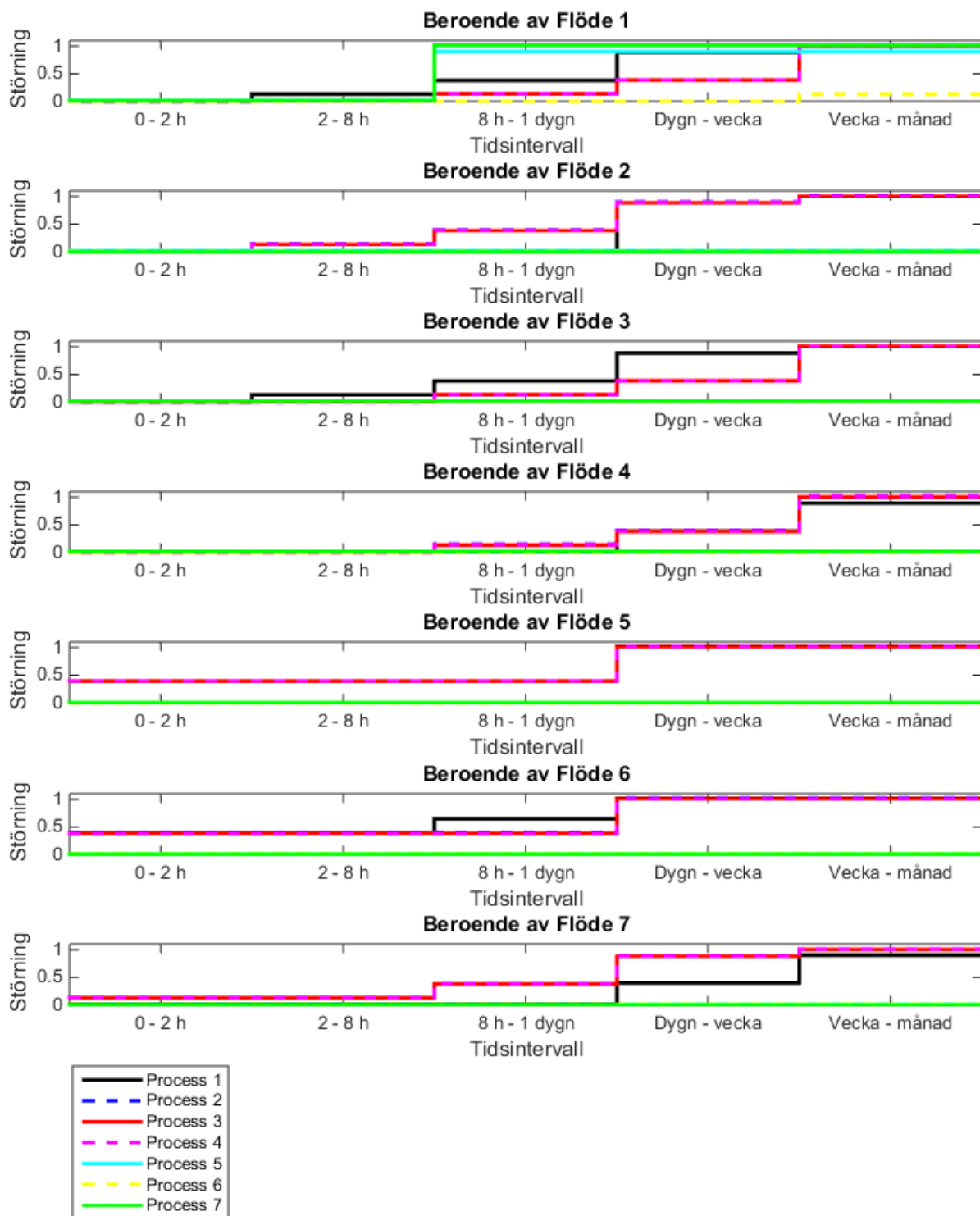
I figur 13 nedan, som visar tidsperspektivet åtta timmar till ett dygn, har påverkan på anläggning C och D ökat och avståndet mellan kurvorna för dessa har minskat. Efterföljande tidsperspektiv redovisas inte då graferna för dessa är mycket snarlika figur 13. Om anläggning A erfar en funktionsnedsättning om minst 20 % och som varar i åtta timmar eller mer kommer anläggning C och D drabbas av produktionsstopp.



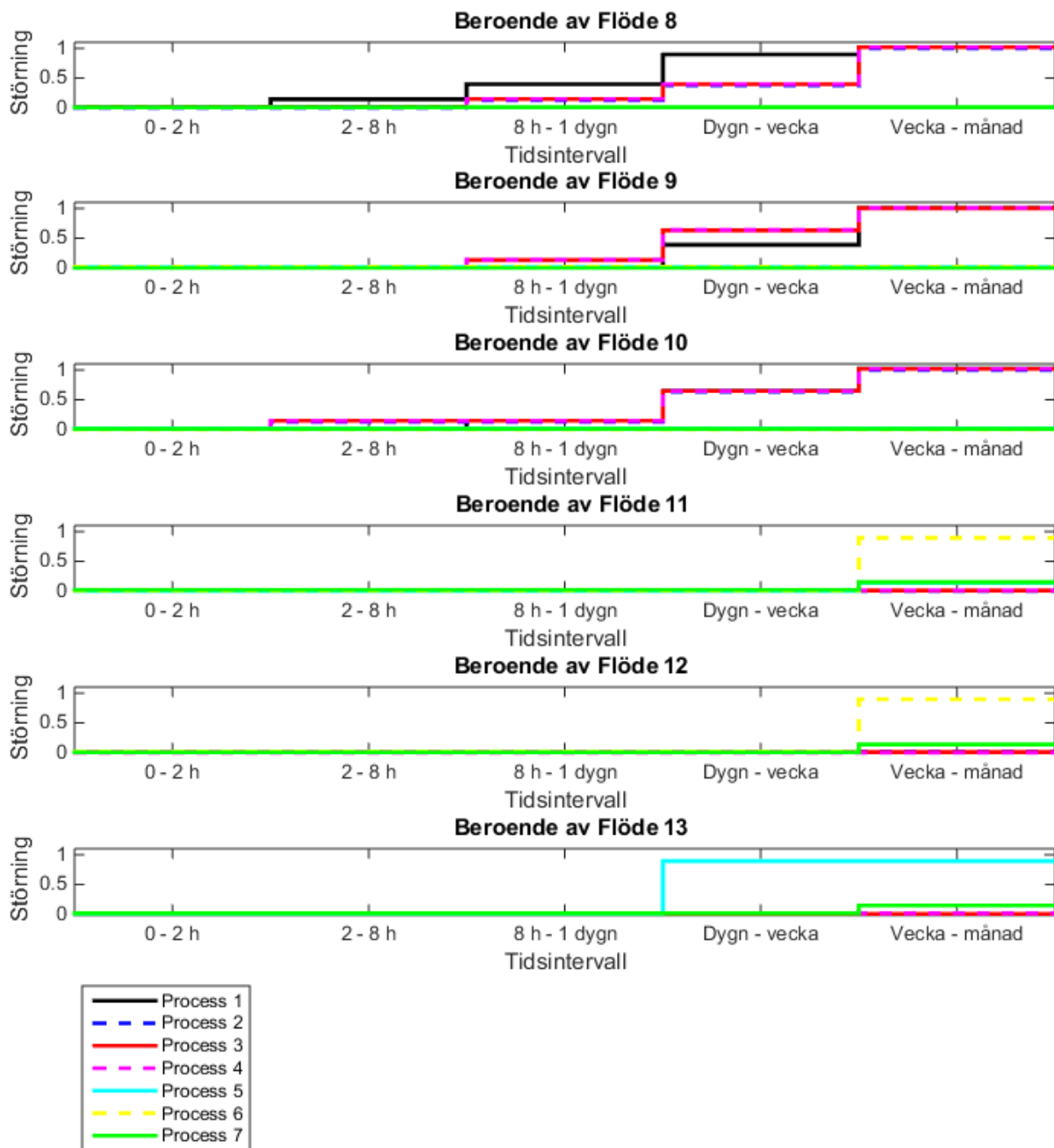
Figur 13. Effekter av stegvis funktionsnedsättning av anläggning A.

6.2 Anläggning B

På grund av att anläggning B har så pass många ingående flöden har dessa uppdelats i två figurer; figur 14 och figur 15. Ur dessa figurer framgår det att, i jämförelse med anläggning A, kan anläggning B uthärda störningar längre innan funktionsnedsättningarna blir alltför omfattande. Som kommentar i enkäten med flöde 11, 12 och 13 uppgavs dessa flöden beröra frågor kvartal eller år framåt i tiden. På grund av detta ansåg intervjupersonen att de valda tidsperspektiven var något korta. Detta förklarar den förhållandevis långa tiden till funktionsnedsättningar vid bortfall av dessa flöden. Utöver detta framgår det ur figureerna att ”flöde 5” och ”flöde 6” är de mest kritiska ingående flödena för anläggning B.

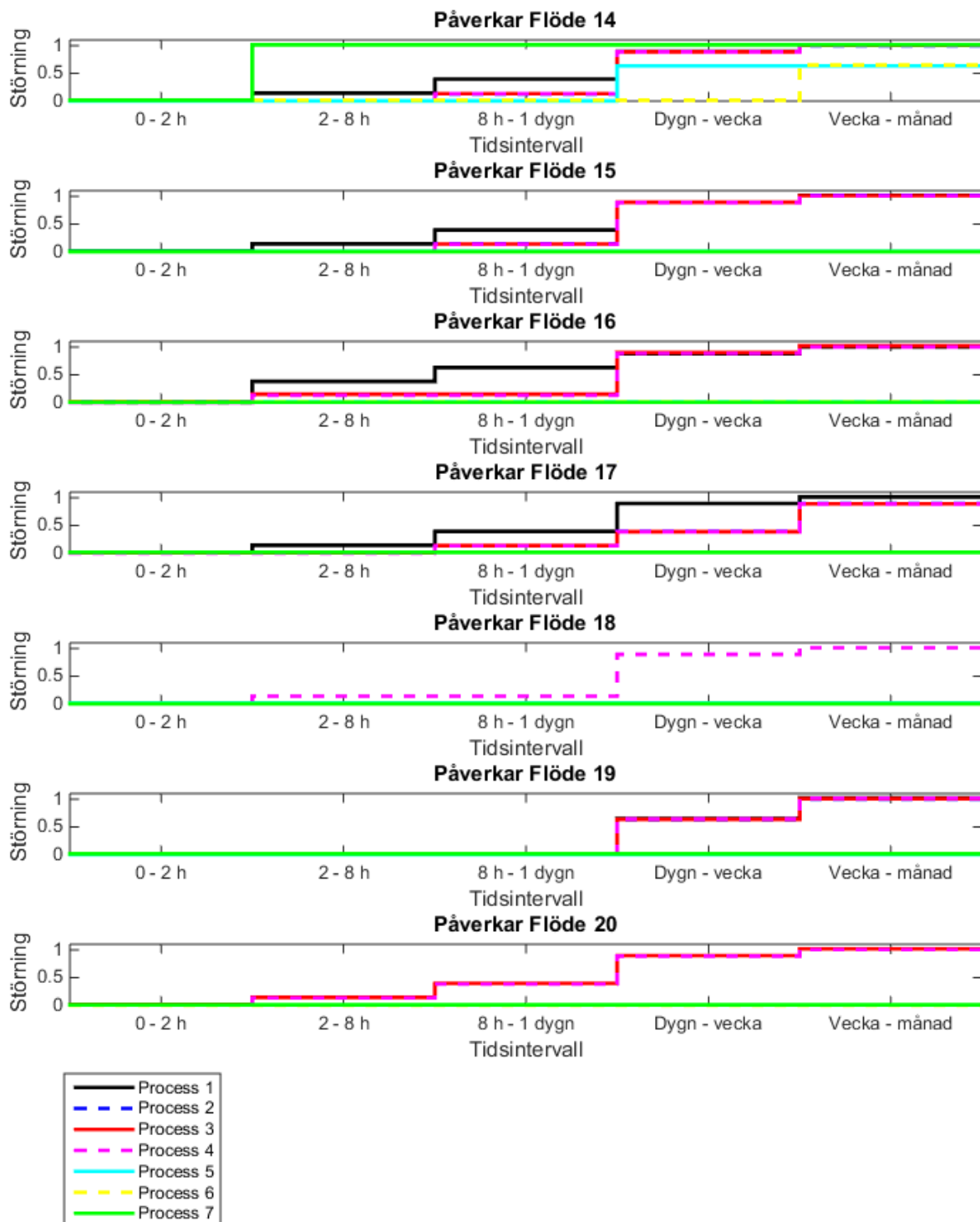


Figur 14. Sju av anläggning B:s totalt 13 ingående flödens påverkan på dess processer.



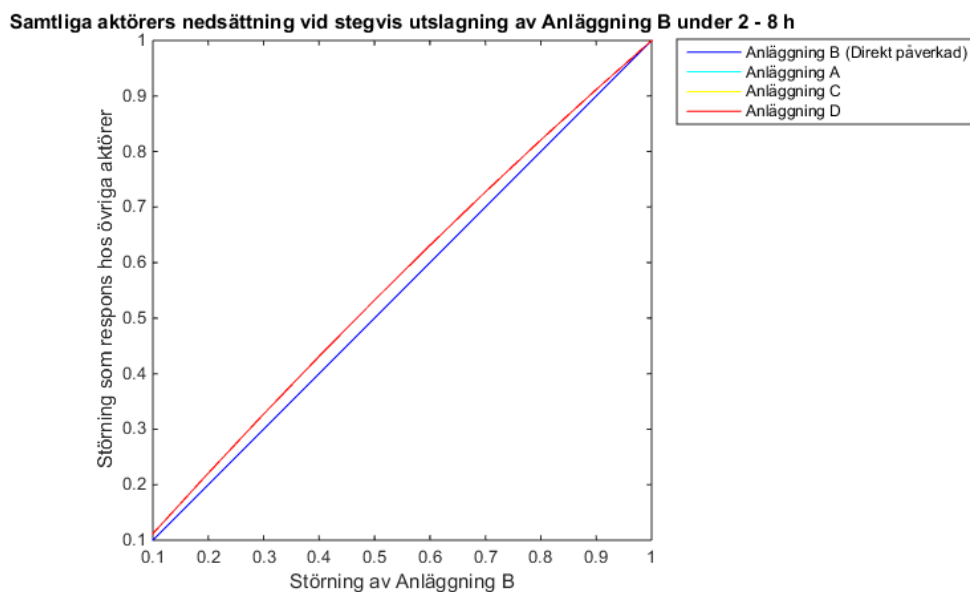
Figur 15. Anläggning B:s sex resterande ingående flödens påverkan på dess processer.

Figur 16 åskådliggör anläggning B:s processers påverkan på dess utgående flöden. Bortfall av ”process 7” under två till åtta timmar stoppar det utgående flödet ”flöde 14” helt och utmärker sig därigenom som anläggning B:s mest kritiska process. Till det utgående flödet ”flöde 19” gavs i enkäten kommentaren att ”detta är helt beroende på situation eftersom det kan stoppa produktion ganska snabbt men sällan kommer att ha stor konsekvens, dessutom är detta inte särskilt ofta förekommande, knappt att kalla flöde”. På grund av detta bedöms denna process som en av anläggning B:s minst kritiska. I övrigt förefaller processerna vara ungefär lika viktiga för produktionen.



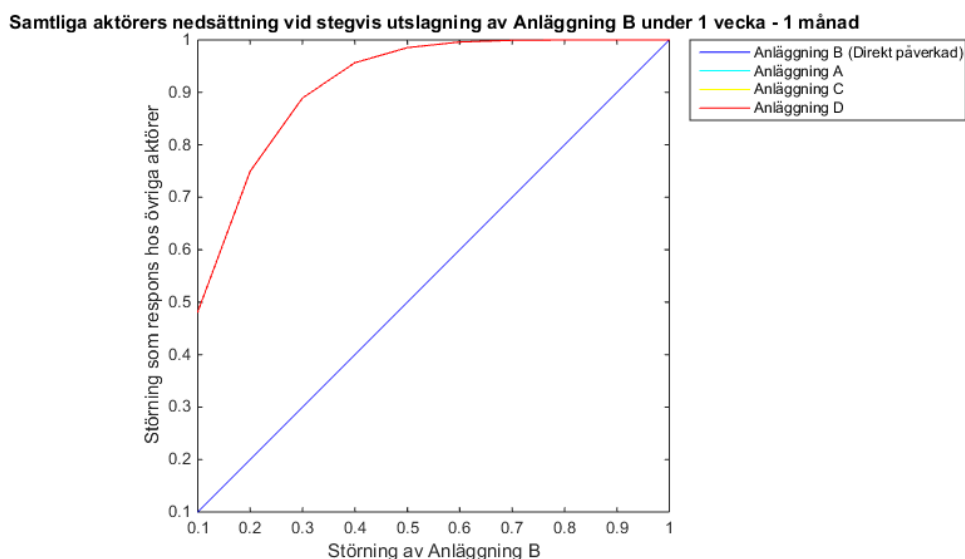
Figur 16. Anläggning B:s processers påverkan på dess utgående flöden.

Figur 17 på nästa sida visar responsen hos övriga anläggningar då anläggning B erfar en stegvis ökande funktionsnedsättning. Under de första två timmarna påverkas ingen annan produktionsanläggning varför detta tidsperspektiv ej redovisas. Därefter sprider sig störningen genom produktionskedjan. Den enda anläggningen som är direkt beroende av anläggning B är D, vilken är den enda som påverkas. Under tidsperspektivet två till åtta timmar är anläggning D:s funktionsnedsättning snarlik den som anläggning B erfar.



Figur 17. Effekter av stegvis funktionsnedsättning av anläggning B.

Figur 18 nedan visar hur funktionsnedsättningen utvecklas om den tillåts kvarstå längre än en veckas tid. Varken anläggning A eller C påverkas då de inte är direkt beroende av anläggning B men responsen hos anläggning D markant. Det är först när anläggning B:s funktionsnedsättning når cirka 55 % som anläggning D:s produktion avstannar helt.

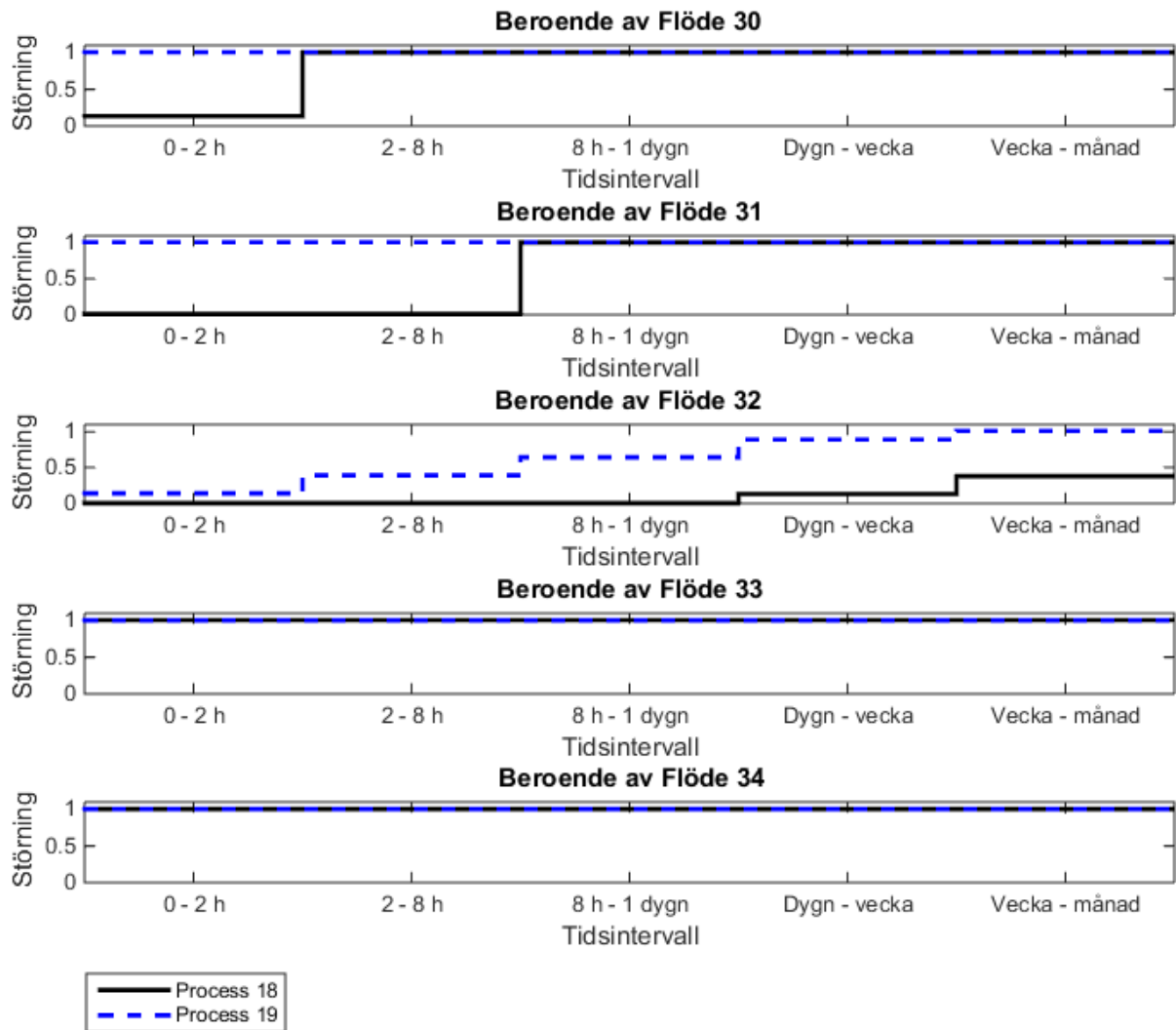


Figur 18. Effekter av stegvis funktionsnedsättning av anläggning B.

6.3 Anläggning C

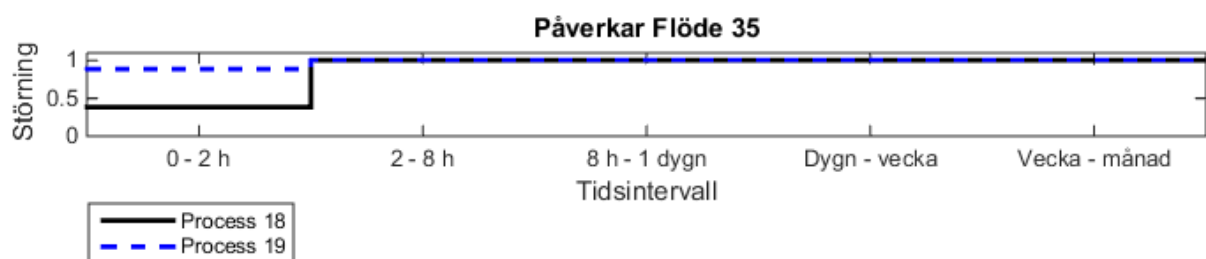
I figur 19 nedan illustreras anläggning C:s ingående flödens påverkan på dess processer. Flödena 33 och 34 är de mest kritiska då dessa genererar en omedelbar hundra procentig funktionsnedsättning vid ett eventuellt bortfall. Därefter följer flöde 30 och 31 från anläggning A som vid bortfall också genererar omedelbart stopp av produktion. ”Process 18” kan dock fortgå en viss tid utan dessa två ingående

flöden. Det minst kritiska ingående flödet utgörs av ”flöde 32”. Observera dock att detta fortfarande är ett viktigt flöde med potential att generera omfattande funktionsnedsättningar.



Figur 19. Anläggning C:s ingående flödens påverkan på dess processer.

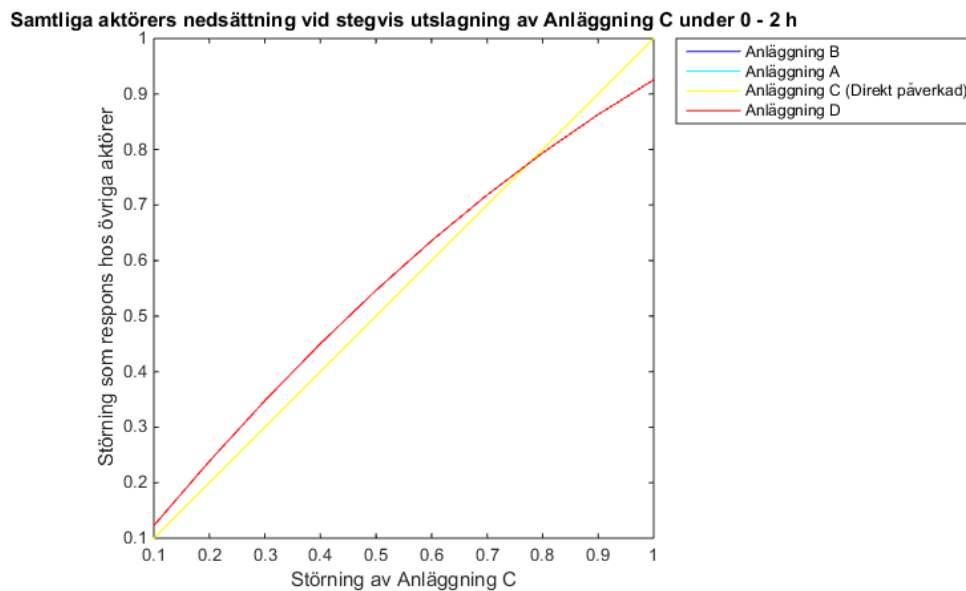
Figur 20 nedan åskådliggör anläggning C:s enda utgående flöde. Som tydligt framgår är flödet känsligt för störningar i anläggning C:s processer. ”Process 19” utgör den mest kritiska av processerna men båda av dessa kan snabbt föranleda stopp av produktionen.



Figur 20. Anläggning C:s processers påverkan på dess utgående flöde.

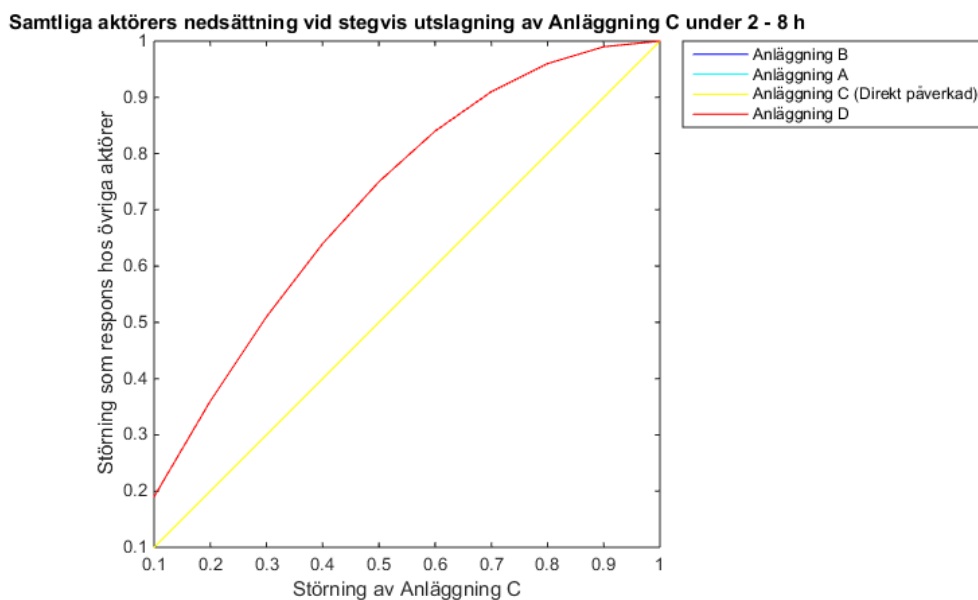
I figur 21 redovisas hur de andra produktionsanläggningarna påverkas när anläggning C utsätts för en stegvis ökande funktionsnedsättning. Precis som med nedsättningen av anläggning B är det endast anläggning D som påverkas då endast denna är direkt beroende av dessa anläggningar. Ur figur 21

framgår det att under de första två timmarna är anläggning D:s nedsättning snarlik den som anläggning C erfar.



Figur 21. Effekter av stegvis funktionsnedsättning av anläggning C.

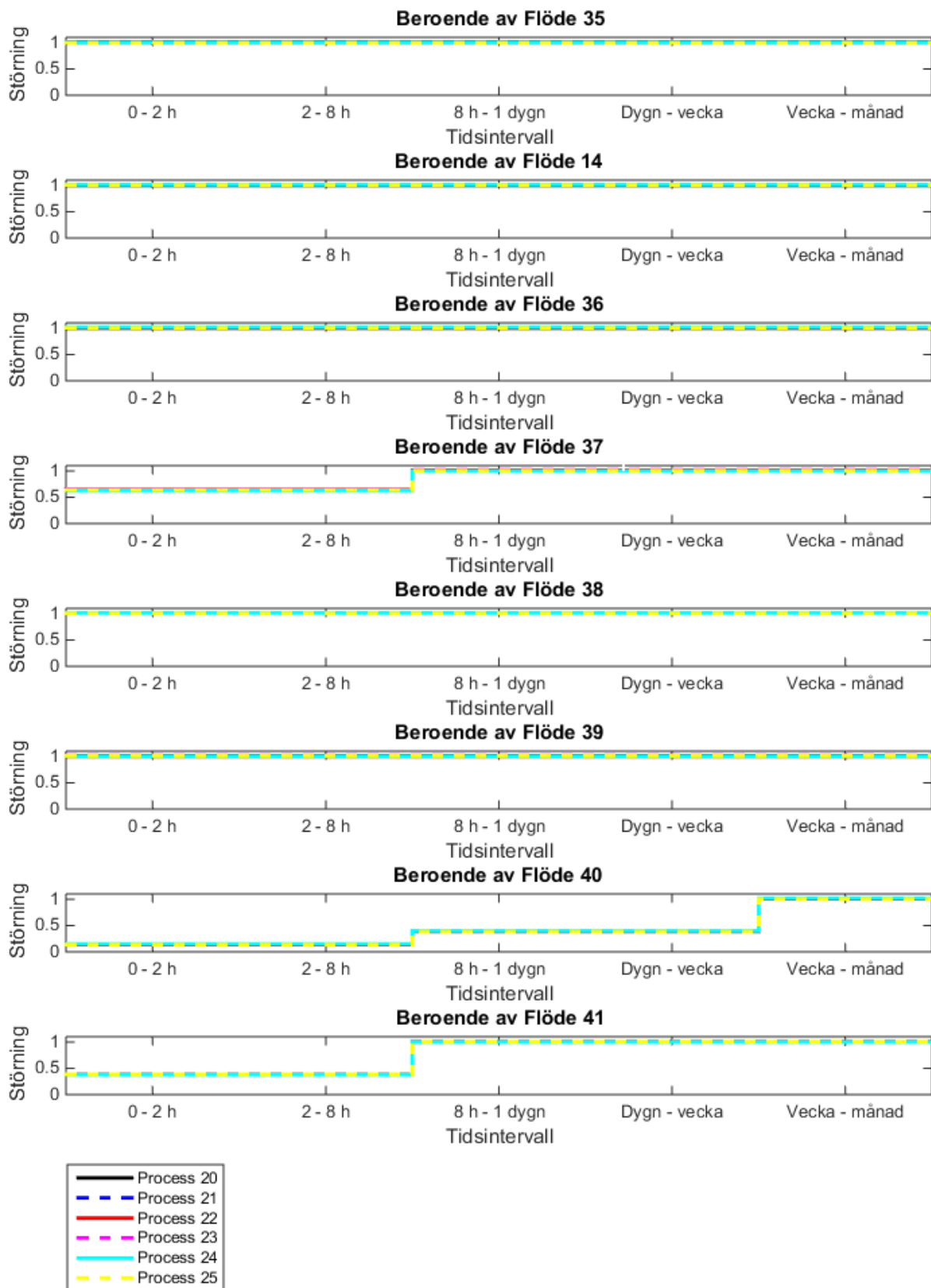
I figur 22 nedan, som redovisar tidsperspektivet två till åtta timmar, har anläggning D:s funktionsnedsättning ökat. Figuren visar att oavsett vilken grad av störning som anläggning C drabbas av så kommer anläggning D drabbas än värre. De senare tidsperspektiven redovisas ej på grund av att funktionsnedsättningen inte ökar mer efter åtta timmar.



Figur 22. Effekter av stegvis funktionsnedsättning av anläggning C.

6.4 Anläggning D

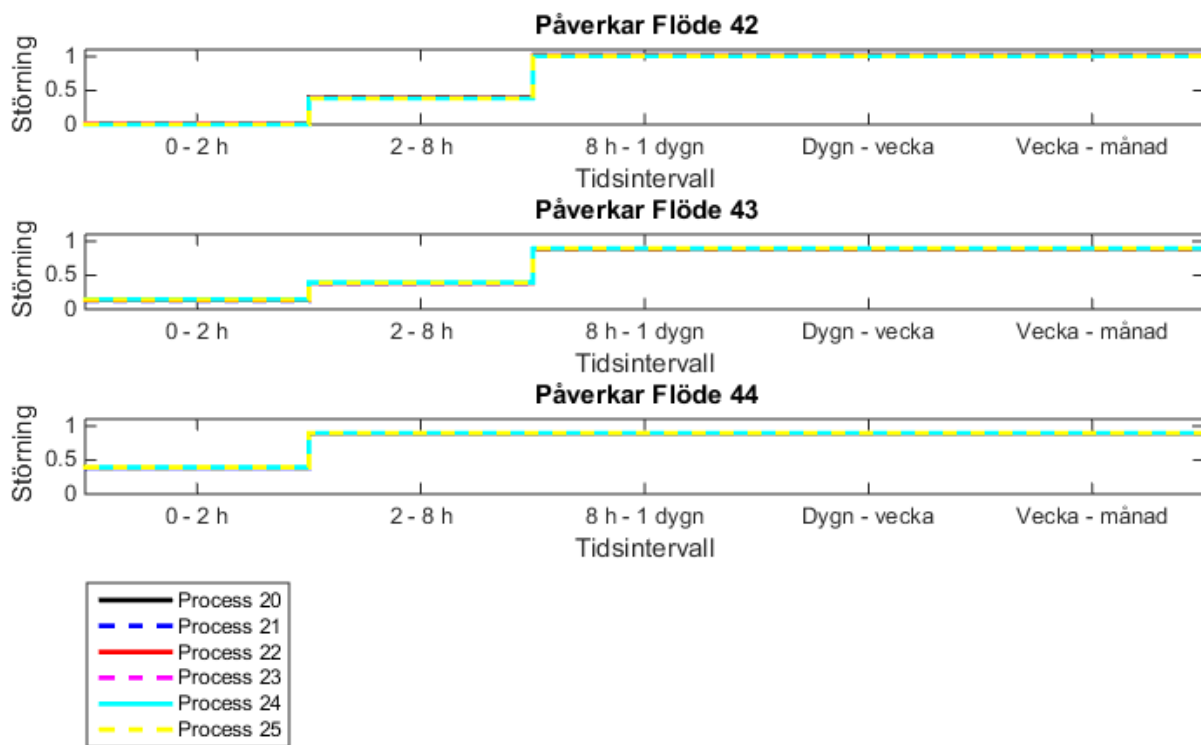
Figur 23 nedan visar att det i anläggning D endast är bortfall av flöde 37, 40 och 41 som inte omedelbart genererar en hundra procentig funktionsnedsättning. Detta är sannolikt en konsekvens av att produktionskedjan i anläggning D är mycket linjär och om en process inte kan utföras till följd av bortfall av ett ingående flöde så avstannar produktionen helt.



Figur 23. Anläggning D:s ingående flödens påverkan på dess processer.

Figur 24 nedan tyder på att anläggning D:s utgående flöden är mindre känsliga för störningar i processerna än vad processerna är för störningar i de ingående flödena. Alla processer utövar samma

påverkan på de utgående flödena och det är inget som står ut från mängden. Precis som de ingående flödena beror detta säkerligen på den linjära produktionskedjan.



Figur 24. Anläggning D:s processers påverkan på dess utgående flöden.

På grund av de enkätsvar som erhållits förefaller ingen anläggning vara direkt beroende av anläggning D. Detta resulterar i att diagramtyp tre visar att ingen av de övriga anläggningarna påverkas vid en stegvis funktionsnedsättning av anläggning D. På grund av detta redovisas ej diagramtyp tre för anläggning D.

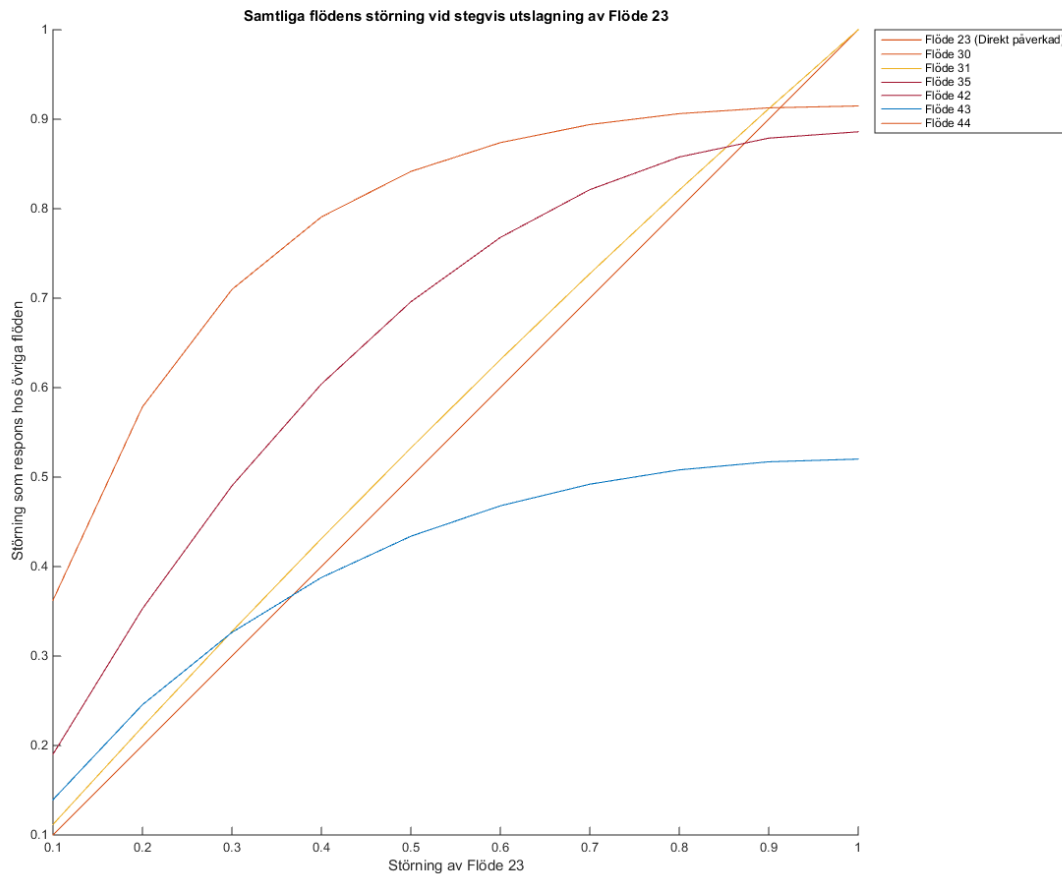
6.5 Störningsscenario

Analysverktyget kan användas för att simulera så kallade störningsscenarioer, detta innebär att en utvald anläggning eller flöde utsätts för en funktionsnedsättning. Funktionsnedsättningen utgörs av ett tal mellan 0 och 1, där 0 motsvarar fullt fungerande och 1 total obrukbarhet. Funktionsnedsättningen bestäms av användaren och i det scenariot som ska simuleras sätts den till 1 för att representera ett bortfall av flödet. Det störningsscenario som efterfrågats av Volvo Personvagnar är bortfall av anläggning A:s ingående flöde ”flöde 23”.

Resultatet visas i form av diagram som bygger på den tidigare beskrivna diagramtyp tre. Skillnaden är att istället för aktörer som slås ut och studeras så är det här utvalda flöden och de flöden som påverkas av det. Dock visas ej processer i diagrammet då analysverktyget saknar stöd för detta i dagsläget. Liksom tidigare diagram skapas detta med Améens och Anderssons (2013) analysverktyg,

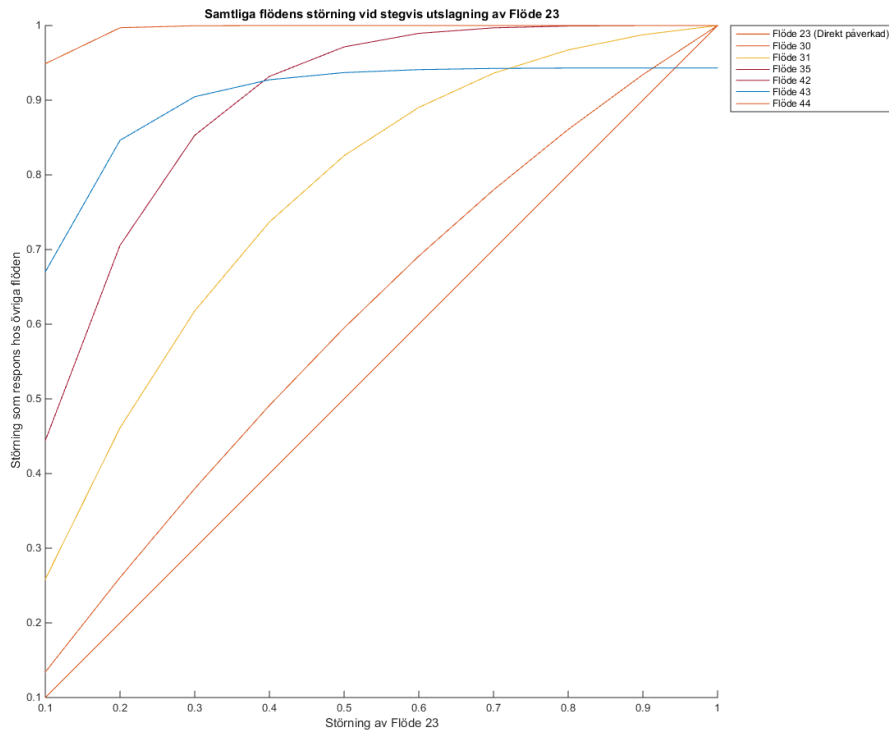
Figur 25 nedan visar hur flöden direkt och indirekt beroende av anläggning A:s ”flöde 23” påverkas vid stegvis funktionsnedsättning av detta flöde under de första två timmarna. De flöden som påverkas är anläggning C:s och D:s in- och utgående flöden samt anläggning B:s utgående flöden. De flöden som erfar högst funktionsnedsättning är anläggning D:s utgående flöde 44 och 35 mellan anläggning C

och D. Det utgående flödet ”flöde 42” påverkas ej under detta tidsperspektiv. Anläggning A:s utgående flöden 30 och 31 följer tätt nedsättningen av ”flöde 23”.



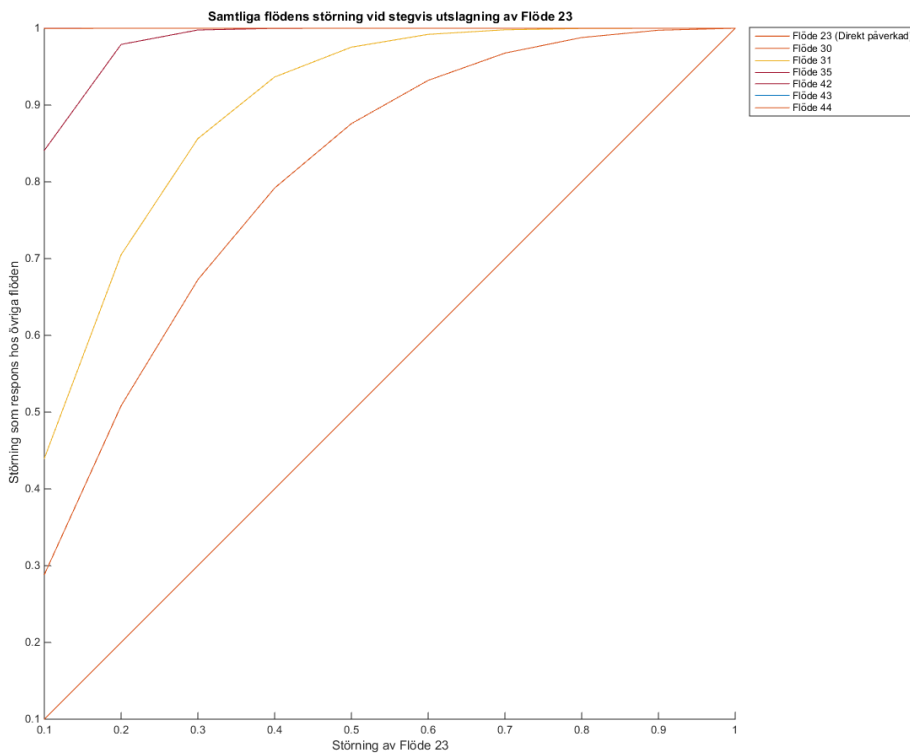
Figur 25. Effekter av stegvis funktionsnedsättning av ”flöde 23” under 0 – 2 timmar.

Tidsperspektivet två till åtta timmar för nedsättningen av ”flöde 23” redovisas i figur 26 nedan. Precis som tidigare tidsperspektiv är det anläggning D:s utgående flöden som erfar den största funktionsnedsättningen. Det utgående flödet ”flöde 42” erfar exakt samma störning som ”flöde 43” och döljs bakom denna kurva. Dessa två utgående flöden är de enda som inte drabbas av en hundra procentig funktionsnedsättning när ”flöde 23” gör det. Observera dock att dessa flödens funktionsnedsättningar ligger över 90 %.



Figur 26. Effekter av stegvis funktionsnedsättning av ”flöde 23” under 2 – 8 timmar.

Om en störning av ”flöde 23” tillåts kvarstå i åtta timmar till ett dygn drabbas samtliga utgående flöden från anläggning D av totalt stopp, vilket framgår av figur 27 nedan. Detta oavsett graden av störning som ”flöde 23” påverkas av.



Figur 27. Effekter av stegvis funktionsnedsättning av ”flöde 23” under 8 timmar – 1 dygn.

De två tidsperspektiven ett dygn till en vecka och en vecka till en månad redovisas inte då dessa är snarlika föregående tidsperspektiv med undantaget att nedsättningen av anläggning A:s utgående flöden ökar ytterligare lite. Det står klart att en funktionsnedsättning av ”flöde 23” kommer propagera genom produktionskedjan med kännbara effekter. Om anläggning A ofta erfar bortfall av ”flöde 23” bör förebyggande åtgärder implementeras för att undvika effekter i stil med vad figurerna ovan visar. Anläggning B:s flöden förekommer inte i graferna då denna anläggning inte är direkt beroende av anläggning A.

I figurerna ovan förefaller en nedsättning av ”flöde 23” omedelbart föranleda likartade störningar i anläggning C och D. Detta stämmer dock inte överens med verkligheten, troligen kommer övriga anläggningar drabbas först när anläggning C inte får leveranser från A. Med andra ord förekommer en fördröjning i samma storlek som transporttiden mellan anläggningarna. Följaktligen finns här en tidsfrist att minska konsekvenserna av störningen, trots att konsekvenserna är omedelbara i anläggning A. Förslagsvis görs detta genom att varsko övriga anläggningar om störningen och att om möjligt införskaffa uteblivet material på annat håll.

6.6 Kritisk processanalys

En kritisk processanalys innebär en genomgång av alla anläggningars processer och hur en funktionsnedsättning av dessa påverkar systemet. För att knyta an till indikatorn ”antal bilar producerade per dag” bedöms det utgående flödet ”flöde 42” vara av störst intresse. Av denna anledning undersöks hur detta flöde påverkas när respektive process utsätts för en funktionsnedsättning på 20 %. Detta görs med hjälp av analysverktyget och resultatet redovisas i tabell 5 nedan.

Tabell 5. Respektive process påverkan på ”flöde 42” vid 20 % funktionsnedsättning.

Anläggning	Process	0-2 h [%]	2-8 h [%]	8 h-1 dygn [%]	1 dygn – 1 vecka [%]	1 vecka – 1 månad [%]
B	Process 1	0	5,8	37,8	68,7	73,8
	Process 2	0	0,0	14,6	68,7	73,8
	Process 3	0	0,0	14,6	68,7	73,8
	Process 4	0	0,0	14,6	68,7	73,8
	Process 5	0	0,0	0,0	55,4	55,4
	Process 6	0	0,0	0,0	0,0	55,4
	Process 7	0	37,8	73,8	73,8	73,8
A	Process 8	0	0,0	27,1	90,2	93,1
	Process 9	0	0,0	61,3	90,2	93,1
	Process 10	0	0,0	61,3	90,2	93,1
	Process 11	0	0,0	61,3	90,2	93,1
	Process 12	0	16,1	90,2	93,1	93,1
	Process 13	0	16,1	90,2	93,1	93,1
	Process 14	0	16,1	90,2	93,1	93,1
	Process 15	0	16,1	90,2	93,1	93,1
	Process 16	0	39,5	99,5	99,5	99,5
	Process 17	0	70,8	99,5	99,5	99,5
C	Process 18	0	37,8	73,8	73,8	73,8
	Process 19	0	37,8	73,8	73,8	73,8

D	Process 20	0	7,6	20,0	20,0	20,0
	Process 21	0	7,6	20,0	20,0	20,0
	Process 22	0	7,6	20,0	20,0	20,0
	Process 23	0	7,6	20,0	20,0	20,0
	Process 24	0	7,6	20,0	20,0	20,0
	Process 25	0	7,6	20,0	20,0	20,0

Ur tabellen ovan framgår det att det överlag är anläggning A:s processer som är de mest kritiska. Av dessa sticker process 16 och 17 ut som de processer som snabbast blir kritiska och uppnår högst funktionsnedsättning. Konsekvenserna av en störning av ”process 17” växer dock något snabbare än ”process 16” och utmärker sig därigenom som den mest kritiska processen.

Eftersom anläggning D:s processer direkt påverkar flödet ”flöde 42” uppgår funktionsnedsättningarna som dessa genererar till som högst 20 % medan tidigare nämnda processer genererar funktionsnedsättningar ända upp till 99,5 %. Detta är en konsekvens av hur störningen propagerar genom systemet och påverkar ett ökande antal flöden och processer.

6.7 Sammanfattning av resultat

Ur den verksamhetsövergripande aggregering som gjorts ovan framgår det tydligt att bortfall av flöden och processer snabbt kan få omfattande konsekvenser. I graferna förekommer ett antal processer och flöden som vid bortfall genererar funktionsnedsättningar á 100 %, det vill säga totalt produktionsstopp. Detta kan få mindre allvarliga funktionsnedsättningar att framstå som obetydliga, så är dock inte fallet. En funktionsnedsättning på 15 % utgör även detta ett mycket allvarligt problem och kan generera stora förluster för företaget om det inte åtgärdas omgående.

Ur resultatet av beroendeanalysen kan utläsas hur det utgående flödet ”flöde 42” påverkas vid störningar, vilket bedöms relatera direkt till indikatorn ”antal bilar producerade per dag”. Följaktligen kan metoden och analysverktyget användas för att analysera hur olika processer och flöden påverkar, det för riskhanteringsarbetet övergripande, värdeordet ”att proaktivt säkra en global störningsfri operation”.

Ingen information gällande förebyggande åtgärder eller acceptabel nertid inkom genom enkätstudien. På grund av detta är det svårt att avgöra om de valda svarsalternativen reflekterar förekomsten av förebyggande åtgärder eller vart de bör implementeras. Överlag har respektive anläggning minst ett flöde som snabbt genererar omfattande konsekvenser vid en störning. Bortfall av dessa flöden orsakar i de flesta fallen totalt produktionsstopp redan under det första tidsperspektivet. Detta talar för att förebyggande åtgärder för bortfall av dessa ingående flöden saknas. Gällande processerna representerar anläggning A:s process ”process 17” den mest kritiska processen då den snabbt genererar betydande störningar vid en funktionsnedsättning. Följaktligen rekommenderas en prioritering av denna process och dessa flöden vid implementering av förebyggande åtgärder. Detta bedöms bidra mest till upprätthållandet av den globala störningsfria operation som eftersträvas.

Med diagramtyp tre och den kritiska processanalysen som utgångspunkt bedöms anläggning A utgöra den mest kritiska produktionsanläggningen. Detta då en funktionsnedsättning av denna anläggning genererar störst respons hos övriga anläggningar. Viss osäkerhet finns dock i denna bedömning till

följd av begränsningen i diagramtyp tre där endast den anläggning som erfar störningen samt de anläggningar som ligger efter denna i produktionskedjan påverkas. Eftersom anläggning A och B i dessa diagram är oberoende av varandra uteblir information om hur dessa indirekt påverkar varandra vid en störning. Dessutom uteblir information om huruvida en störning kan spridas tillbaka till den ursprungliga anläggningen och ytterligare förvärpa situationen där. Som tidigare nämnt pekades dock anläggning A ut som den mest kritiska anläggningen under workshopen vilket stödjer resultaten från diagramtyp tre och den kritiska processanalysen.

I figurerna baserade på diagramtyp tre framstår det som att en funktionsnedsättning i en anläggning ger omedelbara störningar i andra anläggningar. Som nämndes i störningsscenarioet stämmer inte detta överens med verkligheten. Fördröjningen mellan att störningen uppstår och att beroende anläggningar påverkas är troligtvis korrelerad till transporttiden mellan anläggningarna. Oavsett fördröjning bör tiden utnyttjas på bästa sätt för att minska konsekvenserna av störningen och dess inverkan på produktionen.

Anmärkningsvärt är att många av de stegvisa funktionsnedsättningarna i diagramtyp tre genererar större funktionsnedsättningar i beroende anläggningar än i den anläggning som utsätts för störningen. Detta beror på vilken grad av funktionsnedsättningar som angivits i enkätstudien för respektive anläggning. Anläggningar med flöden och processer som i enkätstudien uppgivits påverkas i stor utsträckning av störningar kommer också vara känsligare för både indirekt och direkt påverkan.

7 Diskussion

I detta kapitel diskuteras den fallstudie som genomförts, metoden som använts och avslutningsvis ges förslag på fortsatt arbete som uppkommit under examensarbetets gång. Detta kapitel utgör även det sjätte och sista steget av metodutvecklingsprocessen; utvärdering av den valda beroendeanalysmetoden och justering av dess designkriterier.

7.1 LUCRAM-metoden

Tillämpningen av den modifierade LUCRAM-metoden har genererat tydliga resultat och möjliggjort visualisering av Volvo Personvagnars beroenden inom Sverige. Huruvida LUCRAM-metoden var det optimala valet av beroendeanalysmetod eller om någon av de andra metoderna hade fungerat bättre är svårt att dra några slutsatser om utan att ha tillämpat någon av dem. Överlag har metoden fungerat väl och erbjudit ett strukturerat angreppssätt för analys av en förhållandevis komplex organisation.

Användandet av enkäter har fungerat tillfredställande och den förvirring som flödesbegreppet genererat i enkätstudier i tidigare examensarbeten har inte påträffats i detta arbete (Johansson & Åhsberger, 2012). Troligtvis beror detta på att fysiska flöden som transport av material och komponenter förekommer frekvent inom tillverkningsindustrin, vilket bidragit till att intervjupersonerna ej upplevt flödesbegreppet som abstrakt eller förvirrande.

Kombinationen av enkätstudien och analysverktyget framtaget av Améen och Andersson (2013) har resulterat i stora mängder lättillgänglig data att använda i Volvo Personvagnars riskhanteringsprocess. Detta tillvägagångssätt har också underlättat arbetet med att analysera datan, vilket hade krävt en alltför omfattande arbetsinsats att göra för hand. Inte minst vid analys och visualisering av hur en störning propagerar genom systemet och påverkar beroende anläggningar.

Den största utmaningen i arbetet med beroendeanalysen låg i bearbetningen av de svar som inkom i enkätstudien. Många av de svar som erhöles var antingen snarlika andra svar eller irrelevanta som en konsekvens av examensarbetets avgränsningar. Detta ledde till att ett antal flöden och processer ströks medan andra slogs ihop. Utmaningen i detta låg i balansgången mellan att inte låta information gå till spillo samtidigt som indatan hölls fri från obehövliga flöden och processer. De processer och flöden som valdes för att ingå i indatan till analysverktyget validerades under workshopen. Vissa osäkerheter finns dock i resultaten vilka diskuteras nedan.

Avgränsningen av antalet processer samt in- och utgående flöden i enkätstudien till högst tio svar per kategori har säkerligen påverkat resultaten från enkätstudien. Nackdelen med avgränsningen är att intervjupersoner som vill uppge mer än tio svar ej får möjlighet till detta, vilket kan leda till att viktiga processer och flöden inte uppmärksammas. Flöden och processer kan också förbises på grund av att de slås samman med liknande flöden/processer för att inrymmas i de tio svaren. En intervjuperson ansvarig för två fabriker inom samma anläggning angav i enkätstudien att dessa fabriker levererar cirka 250 enheter från 104 olika tillverkningsprocesser. Det förefaller oundvikligt att viss information går förlorad i en beroendeanalys, med så många flöden och processer, utförd under de tidsramar som använts i detta arbete. Den begränsande faktorn är dock tidsåtgången, då både metod och analysverktyg möjliggör en så pass detaljerad analys.

En ytterligare osäkerhet i enkätstudien ligger i den förhållandevis grova indelningen av svarsalternativen i enkätstudien. Dessa uppskattningar används för att framställa grafer med precisa siffror vilket kan ge sken av att den data som använts är mer exakt än vad den egentligen är. Användandet av procentskattningar som svarsalternativ får dock ses som ett nödvändigt ont då de producerar jämförbara svar som är lätta att sammanställa.

En osäkerhet i metoden utgörs av den geografiska avgränsningen av vilka produktionsanläggningar som fått ingå i analysen och ej. Möjligen var den avgränsning som tillämpades i detta arbete för snäv för att få fram de mest intressanta resultaten, det vill säga de komplexa nätverk som beroendeanalyser är avsedda för. Som tidigare nämnts är den produktionskedja som målats upp i detta arbete förhållandevis linjär men detta beror till stor del på de enkätsvar som inkommit och hur komponenter faktiskt skickas mellan anläggningarna. Säkerligen hade inblandningen av fler anläggningar bidragit till ökad komplexitet och fört systemet närmre det av en kommun eller nation men detta till trots bedöms avgränsningen som skälig då tidsramarna för examensarbetet ej tillät något annat.

Sammanfattningsvis bedöms beroendeanalyser ha potential inom den privata sektorn och speciellt med avseende på den privata tillverkningsindustrin. Beroendeanalys tillhandahåller ett effektivt och metodiskt sätt att kartlägga och analysera beroenden inom organisationer. Att kunna göra detta på ett strukturerat vis är avgörande i komplexa organisationer med många flöden och processer. Speciellt inom bilbranschen och liknande branscher som tillämpar JIT- och JIS-principer där bortfall av flöden och processer snabbt får omfattande konsekvenser.

7.2 Jämförelse mellan privat och offentlig sektor

Det finns påtagliga skillnader mellan beroendeanalyser inom offentlig och privat sektor. Den största skillnaden är att aktörer inom den privata sektorn, framför allt inom tillverkningsindustrin, är betydligt mer beroende av sina flöden och processer än vad aktörer inom en kommun är. Bortfall av dessa flöden och processer leder mycket snabbt till omfattande funktionsnedsättningar och ofta totalt produktionsstopp inom ett dygn. Detta står i kontrast mot aktörerna inom en kommun som många gånger endast erfar en marginell funktionsnedsättning trots bortfall under lång tid, i vissa fall upp till ett års tid (Johansson & Åhsberger, 2012).

En annan skillnad mellan de båda sektorerna utgörs av hur flöden uppkommer och påverkas. Inom tillverkningsindustrin går de flesta flödena mellan två punkter, en avsändare och en mottagare. Det kan exempelvis utgöras av en produkt som tillverkas hos avsändaren och sedan används eller bearbetas på ett sådant sätt att när det lämnar mottagaren utgör det inte längre samma flöde. Inom en kommun är många av de flöden som förekommer tjänster, snarare än produkter, som många aktörer drar nytta av men inte förbrukar (Johansson & Åhsberger, 2012). Exempel på detta är gatukontorets underhåll av vägar, räddningstjänstens skadeavhjälpande arbete och så vidare. Detta resulterar i att inom beroendeanalyser på en samhälls nivå är antalet flöden färre, medan antalet aktörer som är beroende av dem är desto fler. Inom den privata sektorn är antalet flöden större men som tidigare nämnt går de oftast bara mellan två aktörer/anläggningar, med andra ord är det färre aktörer som är beroende av samma flöden.

Ytterligare en orsak till det låga antalet beroende aktörer per flöde är avståndet mellan produktionsanläggningarna. Inom en kommun är de flesta aktörer belägna förhållandevis nära varandra och följaktligen beroende av samma elleverantör och dess utgående flöden. Så är inte fallet i

detta arbete då ett bortfall av elektriciteten i en anläggning inte nödvändigtvis innebär att övriga anläggningar står strömlösa. Till följd av detta har lokala flöden som elektricitet och liknande betraktats som separata flöden vilket resulterat i att antalet beroende aktörer per flöde hållits lågt.

Skillnaderna i avstånd för offentlig kontra privat sektor framgår dock inte ur de figurer baserade på diagramtyp tre. Som tidigare nämnt förekommer troligen en fördröjning mellan det att störningen uppkommer och att beroende anläggningar påverkas. Analysverktyget som använts i detta arbete är dock framtaget för beroendeanalyser på en samhällelig nivå. Med andra ord analys av aktörer inom en och samma kommun där avstånden är avsevärt kortare och effekterna av en störning förmodligen blir kännbara betydligt snabbare.

En ytterligare skillnad mellan beroendeanalyser inom privat och offentlig sektor är förhållandet mellan antal mål och flöden. Då LUCRAM-metoden tillämpades av Johansson och Åhsberger (2012) i en beroendeanalys på kommunal nivå fanns ett antal verksamheter som påverkade väldigt få flöden, men istället påverkade olika mål i betydligt större utsträckning. Dessa mål var specifika för respektive verksamhet, exempel på detta är målet ”antalet person som omkommer i trafiken ska minska varje år” för den kommunala aktören räddningstjänsten. I detta arbete, och troligen även inom privat sektor överlag, är förutsättningarna omvända, produktionsanläggningarna har få egna mål men ger istället upphov till ett flertal olika flöden.

7.3 Uppdatering av designkriterier

Användandet av metodutvecklingsprocessen har underlättat val och modifiering av beroendeanalysmetod genom att tillhandahålla ett metodiskt tillvägagångssätt att göra detta på. Med metoden utvärderad ovan återstår endast justering av designkriterier, det vill säga kravspecifikationen. LUCRAM-metoden har uppfyllt det som efterfrågades i kravspecifikationen men tre justeringar som uppkommit under arbetet behöver göras. Detta görs i syfte att vidareutveckla metoden för att bättre passa den privata sektorn med fokus på den privata tillverkningsindustrin.

Behovet av den första justeringen framkom i samband med enkätstudien och ett enkätsvar från anläggning B. I denna enkät uppgavs tidsintervallen vara för korta eftersom påverkan från dessa processer ligger kvartal eller år framåt i tiden. Av denna anledning justeras kravet på ”tidsperspektiv upp till en månad” till ”tidsperspektiv upp till ett år” för att inte gå miste om efterfrågad information. Detta bör göras i form av att tidsperspektivet ”månad till år” läggs till, de existerande tidsperspektiven bör behållas som de är då dessa har genererat tillfredställande svar under enkätstudien och bedöms vara lämpligt valda för själva produktionen.

Den andra justeringen berör kravet på att ”metoden ska inte ställa krav på en alltför stor tillgång till data”. En ”alltför stor tillgång” är naturligtvis en definitionsfråga men det står klart att stora mängder data är just vad som behövs för beroendeanalyser av komplexa organisationer. Detta krav ger sken av att så nödvändigtvis inte är fallet och hävs följaktligen. För mindre organisationer är detta kravet fortfarande skäligt men som tidigare nämnt så leder alltför snäva avgränsningar och förenklingar till att beroendeanalysen blir för grov och att osäkerheter introduceras.

Den problematik som uppmärksammades i diagramtyp tre lämnar rum för förbättring och är anledningen till den tredje justeringen av designkriterierna. Graferna visar att endast anläggningar som

är direkt beroende av den anläggning som erfar en störning påverkas. En vidareutveckling av metoden skulle kunna utgöras av ett logiskt beroende eller liknande som resulterar i att även inte direkt beroende anläggningar påverkas vid funktionsnedsättningar.

Detta kan uppnås genom att varje anläggning tilldelas ett in- och utgående flöde till och från respektive anläggning. Detta fiktiva flöde dikterar den högsta möjliga produktionstakten för anläggningen och kan på så vis utöva motsvarande funktionsnedsättning på berörda processer och flöden. Genom detta uppstår även de ömsesidiga beroenden där störningar kan ta sig tillbaka till den ursprungliga anläggningen och ytterligare förvärra situationen där. Detta skulle tydligare förmedla att anläggningar inte kan fortsätta producera i normal takt när en störning drabbar produktionskedjan. Följaktligen utgörs den tredje justeringen av införandet av ett nytt designkriterium; ”metoden ska kunna hantera logiska beroenden”.

Metodens syfte bedöms passande och följlaktligen görs ingen justering av detta. Efter genomförd justering av kravspecifikationen bör metoden tillämpas och utvärderas på nytt (Hassel, 2010). Med hänsyn till examensarbetets tidsramar kommer dock inte detta göras. Tillämpning och utvärdering av den justerade kravspecifikationen får utföras i ett fortsatt arbete.

7.4 Förslag till fortsatt arbete

Nedan ges förslag på inriktningar till fortsatt arbete med beroendeanalys inom privat sektor, Volvo Personvagnar och analysverktyget. Dessa förslag har uppkommit under arbetets gång.

7.4.1 Inblandning av fler produktionsanläggningar och underleverantörer

Nästa steg mot en mer komplett beroendeanalys av Volvo Personvagnar utgörs av att ta med fler produktionsanläggningar i analysen. Många av de svar som inkom i enkätstudien innehöll utgående flöden med slutdestination utomlands, bland annat Belgien, Kina och Malaysia. I syfte att generera en mer heltäckande analys hade det varit av intresse att inkludera även produktionsanläggningar utanför Sverige. Detta låg utanför tidsramarna för detta examensarbete men hade resulterat i en mer verklighetstrogen modell av produktionskedjan.

En ytterligare förbättring av beroendeanalysen hade utgjorts av att inkludera företagets underleverantörer. Detta är av intresse då många komponenter köps in utifrån. Detta hade kunnat användas för att simulera störningar som ligger utanför Volvo Personvagnars påverkanssfär. Det hade också kunnat användas för att upptäcka potentiella flaskhalsar och andra riskmoment, såsom att ett visst antal anläggningar köper samma komponent från samma underleverantör. Vad blir konsekvenserna om denna underleverantör drabbas av en störning? Denna information hade varit användbar i riskhanteringsprocessen. Detta tillägg skulle höja kvaliteten på beroendeanalysen och ge mer information gällande beroendeanalysers användbarhet inom den privata sektorn.

7.4.2 Fortsatt arbete med Volvo Personvagnars riskhantering

Med utgångspunkt i den information som insamlats i detta arbete hade en intressant fortsättning på detta arbete utgjorts av att undersöka hur riskhanteringen inom Volvo Personvagnar bedrivs med hänsyn till de beroenden som finns. Inkluderat i detta är undersökning av hur riskhanteringen bedrivs i praktiken. Det vill säga hur risker hanteras och åtgärder prioriteras och implementeras. Även hur data samlas in i olika anläggningar och om denna information delas mellan olika anläggningar och avdelningar. Vilka ansvariga finns i organisationen för riskförebyggande arbete? Hur ser

kommunikation och samarbete mellan dessa nyckelpersoner ut? Det övergripande målet skulle vara att undersöka om det finns någon koppling mellan detta arbete och de olika beroendena inom organisationen. Detta hade kunnat bidra till att förbättra Volvo Personvagnars riskhanteringsarbete överlag.

7.4.3 Förbättring av analysverktyget

Analysverktyget skulle kunna vidareutvecklas genom att möjliggöra att processer visades i den versionen av diagramtyp tre som användes i störningsscenarioet. I dagsläget visas endast hur flöden påverkas när en störning propagerar genom systemet. Detta hade bidragit till att göra diagramtyp tre mer informativ och verklighetstrogen.

8 Slutsats

Beroendeanalys kan användas inom privat sektor för att kartlägga, visualisera och analysera ett företags beroenden. Det kan också indikera var förebyggande åtgärder bör prioriteras utifrån hur snabb och omfattande funktionsnedsättning som bortfall av ett flöde/process genererar. Beroendeanalys upplevs som ett effektivt och strukturerat tillvägagångssätt för att samla in och analysera information om ett företags processer och flöden.

Den modifierade LUCRAM-metoden som använts i detta arbete kan med fördel användas för beroendeanalys av komplexa organisationer inom privat sektor. Övergången från samhälls- till privat sektor påkallade behovet av viss modifiering av metoden. Överlag bedöms dock tillämpningen av metoden ha fungerat lika väl inom privat sektor som den i tidigare arbeten gjort inom den offentliga.

Ett antal skillnader mellan beroendeanalys inom privat och offentlig sektor har uppmärksamats under arbetets gång. Den största skillnaden mellan de två sektorerna är att privata aktörer är mer beroende av sina flöden och processer än vad aktörer inom offentlig sektor är. Bortfall av flöden och processer inom privat sektor leder mycket snabbt till omfattande funktionsnedsättningar. Sektorerna skiljer sig också åt i hur flöden uppkommer och påverkas, antalet beroende aktörer per flöde, förhållandet mellan produkter och tjänster samt avståndet mellan aktörer.

Valet av enkätstudie som den primära metoden för datainsamling har fungerat tillfredställande. Det är ett effektivt sätt att snabbt samla in stora mängder data från många intervjupersoner. Den största utmaningen låg i gallringen och bearbetningen av de svar som inkom i enkätstudien. Användandet av flödesbegreppet har även det fungerat väl och bedöms inte ha orsakat den förvirring bland intervjupersoner som setts i tidigare examensarbeten. Detta beror troligen på att det inom den privata sektorn, och speciellt inom tillverkningsindustrin, förekommer fler flöden än i den offentliga och att det är tydligare vad som kan anses vara ett flöde och ej.

Det finns dock en viss mån av osäkerhet i resultatet till följd av de avgränsningar som gjorts med hänsyn till tidsramen. Denna osäkerhet grundar sig dock främst i de avgränsningar som gjorts och ej i den valda metoden eller i själva beroendeanalyskonceptet. Detta till trots bedöms metoden ha genererat tillfredställande resultat som bör vara av nytta vid beslutsfattande i riskhanteringsprocessen.

Fallstudien visade hur Volvo Personvagnars produktionskedja är ett känsligt system och bortfall av flöden/processer får snabbt omfattande konsekvenser. Det är framförallt respektive anläggnings ingående flöden som snabbast genererar omfattande störningar som utgör de mest kritiska flödena. Avseende processerna utgör Anläggning A:s process ”process 17” den mest kritiska. Till följd av detta ges rekommendationen att implementering av förebyggande åtgärder bör prioriteras på ett sådant sätt att sannolikheten för, och konsekvensen av, bortfall av denna process och flöden minimeras.

9 Litteraturförteckning

- Améen, E., & Andersson, A. (2013). *Beroendeanalys ur ett flödesperspektiv - Utveckling av analysverktyg*. Lund: Brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
- Ginstrup, I., & Rubil, M. (2013). *Hur godsflödet genom Göteborgs Hamn påverkar sektorer i Sverige*. Lund: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet.
- Haimes, Y., Horowitz, B., Lambert, J., Santos, J., Lian, C., & Crowther, K. (2005). Inoperability Input-Output Model for Interdependent Infrastructure Sectors. I: Theory and Methodology. *Journal of Infrastructure Systems, Vol. 11, No. 2*, 67-79.
- Hassel, H. (2010). *Risk and vulnerability analysis in society's proactive emergency management - Developing methods and improving practices*. Lund: Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety - Faculty of Engineering.
- Johansson, H., & Åhsberger, A. (2012). *Beroendeanalys ur ett flödesperspektiv - jämförelse av metoder för datainsamling*. Lund: Brandteknik och riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
- Johansson, J., Svegrup, L., & Hassel, H. (2013). *Studie och översiktlig utvärdering kring applicerbara metoder för komplex beroendeanalys på såväl sektoriell som tvärsektoriell nivå*. Lund: Lunds universitets centrum för riskanalys och riskhantering, Lunds Unviersitet.
- MSB. (2009). *Faller en – faller då alla?* Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- MSB. (2011). *Vägledning för risk- och sårbarhetsanalyser*. Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- Paulsson, U. (2007). *On managing disruption risks in the supply chain - the DRISC model*. Lund: Department of Industrial Management and Logistics - Engineering Logistics. Lund Institute of Technology.
- Resilient Regions Association. (2014). *Functional Cities - 15 röster om hur vi gör städer smartare och hållbarare*. Malmö: Resilient Regions Association.
- Rinaldi, S. M., Peerenboom, J. P., & Terrence, K. K. (2001). Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine, Vol. 21, No. 6*, 11-25.
- Setola, R., & De Porcellinis, S. (2008). A Methodology to Estimate Input-Output Inoperability Model Parameters. i J. Lopez, & B. M. Hämmerli, *Proceedings of the Second international conference on Critical Information Infrastructures Security* (ss. 149-160). Heidelberg: Springer-Verlag Berlin.
- Volvo. (2014). *Detta är Volvo*. Hämtat från Volvo Personbilar Sverige Newsroom: <https://www.media.volvocars.com/se/sv-se/corporate/this-is-volvo> den 12 09 2014
- ÖCB. (1999). *Säkra företagets flöden!* Solna: Överstyrelsen för civil beredskap.

Bilaga A – Enkät

I denna bilaga redovisas enkäten som användes i enkätstudien. Observera att sida 5 i enkäten upprepas för varje process som fyllts i på sidan 2. Sida 15 upprepas för varje utgående flöden som fyllts i på sidan 3. Dessa sidor redovisas inte i bilagan då de är identiska.

Beroendeanalys av Volvo Personvagnars anläggningar

Skapad torsdag, november 20, 2014

Sida 1

Namn:

(inget svar)

Titel:

(inget svar)

Arbetsplats:

(inget svar)

Kort beskrivning av dina arbetsuppgifter:

(inget svar)

Sida 2

Vilka **processer/aktiviteter** utförs på den anläggning du arbetar vid? Exempel: tillverkning av bromsskivor, tillverkning av cylindrhuvuden, montering av dörrar, färdigställning av bil, lackering av kaross, etc.

För att underlätta analysen och minska enkätens tidsåtgång kan du som mest ange 10 processer. Av denna anledning behöver du välja ut de 10 processerna som du anser är viktigast. Om tillverkningen av en komponent består av många separata processer kan du klumpa ihop de till en process; "tillverkning av komponent X".

Exempel: Processen att färdigställa en bil i VCT består av ett femtiotal separata steg, för att underlätta kallas denna process sammantaget "färdigställning av bil".

Variabel	Svar
[A.0] Process 1	Process 1
[A.1] Process 2	Process 2
[A.2] Process 3	Process 3
[A.3] Process 4	Process 4
[A.4] Process 5	Process 5
[A.5] Process 6	Process 6
[A.6] Process 7	Process 7
[A.7] Process 8	Process 8
[A.8] Process 9	Process 9
[A.9] Process 10	Process 10

Kommentarer till ovanstående fråga:

(inget svar)

Sida 3

Vilka **ingående flöden** är din anläggning beroende av och vart kommer de ifrån? Med **ingående flöden** avses:

- Tillgång till el, tryckluft, processvätska, IT, etc.
- Komponenter som levereras till anläggningen som motorblock, karojser, bromsskivor, etc.
- Övrig materiel som behövs för processerna du angav i föregående fråga, till exempel färg, stålplåt, etc.

För att underlätta analysen och minska enkätens tidsåtgång kan du som mest ange 10 ingående flöden. Av denna anledningen behöver du välja ut de 10 ingående flöden som du anser är viktigast. Om likartade flöden existerar kan du klumpa ihop dem enligt exemplet nedan.

Exempel: Ett flertal olika sorters motorer levereras till anläggningen från VCE, för att underlätta kallas detta flöde sammantaget för "leverans av motorer från VCE".

Variabel	Svar
[S.0] Flöde in 1	Flöde in 1
[S.1] Flöde in 2	Flöde in 2
[S.2] Flöde in 3	Flöde in 3
[S.3] Flöde in 4	Flöde in 4
[S.4] Flöde in 5	Flöde in 5
[S.5] Flöde in 6	Flöde in 6
[S.6] Flöde in 7	Flöde in 7
[S.7] Flöde in 8	Flöde in 8
[S.8] Flöde in 9	Flöde in 9
[S.9] Flöde in 10	Flöde in 10

Kommentarer till ovanstående fråga:

(inget svar)

Sida 4

Vilka flöden ut ger din anläggning upphov till och vart går de? Med flöden ut avses här:

- Komponenter som skickas till andra anläggningar såsom kolvar, karosser, etc.
- Färdigställda bilar som skickas till återförsäljare eller liknande.
- Övrig materiel som levereras ut från din anläggning.

För att underlätta analysen och minska enkätens tidsåtgång kan du som mest ange 10 utgående flöden. Av denna anledningen behöver du välja ut de 10 utgående flöden som du anser är viktigast. Det är framför allt de flöden som går vidare till mottagare inom Sverige som är av intresse. Om likartade flöden existerar kan du klumpa ihop dem enligt exemplet nedan.

Exempel: Ett flertal olika sorters bromsskivor skickas från din anläggning till VCT, för att underlätta kallas detta flöde sammantaget för "leverans av bromsskivor till VCT".

Variabel	Svar
[E.0] Flöde ut 1	Flöde ut 1
[E.1] Flöde ut 2	Flöde ut 2
[E.2] Flöde ut 3	Flöde ut 3
[E.3] Flöde ut 4	Flöde ut 4
[E.4] Flöde ut 5	Flöde ut 5
[E.5] Flöde ut 6	Flöde ut 6
[E.6] Flöde ut 7	Flöde ut 7
[E.7] Flöde ut 8	Flöde ut 8
[E.8] Flöde ut 9	Flöde ut 9
[E.9] Flöde ut 10	Flöde ut 10

Kommentarer till ovanstående fråga:

(inget svar)

Sida 5

Process 1: Process 1

I denna fråga ska du uppskatta vilken grad av påverkan respektive ingående flöde har på processen Process 1. Antag att det ingående flödet avstannar helt och uppskatta funktionsnedsättningen det genererar. Välj svarsalternativ i listerna nedan för respektive tidsintervall. Svarsalternativen motsvarar:

- 0 % Ingen påverkan. Processen fortlöper oavsett om flödet avstannar
- 1-25 % Liten påverkan. Processen påverkas endast marginellt
- 26-50 % Medelstor påverkan. Processen kan upprätthållas men med vissa begränsningar
- 51-75 % Stor påverkan. Endast en mindre del av processen kan upprätthållas
- 76-99 % Mycket stor påverkan. Processen påverkas avsevärt om flödet inte kan upprätthållas
- 100 % Processen avstannar helt om flödet inte kan upprätthållas

Om acceptabel nertid finns för processen, exempelvis genom säkerhetslager, reservmaskiner eller liknande, bör detta reflekteras av de valda svarsalternativen.

Exempel: Processen är "tillverkning av kolvar" och det nödvändiga flödet "elektricitet" avstannar. Reservkraftsaggregat med 8 timmars kapacitet finns. För tiden 0-2 och 2-8 timmar blir påverkan 0 %. Därefter ökar påverkan.

	0-2 h	2-8 h	8 h - 1 dygn	1 dygn - 1 vecka	1 vecka - 1 månad
Flöde in 1	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Flöde in 2	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Flöde in 3	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Flöde in 4	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Flöde in 5	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Flöde in 6	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Flöde in 7	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Flöde in 8	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Flöde in 9	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Flöde in 10	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)

Kommentarer:

Förklara gärna hur du resonerat i ditt svar. Om det finns acceptabel nertid, reservlösningar eller liknande som har påverkat dina svar är detta av stort intresse.

(inget svar)

Sida 15

Flöde ut 1: Flöde ut 1

I denna fråga ska du uppskatta vilken grad av påverkan respektive process har på det **utgående flödet Flöde ut 1**. Välj svarsalternativ i listerna nedan för respektive tidsintervall. Svarsalternativen motsvarar:

- 0 % Ingen påverkan. Flödet fortsätter fungera oavsett om processen kan utföras
- 1-25 % Liten påverkan. Flödet påverkas endast marginellt
- 26-50 % Medelstor påverkan. Flödet kan upprätthållas men med vissa begränsningar
- 51-75 % Stor påverkan. Endast en mindre del av flödet kan upprätthållas
- 76-99 % Mycket stor påverkan. Flödet påverkas avsevärt om processen inte kan utföras
- 100 % Flödet avstannar helt om processen inte kan utföras

Om **acceptabel nertid** finns för flödet, exempelvis genom säkerhetslager, reservmaskiner eller liknande, bör detta reflekteras av de valda svarsalternativen.

Exempel: Flödet ut är "leverans av bromsskivor till VCT" och processen "tillverkningen av bromsskivor" avstannar. Processen kan tillåtas ligga nere i högst 2 timmar. De första 0-2 timmarna blir påverkan 0 %. Därefter ökar påverkan.

	0-2 h	2-8 h	8 h - 1 dygn	1 dygn - 1 vecka	1 vecka - 1 månad
Process 1	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Process 2	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Process 3	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Process 4	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Process 5	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Process 6	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Process 7	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Process 8	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Process 9	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)
Process 10	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)	(inget svar)

Kommentarer:

Förklara gärna hur du resonerat i ditt svar. Om det finns acceptabel nertid, reservlösningar eller liknande som har påverkat dina svar är detta av stort intresse.

(inget svar)

Sida 25

Avslutande kommentarer, synpunkter eller övriga upplysningar:

(inget svar)

Spara dina svar genom att trycka på knappen "Slutför enkät" här nedan.
Tack för din medverkan!

Bilaga B – Indatafil till MATLAB med flöden

```
function [ FlowType ] = IndataFlowsVolvo( )
% Modifierat och korrigerat av Améen och Andersson 20131030
disp(['Namn på indatafil: ', mfilename]) %Skriver ut namnet på indatafilen

%Anläggning B Ingående flöden
FlowType{1}='Flöde 1';
FlowType{2}='Flöde 2';
FlowType{3}='Flöde 3';
FlowType{4}='Flöde 4';
FlowType{5}='Flöde 5';
FlowType{6}='Flöde 6';
FlowType{7}='Flöde 7';
FlowType{8}='Flöde 8';
FlowType{9}='Flöde 9';
FlowType{10}='Flöde 10';
FlowType{11}='Flöde 11';
FlowType{12}='Flöde 12';
FlowType{13}='Flöde 13';

%Anläggning B Utgående flöden
FlowType{14}='Flöde 14';
FlowType{15}='Flöde 15';
FlowType{16}='Flöde 16';
FlowType{17}='Flöde 17';
FlowType{18}='Flöde 18';
FlowType{19}='Flöde 19';
FlowType{20}='Flöde 20';

%Anläggning A Ingående flöden
FlowType{21}='Flöde 21';
FlowType{22}='Flöde 22';
FlowType{23}='Flöde 23';
FlowType{24}='Flöde 24';
FlowType{25}='Flöde 25';
FlowType{26}='Flöde 26';
FlowType{27}='Flöde 27';
FlowType{28}='Flöde 28';
FlowType{29}='Flöde 29';

%Anläggning A Utgående flöden
FlowType{30}='Flöde 30';
FlowType{31}='Flöde 31';

%Anläggning C Ingående flöden
FlowType{32}='Flöde 32';
FlowType{33}='Flöde 33';
FlowType{34}='Flöde 34';

%Anläggning D Ingående flöden och anläggning C Utgående flöde
FlowType{35}='Flöde 35';
FlowType{36}='Flöde 36';
FlowType{37}='Flöde 37';
FlowType{38}='Flöde 38';
FlowType{39}='Flöde 39';
FlowType{40}='Flöde 40';
FlowType{41}='Flöde 41';
```

```
%Anläggning D Utgående flöden  
    FlowType{42}='Flöde 42';  
    FlowType{43}='Flöde 43';  
    FlowType{44}='Flöde 44';  
end
```