

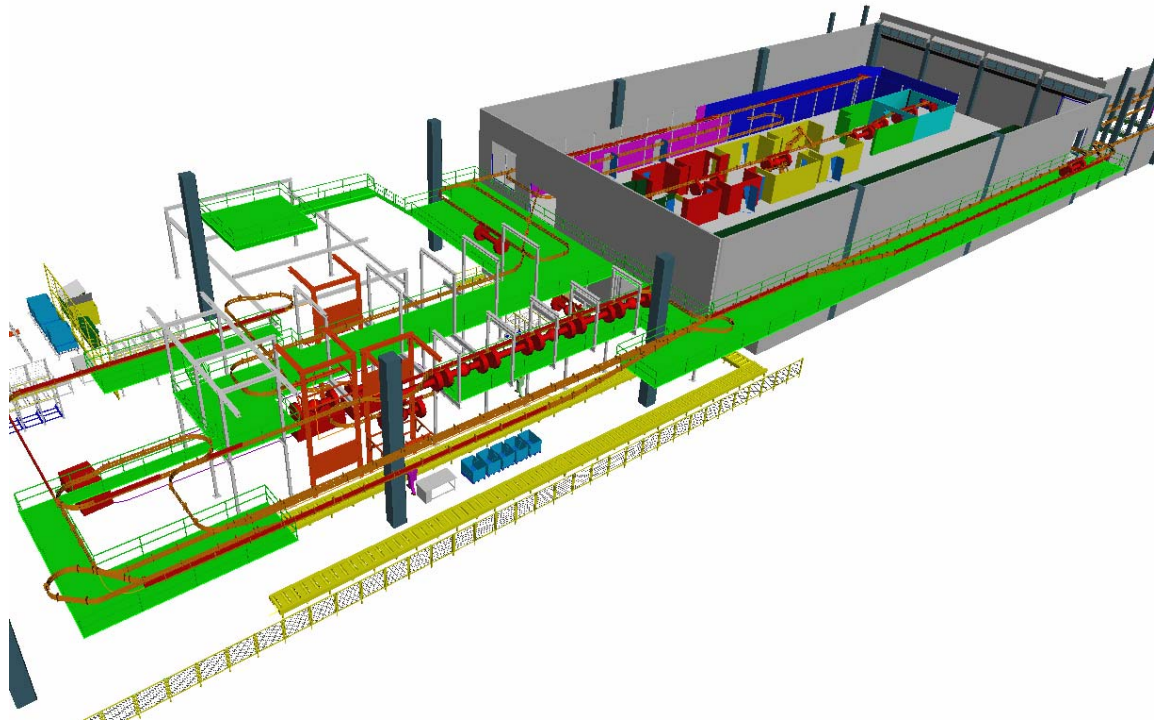


LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

*Department of Design Sciences
Division of Packaging Logistics*

Värdeflödesanalys och simulering av axelflödet på Volvo Lastvagnar

- Ett Lean Production perspektiv



Författare:

Tommy Hansson
Thomas Johansson

Handledare:

Daniel Hellström, LTH
Ola Johansson, LTH
Sebastian Vrbanc, Volvo Lastvagnar

Abstract

Title	Valuestream analysis of the axel flow at Volvo Trucks, a Lean Production perspective
Authors	Tommy Hansson and Thomas Johansson
Supervisors	Daniel Hellstöm and Ola Johansson, Department of Design Sciences, Division of Packaging Logistics, Lund Institute of Technology, Lund University
Problem setting	<p><i>How does the present axel process compare to the coming line based axel process in a Lean Production perspective and what are the potentials for improvements of the process?</i></p> <ul style="list-style-type: none">• How does the current axel process work?• What existing problems are there in the present axel process?• What effect does today's problem have on the future axel process?• Are there any potential for improvements in the future axel process? <p><i>Which production sequence of axels minimizes the buffer level between the axel paint shop and the assembly line?</i></p> <ul style="list-style-type: none">• How does today's paint shop operate?• How many variants are there of every axel and how does this influences the paint shop process?• Which parameters control the buffer level in the paint shop?• Which mean time between failures has the different sub processes in the paint shop?
Objective	<p>The studies first objective was to compare the present and the future axel process in a Lean Production perspective and to suggest a number of possible improvements for the axel process.</p> <p>The second objective was to suggest a production sequence that minimizes the buffer level in the axel process.</p>
Method	<p>To be able to solve the problems in this master's thesis two different methods had to be used, a case study and a simulation study. The utilisation of two methods gave a possibility for triangulation as well as synergies in the process of data collection. For the study both quantitative and qualitative data was collected.</p>
Conclusions	<p>The case-study concludes that the future axel process is better from a Lean Production perspective then the present. The value adding time increases at the same time as the products in work, lead time and the distance is decreased, see table 1 below.</p>

Table 1 The two processes compared

	Products in work	Lead Time	Valueadding Time	Distance
Improvement	29 %	58 %	2 %	27 %

Despite the results there are many possibilities for improvements. For example the level of buffers, a decrease in the level of buffers would improve the results of the future process significantly.

The case study also confirms that the “bull-whip” effect is significant in the supply chain. A factor that strongly contribute to this is the replenishment of axels, since the size of the batches of some types of axels are to large. The size of the batches causes problems for the suppliers to deliver according to Tuves manufacturing sequence. At the same time the equipment for transportation does not allow that the sequence is intact if trailers are to be fully loaded with axels. These problems will be even more evident in the future process since it’s more sensible to these problems. To solve these problems it is therefore necessary to cooperate with the suppliers.

The recommended production mix of axels in the paint shop is shown in table 2 below.

Table 2 The recommended production mix

Mix	Gbg- / Export axels	Change to day mix	Change to evening and night mix
Day	2/0	200 min	130 min
Evening	4/6		
Night	0/2		
Fill up	10/2		

The recommended production mix has some extra advantages besides performing at least as well as the other simulated configurations. The extra advantages are for example; it is easy for the workers that load the axels in the beginning of the process and it is also possible to decrease the workforce. It is possible to reduce the workforce since the shifts can be reduced from three to two.

The result of the simulation study indicates, as well as the case study, that the paint shop is very sensitive to disturbance. The design of the paint shop forces the cycle time of the so called “Gothenburg axels” to be the same or longer then the cycle time of the automatic guided vehicles. Thus there is a need for a technical improvement in the beginning of the process. The simulation study has also revealed that the paint shop is very woundable since the buffer of one type of axel is very small and if this buffer is full the whole paint shop will shutdown.

Sammanfattning

Titel Värdeflödesanalys och simulering av axelflödet på Volvo Lastvagnar, ett Lean Production perspektiv

Författare Tommy Hansson och Thomas Johansson

Handledare Daniel Hellström och Ola Johansson,

Problem *Hur förhåller sig den nuvarande axelprocessen gentemot den kommande linjebaserade axelprocessen utifrån ett synsätt grundat i Lean Production och vilka möjligheter till förbättringar finns?*

- Hur ser den nuvarande axelprocessen ut?
- Vilka problem finns i den nuvarande axelprocessen?
- Vilken inverkan har problemen på den kommande axelprocessen?
- Finns det potential för förbättringar i den kommande axelprocessen?

Vilken produktionsmix av axlar ger den minsta buffertnivån mellan axelmåleriet och axelmonteringen med bibehållen kapacitet?

- Hur fungerar dagens måleri process?
- Hur många varianter finns det av varje axel och vad ställer det för krav på måleriprocessen?
- Vilka parametrar är det som styr buffertnivån?
- Vilken felfrekvens har de olika delprocesserna i måleriet?

Syfte Studiens första syfte är att jämföra den nuvarande och den kommande axelprocessen utifrån ett perspektiv grundlagt i produktionsstrategin Lean Production och genom analysen föreslå förbättringar av den kommande axelprocessen.

Det andra syftet är att föreslå en produktionssekvens av axlar för måleriet som minimerar buffertstorleken i axelprocessen.

Metod För att på ett fullgott sätt lösa problemen i detta examensarbete krävdes det att två olika typer av metoder användes, en fallstudie samt en simuleringsstudie. Två metoder möjliggjorde triangulering samt gav synergier i datainsamlandet. Både kvantitativ- och kvalitativ data ligger till grund för studien.

Slutsatser Fallstudien visar att det framtida upplägget av axelprocessen är bättre ur ett Lean Production perspektiv än det nuvarande. PIA, ledtiden samt distansen minskar samtidigt som andelen värdeadderande tid ökar, se tabell 3 nedan.

Tabell 1 Jämförelse mellan de båda uppläggen utan intaget

	PIA	Ledtid	Andel värdeadd. tid	Distans
Förbättring	29 %	58 %	2 %	27 %

Trots detta resultat finns det en stor potentiell förbättring i buffertnivåerna, en minskning av buffertnivåerna skulle förbättra resultaten för den framtida axelprocessen avsevärt. Det utpräglade avdelningstänkandet skapar samtidigt problem i processen i form av exempelvis suboptimering.

Fallstudien påvisar även att det finns stora svängningar i ordervolymererna uppåt längs flödet, så kallad bullwhip-effekt. En starkt bidragande orsak är orderhanteringen i stora batcher av vissa typer av axlar. Svängningarna i ordervolymererna skapar problem för leverantörerna att bibehålla Tuves inplanerade produktionssekvens. Transportutrustningen möjliggör samtidigt inte att trailers lastas fulla med bibehållen sekvens vilket ytterligare ökar sekvensproblemen. Dessa problem kommer att bli ännu mer påtagliga i den framtida axelprocessen eftersom den är mer störningskänslig än den nuvarande processen. För att erhålla rätt sekvens krävs samarbete med leverantören kring dessa problem.

Den rekommenderade produktionsmixen för måleriet utifrån simuleringsstudien visas i tabellen nedan:

Tabell 2 Sammanfattning av den rekommenderade produktionsmixen

Mix	Gbg- / Exportaxel	Byte till dagsmix	Byte till kväll- och nattmix
Dag	2/0	200 min	130 min
Kvälls	4/6		
Natt	0/2		
Uppfyllnad	10/2		

Den valda produktionsmixen presterade likvärdigt, om inte bättre, än alla andra simulerade konfigurationer samtidigt som den innebär flera fördelar. Exempelvis är styrningen enkel vilket förenklar för personalen i intaget samtidigt innebär den att personalbesparingar kan genomföras. Personalbesparingar kan genomföras eftersom det är möjligt att gå ner till två-skift på de två nedtagen i måleriet.

Resultaten av simuleringsstudien pekar liksom fallstudien på att störningskänsligheten i måleriprocessen är hög. Måleriprocessens utformning medför att det är intaget som bestämmer cykeltiden för flödet av "Göteborgsaxlar" ut ur måleriet. Därför bör det läggas resurser på att förbättra försörjningen av axlar från intaget till måleriet. Simuleringsstudien har även visat att måleriets störningskänslighet ökar på grund av att bufferten för en viss typ av axlar är liten och när denna buffert är full blockeras flödet för alla typer av axlar.

Förord

Detta examensarbete är utfört vid Institutionen för förpackningslogistik vid Lunds Tekniska Högskola på uppdrag av Volvo Lastvagnar AB, Göteborg mellan december och juni 2004. Det omfattar 20 akademiska poäng och utgör avslutningen på civilingenjörsutbildningen i Maskinteknik.

Först och främst vill vi tacka våra handledare Sebastian Vrbanc på Volvo Lastvagnar samt Daniel Hellström och Ola Johansson på Institutionen för Förpackningslogistik.

Vi vill även rikta ett stort tack till Andreas Nygren, Hanna Gustavsson och Bert Eriksson med flera på Volvo Lastvagnar för att de har gjort det möjligt för oss att samla in den information som behövdes för att utföra detta arbete.

Göteborg 2004-06-20

Tommy Hansson & Thomas Johansson

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1. Bakgrund	1
1.2. Problemformulering	1
1.3. Syfte	2
1.4. Avgränsningar	2
1.5. Målgrupp	3
1.6. Rapportens upplägg	3
2. Metod	4
2.1. Vårt synsätt	4
2.2. Undersökningsmetod	4
2.3. Datainsamlingsmetoder	4
2.4. Analysmetoder	5
2.5. Tillvägagångssätt	5
2.6. Källkritik	5
3. Teoretisk referensram	7
3.1. Processynsättet	7
3.1.1. Historia och uppkomst	7
3.1.2. Är det någon skillnad på flöde och process?.....	7
3.1.3. Processer idag.....	7
3.2. Lean Production	8
3.2.1. Ursprung.....	8
3.2.2. Grundtankar	9
3.2.3. Införande	10
3.2.4. Centrala begrepp	12
3.2.5. Verktyg.....	14
3.3. Produktionssystem	16
3.3.1. Parallellutformad produktion	16
3.3.2. Linjeutformad produktion	16
3.4. Simulering	17
3.4.1. Historik.....	17
3.4.2. Allmän översikt av modeller och system	17
3.4.3. Användningsområden.....	18
3.4.4. Fördelar med simulering	19
3.4.5. Nackdelar med simulering	19
3.4.6. Automod.....	19
3.4.7. Simulerings metodik	21
4. Företagsbeskrivning	25
4.1. Volvo	25
4.1.1. Volvos historia	25

4.1.2.	Volvo Lastvagnar	25
4.1.3.	Volvo Powertrain i Köping	26
4.2.	ArvinMeritor	26
5.	Systembeskrivning	27
5.1.	Produkten översiktligt	27
5.2.	Processen översiktligt.....	28
5.3.	Dagens axelprocess.....	29
5.3.1.	Leverantörer	29
5.3.2.	Intag.....	30
5.3.3.	Måleriet	31
5.3.4.	Axelmonteringen.....	35
5.3.5.	Axelställaget.....	35
5.3.6.	Problem i dagens upplägg utifrån intervjuer	35
5.4.	Den kommande axelprocessen	36
5.4.1.	Leverantörer	36
5.4.2.	Intag.....	36
5.4.3.	Måleriet	38
5.4.4.	Axelbufferten	38
5.4.5.	Axelmonteringen.....	38
5.5.	Informationsflödet översiktligt	38
5.5.1.	Måleriets specifika planering	39
6.	Fallstudien.....	41
6.1.	Tillvägagångssätt.....	41
6.2.	Presentation av axelprocessens värdeflöde.....	42
6.3.	Diskussion	44
6.3.1.	Övergripande nivå.....	44
6.3.2.	Detaljerad nivå	45
7.	Simulering av måleriprocessen.....	49
7.1.	Modellbeskrivning.....	49
7.1.1.	Konceptuellmodell	50
7.1.2.	Indata.....	50
7.1.3.	Grundläggande styrningsstrategi.....	51
7.1.4.	Mixstyrning av axlar	51
7.1.5.	Bufferhantering	51
7.1.6.	Produktionstakt.....	52
7.2.	Verifiering	52
7.3.	Validering.....	52
7.4.	Experimentdesign.....	53
7.4.1.	Urvalskriterier	53
7.4.2.	Experiment 1	54
7.4.3.	Experiment 2	55
7.4.4.	Experiment 3	56
7.5.	Sammanfattning av experimentella resultat.....	57

7.6.	Diskussion	58
7.6.1.	Störningskänslighet	58
7.6.2.	Exportnedtaget	58
7.6.3.	Trolleybufferten	58
7.6.4.	Kapaciteten i måleriet.....	59
7.6.5.	Bufferten.....	59
7.6.6.	De utförda experimenten	59
8.	Slutsatser.....	60
8.1.	Slutsatser från fallstudien.....	60
8.2.	Slutsatser från simuleringsstudien	61
9.	Förslag till fortsatt arbetet	63
10.	Källförteckning.....	64
10.1.	Litteratur.....	64
10.1.1.	Böcker	64
10.1.2.	Artiklar	65
10.2.	Muntliga källor	65
10.3.	Elektroniska källor.....	66

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Volvo Lastvagnars nuvarande slutmonteringsanläggning i Tuve, Göteborg stod klar år 1979. Fram tills dess var Volvo Lastvagnars slutmontering i Sverige placerad i Lundby, Göteborg. Från början var anläggningen i Tuve tänkt som ett centrallager för hela Europa. Under början av 80-talet ökade dock efterfrågan på lastvagnar vilket ledde till att slutmonteringen flyttades från Lundby till Tuve. Samtidigt skedde en utveckling av lagerhanteringsmetoderna som möjliggjorde en yteffektivare lagerhållning. Volvo Lastvagnar såg därmed möjligheten att frigöra ytor vilket resulterade i investeringen i ett helautomatiskt höglager samt carriersystem år 1985. Därmed frigjordes det så mycket yta att det fanns möjlighet för Tuve att även hantera chassimontering som vid tidpunkten fanns i Torslanda, Göteborg. Chassimonteringen anlades i en parallell layout med sex individuella chassidockor. År 1988 togs även axelmonteringen till Tuve från Lundby, axelmonteringen anlades även den i en parallell layout. Parallell layout valdes för att skapa den produktflexibilitet som krävdes för att hantera variantfloran samt på grund utav de fördelar i arbetssituation som en parallell layout ansågs ha framför en linje. Samtidigt som axelmonteringen flyttades byggdes det också ett delvis automatiserat måleri för axlarna i Tuve. Tidigare hade axlarna målats helt manuellt i Lundby.

På senare år har produktutvecklingen förändrat förutsättningarna genom att minska behovet av produktflexibilitet i tillverkningsprocessen för Volvo Lastvagnar. Parallellt med produktens ändrade förutsättning sker en ständig ökning i konkurrensen för Tuve. Konkurrensen skapar ett behov av att kontinuerligt effektivisera monteringsprocessen. Det finns samtidigt problem i den nuvarande parallella processen i form av exempelvis höga materialhanteringskostnader, ergonomiska problem och kapacitetsbrister, som skapar stora variationer i buffertnivåerna. Dessa problem i kombination med den ökande konkurrensen och de möjligheter som produktförändringarna medfört har lett fram till att en ny produktionsstrategi grundlagd i Lean Production utarbetats i Tuve. I enlighet med Lean Production har Tuve inlett arbetet med att skapa en fullständigt linjebaserad tillverkning. Därför togs det under hösten år 2003 beslut om investering i en axel- samt chassilinje, alltså ett uppförande av bland annat en helt ny axelprocess. Denna axelprocess är utarbetad i överensstämmelse med Tuves nya produktionsstrategi grundad i Lean Production.

Under den förstudien som bedrivits för att skapa underlag till investeringsbeslutet för en linjebaserad axelmontering har en av förutsättningarna varit att måleriet skulle avvecklas innan uppförandet av axellinjen. Denna förutsättning har ändrats och måleriet är nu planerat att finnas kvar under en övergångsperiod. Det framtida linjebaserade upplägget är mer sårbart för avvikelser i produktionssekvensen eftersom buffertnivåerna är lägre än i det nuvarande systemet. Axelmåleriets utformning låser produktionssekvensen vilket kan skapa problem i den framtida processen. Detta har skapat behov av en djupare analys av axelmåleriets inverkan på den kommande monteringsprocessen.

1.2. Problemformulering

För att få en bra grund att ta avstamp från bör den nuvarande axelprocessen undersökas och jämföras med den kommande axelprocessen vilket leder fram till följande frågeställning:

Hur förhåller sig den nuvarande axelprocessen gentemot den kommande linjebaserade axelprocessen utifrån ett synsätt grundat i Lean Production och vilka möjligheter till förbättringar finns?

För att besvara denna frågeställning krävs det att följande delproblem besvaras:

- Hur ser den nuvarande axelprocessen ut?
- Vilka problem finns i den nuvarande axelprocessen?
- Vilken inverkan har problemen på den kommande axelprocessen?
- Finns det potential för förbättringar i den kommande axelprocessen?

Den låsta produktionssekvensen ökar sårbarheten hos den framtida axelprocessen, sårbarheten kan minskas genom ökade buffertnivåerna. Ur ett Lean Production perspektiv bör dock buffertnivåer minimeras. Därför bör följande frågeställning besvaras:

Vilken produktionsmix av axlar ger den minsta buffertnivån mellan axelmåleriet och axelmonteringen med bibehållen kapacitet?

- Nedan följer ett antal delfrågeställningar som ska hjälpa till att besvara ovanstående frågeställning:
- Hur fungerar dagens måleri process?
- Hur många varianter finns det av varje axel och hur inverkar detta på måleriprocessen?
- Vilka parametrar är det som styr buffertnivån?
- Vilken felfrekvens har de olika delprocesserna i axelmåleriet?

1.3. Syfte

Eftersom problemformuleringen kan delas upp i två problem enligt styckesindelning ovan har vi i detta examensarbete valt att även dela upp syftet i två delsyften:

- Att jämföra den nuvarande och kommande axelprocessen utifrån ett perspektiv grundlagt i produktionsstrategin Lean Production och genom analysen föreslå förbättringar av den kommande axelprocessen
- Att föreslå en produktionssekvens för måleriet som minimerar buffertstorleken i axelprocessen

1.4. Avgränsningar

I den del av examensarbetet som behandlar det första av de ovanstående syftena används en fallstudie av axelprocessen. Fallstudien avgränsas till att behandla flödet av axlar och information från det att axeln transporteras från leverantören tills dess att axeln monteras i chassimonteringen eller lämnar Tuves måleri för export. Vidare avgränsas analysen till att bara innefatta huvudflödet av axlar och inte de förarbeten som sker utmed huvudflödet.

Det andra syftet uppfylls genom en simuleringsstudie. Den avgränsas genom att behandla axlarna från det att de anländer till måleriet tills dess att de lämnar måleriprocessen. Vidare avgränsas studien genom att utgå från målet att minimera buffertnivåer genom att variera produktionsmixen av axlar.

1.5. Målgrupp

Detta examensarbete vänder sig i första hand till personer med intresse för Lean Production i kombination med simulering. Målgruppen är i första hand produktionsteknik på Volvo Lastvagnar i Tuve samt institutionen för förpackningslogistik vid Lunds Tekniska Högskola och i andra hand andra intresserade studenter.

1.6. Rapportens upplägg

Kapitel 1, Inledning

Det första kapitlet beskriver studieobjektet samt bakgrund och förutsättning för examensarbetet.

Kapitel 2, Metod

Kapitel två tar upp det synsätt som ligger till grund för examensarbetet samt de undersökningsmetoder som valts. Vidare beskrivs det tillvägagångssätt som använts.

Kapitel 3, Teoretisk referensram

I kapitlet redogörs för de teorier som studerats och använts. Teorikapitlet är främst till för att ge intresserade läsare möjlighet att stärka sina teoretiska kunskaper och därigenom öka förståelsen och möjligheten att föra egna resonemang.

Kapitel 4, Företagsbeskrivning

För att få en övergripande förståelse för de aktörer som nämns i examensarbetet innehåller kapitel fyra beskrivningar av företagen i allmänna drag.

Kapitel 5, Systembeskrivning

I systembeskrivningen beskrivs produkten samt axelprocessen i en flödesbaserad ordning, dels den nuvarande axelprocessen dels den kommande axelprocessen. Måleriprocessen beskrivs i kapitlet mer utförligt än övriga delar av axelprocessen för att skapa en grund för en konceptuell modell inför simuleringen.

Kapitel 6, Fallstudie

I kapitel 6 beskrivs först den fallstudie som genomförts därefter presenteras resultaten. De två uppläggen av axelprocessen jämförs utifrån ett antal parametrar. Kapitlet avslutas genom att de möjligheter till förbättringar som upptäckts i fallstudien presenteras.

Kapitel 7, Simuleringsstudie

Kapitlet beskriver simuleringsstudiens genomförande samt de resultat som experimenten givit. Avslutningsvis diskuteras resultaten och de observationer som gjorts under studien samt en möjlig produktionsstyrning av måleriet presenteras.

Kapitel 8, Slutsatser

I detta kapitel presenteras de gemensamma slutsatser som kan dras ur de två genomförda studierna.

2. Metod

I metodkapitlet redogörs för vårt synsätt, de metoder som använts samt tillvägagångssättet för examensarbetet.

2.1. Vårt synsätt

Vi anser att vårt arbete bör grunda sig i ett systemsynsätt eftersom vårt undersökningsobjekt är en del av ett system. Systemet innefattar Volvo Lastvagnar i Tuve samt leverantörerna av axlar. Delsystemet som studeras består av axelflödet från leverantör till slutmontering. Delarna i systemet är beroende av varandra, det går därför inte att plocka ut dem och undersöka dem var för sig utan de måste undersökas utifrån helhetens egenskaper. Detta stämmer väl med systemsynsättet som säger att summan av delarna då de sätts ihop till ett system inte alltid är den samma som summan av delarna då de är åtskilda. Detta beror på att det kan finnas relationer mellan delarna som ger upphov till synergieffekter. På grund utav problemets omfattning och vår tidsbegränsning har vi trots vårt systemsynsätt tvingats till vissa avgränsningar (dessa redogörs för i kapitel 1.4.).¹

2.2. Undersökningsmetod

Vårt arbete grundas i ett Lean Production perspektiv med detta menas att teorin bakom Lean Production används som grund i resonemang och beslut. Alltså tar vi utgångspunkt i en teori och ansätter den på vårt objekt vilket leder till en deduktiv utgångspunkt. Eftersom problemställning bestod av två olika huvudfrågor som ledde fram till två syften krävdes två olika metoder. Därför har vi valt att arbeta parallellt med en fallstudie samt en simuleringsstudie.

En fallstudie innebär en djupgående och detaljerad analys av ett specifikt fall. Studien bygger på att undersöka och förstå sambanden mellan olika variabler för att kunna förstå helheten². Ändamålet med en fallstudie stämmer väl överens med det första delproblemet som i sin natur krävde en djupgående studie.

Simulering innebär att designa en modell av ett verkligt system och att med hjälp av denna modell utföra experiment i syfte att förstå eller utvärdera det verkliga systemet³. Komplexiteten i det andra delproblemet möjliggjorde ej en analytisk lösning och därför valdes en simuleringsstudie som metod i det fallet.

De två metoderna ger oss en möjlighet till triangulering samt synergier i datainsamlandet⁴.

2.3. Datainsamlingsmetoder

Eftersom problemen krävde djupgående undersökningar var det naturligt att använda flera olika former av datainsamlingsmetoder. Inledningsvis genomfördes en grundlig litteraturstudie för att få ytterligare förståelse för relevanta teorier samt metoder. Därefter genomfördes ett antal semistrukturerade intervjuer med nyckelpersoner inom processen i fallstudien, intervjuerna utgör grunden i den kvalitativa data som samlats in. För att få ytterligare förståelse av processen och för att kunna genomföra en värdeflödeskartläggning

¹ Arbnor, I. & Bjerke, B. *Företagsekonomisk metodlära*, 1994

² Merriam, Sharan B.: *Fallstudien som forskningsmetod*, 1994

³ Klingstam, P. & Gullander, P. 1998

⁴ Hellström, D. & Nilsson, F., *Combining Case Study And Simulation Methods In Logistics Research*, 2004

gjordes därefter observationer. Under värdeflödeskartläggningen användes både den så kallade "real walk through" metoden och "virtual walk through" metoden (se kap. 3.2.5). I simuleringen har dessutom kvantitativ data i form av loggar över genomförd produktion såväl som dokumentation av planerad produktion samlats in. Under hela arbetet har dessa datainsamlingsmetoder varvats med diskussionsinriktade intervjuer för att få en uppfattning om hur de personer som är inblandade i processen ser på sina arbetsuppgifter och om det finns några eventuella problem.

2.4. Analysmetoder

I fallstudien genomfördes en värdeflödesanalys (se kap. 3.2.5) som är ett analysverktyg i produktionsstrategisynsättet Lean Production. I simuleringsstudien användes diskret simulering med hjälp av mjukvaran Automod (se kap. 3.4.6).

2.5. Tillvägagångssätt

Första tiden ägnades åt att vi satte oss in i uppgiften och kom i ordning på Volvo Lastvagnar i Tuve. Därefter tog vi oss tid att ta fram ett detaljerat Gantschema för examensarbetet. I den påföljande litteraturstudien strukturerades informationen upp i olika kategorier. Dels utifrån Lean Production perspektivet som ligger till grund för hela arbetet dels efter de två olika metoderna som valts, simulering samt fallstudie. I litteraturstudien dokumenterades informationen, på detta sätt skapades ett först utkast till teoriavsnittet i rapporten.

Teoriskrivandet övergick successivt i en första observation av hur axelprocessen fungerade på ett övergripande plan. Därefter genomfördes de observationer som ligger till grund för de värdeflödeskartor som upprättats. I samband med detta arbete genomfördes även besök hos leverantörerna av axlar. De upprättade värdeflödeskartorna användes för att genomföra en värdeflödesanalys i vilken en karta över informationsflödet även ingår.

De upprättade värdeflödeskartorna användes därefter för att skapa en konceptuell modell för simuleringen av måleriet. Simuleringen genomfördes i en iterativ process där modellen byggdes upp parallellt med att ytterligare information inhämtades. Då modellen validerats genomfördes ett antal experiment iterativt för att uppfylla syftet med simuleringsstudien.

2.6. Källkritik

I litteraturstudien finns det en risk att använda sig av olämplig litteratur. Konsekvensen kan bli att relevant information och nya aspekter som kunde ha bidragit till arbetets utveckling missas. För att minimera denna risk söktes rekommendationer av litteratur från en mängd källor för att få en bred uppfattning av relevanta teorier.

De intervjuer som genomföres har varit muntliga eller över telefon. Risken vid de diskussionsinriktade intervjuerna är att inte få de konkreta svar som man är ute efter. Det finns dessutom en risk att helt glömma bort en del frågor. Detta anser vi inte vara några större problem eftersom de intervjuade personerna varit stationerade nära oss själva och därmed har eventuella kompletterande frågor lätt kunnat ställas igen.

En risk vid observationerna som genomförts har varit att vi på något sätt, medvetet eller omedvetet, påverkat objektet som observerats. Genom att förklara innebörden av studien så har denna risk minimerats.

De kvantitativa mätningar som gjorts har säkerställts genom att rådfråga medarbetarna i processen om värdenas tillförlitlighet.

3. Teoretisk referensram

I kapitlet redogörs för de teorier som studerats i litteraturstudien. Först utreds begreppet process därefter beskrivs innebörden av Lean Production och för och nackdelar med olika produktionssystem. Kapitlet avslutas med en genomgång av simuleringsteori.

3.1. Processynsättet

”En process är ett repetitivt nätverk av i ordning länkande aktiviteter som använder information och resurser för att transformera objekt in till objekt ut, från identifiering till kundtillfredställelse av kundens behov.”⁵

3.1.1. Historia och uppkomst

Processynsättet har sitt ursprung inom många olika områden så som logistik, produktutveckling, tjänsteutveckling, organisationslära osv. Begreppet process myntades i industrialismens början. Två utav förgrundsfigurerna till dåtidens processynsätt är Taylor och Adam Smith. Smith beskrev redan på 1700 talet, före Taylor, den rationaliseringspotential som fanns i ”specialisation of labour”, vilket innebär identifiering och optimering av moment i tillverkningsprocessen. Dåtidens synsätt skiljer sig dock en hel del från dagens synsätt. På den tiden fanns ett mer mekanisk tankesätt, det vill säga processen sågs som en maskin med ett flöde. Fokus på flöde var uppenbart, helhetssynen var mycket funktionsorienterad och hierarkisk vilket står i motsats till dagens processtänkande.⁶

Förr fanns även en annan syn på människorna som jobbade inom organisationen, det fanns även en helt annan syn på kunden, fokus låg på tillverkningsprocesserna och målet var att trycka ut så många enheter som var möjligt.⁷

Senare var det Porter med sin värdekedja som gav bidrag till processtänkandet. Värdekedjan är en modell avsedd att analysera värdeskapande för kunden. Tyvärr passar inte denna modell överens med dagens verklighet mycket på grund av dess linjäritet. Dagens synsätt med nätverksbaserade relationer är långt ifrån Porters linjära synsätt.⁸

3.1.2. Är det någon skillnad på flöde och process?

Ett flöde har ett väldefinierat ”objekt in” och ett ”Objekt ut”. En process däremot behöver inte ha något tydligt input eller output. Keen menar i ”The Process Edge” att många processer inte får den uppmärksamhet de behöver på grund av att de saknar ett specifikt flöde. Keen skriver också att orsaken till att det är svårt att särskilja flöde och process är att processen har sitt ursprung i produktionen där det finns ett tydligt flöde av produkter.⁹

3.1.3. Processer idag

Dagens synsätt skiljer sig alltså på många punkter mot det tidigare. Dagens synsätt förutsätter ett systemtänkande, helheten är det viktiga, från uppkomst av behov till tillfredställelse av behovet. Det är även viktigt att kunden avgör om processen är effektiv eller inte. I de tidigare

⁵ A Ljungberg, E Larsson, *Processbaserad verksamhetsutveckling*

⁶ Ibid

⁷ Ibid

⁸ Ibid

⁹ Peter G.W Keen, *The process edge*, 1997

synsätten var det antalet producerade artiklar som avgjorde om processen var effektiv eller inte.¹⁰

3.2. Lean Production

Det bakomliggande strategisynsättet i vårt arbete är Lean Production där eliminering av allt slöseri är grundtanken. Lean Production har utvecklats ur de första trevande försöken att styra massproduktionen som genomfördes av Henry Ford i industrialismens barndom. Dessa idéer vidareutvecklades av Japanerna, speciellt personer inom företaget Toyota, vilket mynnade ut i Toyota Production System som omformulerades av Womack J. P. et. al. i boken "The Machine That Changed The World". Nedan följer en beskrivning av utvecklingen fram till dagens Lean Production där det främst är aspekter relaterade till tillverkning som tas upp.

3.2.1. Ursprung

I slutet av 1800-talet började den industriella verksamheten komma igång. Fram till dess hade produktionen präglats av hantverksskicklighet och därmed var det arbetarna som bäst visste hur produktionen skulle genomföras. F. W. Taylor noterade detta då han avancerade från lärling i en mekanisk verkstad till förman för företaget Midvale Steel Company i USA. Taylor upptäckte att arbetarna kunde hålla igen på arbetstakten eftersom det var de som bäst visste hur arbetet skulle utföras. Detta slöseri med mänskliga resurser ville Taylor komma till rätta med och visa på hur företagsledningen bättre skulle kunna styra verksamheten. Grundtanken i hans synsätt var att arbetet skulle skiljas från arbetaren vilket medförde att arbetet blev objektivt och kunde standardiseras. På detta sätt kunde arbetaren betraktas som en operatör och hans arbetskraft blev en vara på en marknad.¹¹

Fordism

När Henry Ford på 1910-talet startade sin masstillverkning av bilar tog han intryck av Taylors synsätt. Ford införde det löpande bandet i motorfabriken Highland Parks i Detroit och effektiviteten förbättrades genom att de anställda inte själva kunde bestämma takten på sitt arbete längre.¹²

Fords tre principer bakom massproduktionen var:¹³

- En planerad, regelbunden och kontinuerlig förflyttning av produkter genom tillverkningen
- Arbetsuppgifter tilldelas de anställda istället för att den anställda själv skall ta initiativ till att finna sin arbetsuppgift, därigenom kunde arbetet effektiviseras
- Analys av tillverkningens olika moment och en fördelning av antalet moment till varje anställd

Fords intention var alltså att skapa ett flöde av sammankopplade processer i tillverkningen genom att eliminera allt slöseri. Arbetet bestod av enkla upprepande arbetsuppgifter som vem som helst skulle kunna utföra. Detta krävde ett begränsat antal varianter av produkter. Efter andra världskriget ökande däremot efterfrågan på olika varianter vilket löstes genom att

¹⁰ A Ljungbeg, E Larsson, *Processbaserd verksamhetsutveckling*

¹¹ Sandkull, B., Johansson J., *Från Taylor till Toyota*, 2000

¹² ibid.

¹³ ibid.

buffertar lades in mellan de olika stationerna vilket avsevärt minskade det löpande bandets effektivitet.¹⁴

Toyota Production System

Begreppet TPS nämndes för första gången 1977 i artikeln *Toyota Production System and Kanban Productions Systems: Materialization of Just-in-Time and Respect-for-Human System* av Sugimori et. al.¹⁵. Ett år senare kom Taiichi Ohnos bok *Toyota Productin System* ut i engelsk översättning. Modellen är dock äldre än så och utvecklades av ett antal olika personer inom Toyota under en period av nittio år¹⁶.

Förutsättningarna som formade TPS var helt olika de som rådde då Fordismen utvecklades. De anställda krävde mer innehållsrika och omväxlande arbetsuppgifter än vad som var fallet under den tid då Fords massproduktionssynsätt uppkom¹⁷. Toyota hade dessutom ont om både yta och kapital vilket medförde att de inte kunde investera i de avancerade maskinparken som krävdes för massproduktion ej heller integrera vertikalt. De agerade dessutom på en liten marknad som krävde en stor flora av varianter. De ovan nämnda faktorerna tvingade Taichi Ohno att tänka innovativt och medförde att TPS utvecklades till vad det är idag.¹⁸

Den övergripande målsättningen med TPS är att minimera produktionskostnaderna genom att eliminera allt slöseri som inte tillför värde.

Grundstenarna i TPS är:¹⁹

- Eliminering av allt slöseri
- Satsa på total kvalitet
- Informera och förbereda de anställda

TPS kan definieras enligt följande: En tillverkningsstrategi som minskar tiden mellan kundordern och leverans genom att eliminera slöseri²⁰. En viktig aspekt är att de anställda skall vara integrerade medarbetare, som en familj, trots att produktionssystemet bygger på de taylorismiska idéerna om arbetsdelning. Denna aspekt uppfylls ofta inte i västvärlden där anställningen betraktas som ett kontrakt om köp av arbetskraft. För att uppfylla grundstenarna ovan så krävs det att de anställda är beredda att ta ansvar men även att de får nog med information för att ha möjlighet till det. De anställda skall även vara mångsidiga för att kunna utföra skilda arbetsuppgifter samt vara villiga till att arbeta övertid.²¹

3.2.2. Grundtankar

I boken *The Machine That Changed The World*, Womack J. P. et. al., presenterades konceptet Lean Production för första gången. Boken tar upp en mängd data från benchmarking för att påvisa överlägsenheten hos den Japanska produktionsmodellen och då främst *Toyota Production System*.²² Målet med Lean Production är att göra mer och mer med mindre och

¹⁴ Rundqvist, T., *Kompendium Tillverkningsssystem*, 1998

¹⁵ Sandkull, B., Johansson J., *Från Taylor till Toyota*, 2000

¹⁶ Ronald M. Becker, *Learning to think lean: Lean manufacturing and the Toyota production system*, 2001

¹⁷ Rundqvist, T., *Kompendium Tillverkningsssystem*, 1998

¹⁸ Liker, Jeffrey K., *Becoming Lean: inside stories of U.S. manufactures*, 1998

¹⁹ Sandkull, B., Johansson, J., *Från Taylor till Toyota*, 2000

²⁰ Shook, J., Rother, M., *Lära sig att se...*, 2001

²¹ Sandkull, B., Johansson, J., *Från Taylor till Toyota*, 2000

²² Womack J. P., Jones D.T., *Lean Thinking*, (2003)

mindre. Lean Production bygger på fem begrepp som är väsentliga för att skapa värde och eliminera slöseri; värde, värdeflöde, flöde, pull och perfektion, diskuteras utförligare i kapitel 3.2.3.²³ Genom att knyta samman dessa fem begrepp menar Womack et.al. att företag kan maximera sin konkurrenskraft.

Lean Production är en prestationsbaserad process som bygger på att öka konkurrenskraften genom att minska tiden till marknad för nya produkter, reducera tillverkningskostnaden samt personalkostnaden och eliminera icke värdeadderande aktiviteter och processer. Genom kontinuerliga förbättringar elimineras slöseri och icke värdeadderande stopp inom organisationen. Fokus ligger på utrustningens tillförlitlighet, balanserad produktion och Just-In-Time system för kontroll av material. Andra delar är statistiska kontrollsystem för kvalitetskontroller och utarbetandet av organisationsformer som stödjer den tekniska processen.

Den grundläggande tanken i Lean Production är att värde skapas ur kundens ögon, det är de som betalar för produkten eller servicen som de konsumerar. För att maximera värdet som skapas i förädlingskedjan är det tvunget att ta hänsyn till hela förädlingskedjan och inte bara en enskild aktör. För att skapa möjlighet för detta krävs transparens mellan aktörerna både uppströms och nedströms. Transparensen möjliggör att strategier, kostnader och information delas lämpligt mellan de olika aktörerna²⁴. Ytterligare en grundtanke inom Lean Production är att när en förbättring är genomförd är det nödvändigt att sätta upp ett program för underhåll så att förbättringen inte omedelbart försvinner igen. En period av underhåll ger förändringen tid att sjunka in därefter kan nästa runda med förbättringar initieras för att komma ytterligare närmare det ultimata målet av perfektion.²⁵

Ett av Lean Production konceptets viktigaste mål är att skapa ett tryck att eliminera slöseri och att genomföra kontinuerliga förbättringar. Detta sker t.ex. genom eliminering av buffertar. Utmaningen ligger i att motstå den naturliga reaktionen att söka säkerhet, genom bufferts, vilket gör att införandet av Lean production ofta blir obehagligt och innebär merarbete. Lean production skapar på detta sätt ett bättre övergripande produktionssystem, man angriper roten till det onda och försöker inte dölja problemen.²⁶

3.2.3. Införande

Nedan presenteras ett antal principer som enligt Womack et.al. bör beaktas för ett lyckat införande av Lean Production.

1. Värde

Enda anledningen ur en kunds perspektiv att en leverantör existerar är att den skapar värde. Det är därför mycket viktigt att skapa värde i slutkundens ögon och att detta värde är kopplat till en specifik produkt eller tjänst. Ur ett Lean perspektiv är det inte väsentligt var värdet skapas, varken den geografiska platsen eller den organisatoriska. Att specificera värdet korrekt ur kundens ögon är alltså det första viktiga steget i Lean Production.²⁷

2. Värdeflödet

²³ Womack J. P., Jones D.T., *Lean Thinking*, 2003

²⁴ Hines, P. et. al., *Value stream management: strategy and excellence in the supply chain*, 2000

²⁵ Ibid.

²⁶ Meier D., *Learning to think lean: The reality of lean manufacturing*, 2001

²⁷ Womack J. P., Jones D.T., *Lean Thinking*, 2003

Det andra steget är att värdeflödet för respektive produkt identifieras. Värdeflödet är alla de värdeadderande och icke värderande aktiviteter som behövs för att transformerar råvara till färdig produkt. Att identifiera hela det specifika flödet brukar normalt innebära att stora mängder slöseri upptäcks. Då det värdeflödet kartläggs delas aktiviteterna in i tre olika typer:

- Direkt värdeskapande
- Nödvändiga med det nuvarande produktionsupplägget men inte värdeskapande (Muda typ 1)
- Icke värdeskapande och ej heller nödvändiga (Muda typ 2)

När aktiviteterna är indelade är nästa steg att eliminera slöseriet av typ två för att sedan gå vidare och försöka ändra förutsättningarna för att kunna eliminera ännu mera slöseri. Det är viktigt att implementera ett processtänkande genom att sätta framställandet av produkten i centrum och därmed undvika suboptimering mellan de olika delprocesserna i värdeflödet. Samarbete och transparens i hela försörjningskedjan är alltså en nödvändighet för att lyckas eliminera så mycket slöseri som möjligt.²⁸

3. Flöde

Det tredje steget efter det att hela värdeflödet identifierats och det uppenbara slöseriet eliminerats är att skapa ett flöde genom de kvarvarande värdeadderande aktiviteterna. Det klassiska batch- och avdelningstänkandet innebär långa ledtider på grund av att produkterna huvuddelen av tiden väntar på nästa bearbetningssteg, samtidigt sker en kraftig suboptimering mellan de olika avdelningarna. Fokus bör ligga på produkten och dess behov, hellre än på organisationen och utrustningen, så att alla nödvändiga aktiviteter som design, orderprocess, och tillverkning sker i ett kontinuerligt flöde. Det optimala är att uppnå enstycksflöde genom hela värdeflödet. För att uppnå detta krävs ett processtänkande med produktteam istället för avdelningar samt att komma till rätta med långa omställningstider som främjar batchtänkande.²⁹

4. Pullstyrning

För att minimera lagernivåer och för att vara säker på att rätt produkter tillverkas i rätt sekvens bör tillverkningen styras genom ett sug från kunderna. Genom att säljaren omedelbart rapporterar försäljningen till leverantören och leverantören i sin tur rapporterar vidare uppåt i flödet så skapas ett sug av produkter. På detta sätt drar eller suger kunderna fram produkter istället för att produkter tillverkas mot prognos. Därmed tillverkas rätt produkter vid rätt tillfälle och slöseriet minskar avsevärt.³⁰

5. Perfektion

De fyra första stegen på vägen mot att bli Lean korrelerar positivt med varandra och skapar en positiv spiral vilket leder till det femte steget, perfektion. Steget bygger på att skapa en kultur där medarbetarna aldrig är nöjda och ständigt försöker förbättra värdeflödet. Det räcker inte att jämföra sig med andra utan strävan efter perfektion är nödvändig för att inte hamna efter konkurrerande värdeflöden.³¹

²⁸ Womack J. P., Jones D.T., *Lean Thinking*, 2003

²⁹ Ibid

³⁰ Ibid

³¹ Ibid

3.2.4. Centrala begrepp

Många av de centrala begreppen i Lean Production är hämtade från TPS och används som en form av redskap för att arbeta med Lean Production. Nedan presenteras fem centrala begrepp för Lean Production.

1. Muda – Slöseri
2. Heijunka – Utjämnad produktion
3. JIT - Just In Time
4. Anpassad materialhantering
5. Kanban - Informationskort

Muda – Slöseri

Eliminering av slöserier är centralt i Lean Production som betraktar alla aktiviteter som inte är värdeskapande ur slutkundens ögon för slöseri³². Slöseri är alltså all resursförbrukning som inte är nödvändig för att framställa produkten. I Lean Production används sju olika typer av slöseri som alla är viktiga att komma tillrätta med.³³

1. Överproduktion

Denna form av slöseri anses som den värsta eftersom den hämmar ett jämnt flöde av produkter och försämrar kvalitén och produktiviteten. Överproduktion bidrar till ökade buffertar och längre ledtider vilket i sin tur bidrar till ökade kostnader i form av bundet kapital. Defekter upptäcks senare och produkter kan i vissa fall bli gamla innan de används dessutom så kan det bildas ett artificiellt arbetstryck som tar resurser i anspråk. Den här typen av slöseri uppkommer ofta på grund av att belöningsystemet uppmuntrar till att trycka fram produkterna.

2. Väntan

När tid används ineffektivt uppstår slöseri i form av väntan. Inom tillverkningen sker det när produkter inte förflyttas eller bearbetas. Det ideala tillståndet är när ingen väntetid uppstår och ett konstant snabbare flöde. Den väntetid som trots allt uppstår för de anställda bör användas till inkrementella förbättringar (Kaizen) samt träning av de anställda och ska inte resultera i överproduktion.

3. Transport

Handlar om när produkter förflyttas inom tillverkningen. Det optimala tillståndet är om det inte behövs några transporter överhuvudtaget vilket gör att en minimering av transporterna eftersträvas. Eftersom transporterna i sig inte tillför värde anses de vara slöseri dessutom ökar risken för hanteringsskador och informationsflödet försämras med avståndet.

4. Olämplig bearbetning

Detta spill uppkommer på grund av att aktiviteten utförs på ett mer komplicerat sätt än vad som är nödvändigt. Ett exempel på detta skulle vara en stor och komplex maskin istället för många mindre maskiner. Den stora komplexa maskinen uppmanar till överproduktion för att betala tillbaka den stora investeringen samt även en försämring i layouten som i sin tur leder till längre transporter samt försämrad kommunikation. Olämplig bearbetning uppkommer även då maskiner används utan tillräcklig säkerhetsanordningar.

5. Onödig lagring

³² Womack J. P., Jones D.T., *Lean Thinking*, 2003

³³ Hines, P. et. al., *Value stream management: strategy and excellence in the supply chain*, 2000

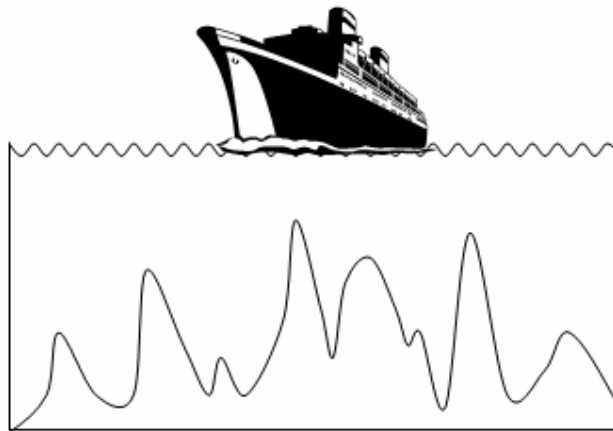
Detta spill leder till att ledtider ökar, defekter upptäcks senare och att avstånden ökar vilket leder till sämre kommunikation. Ökade lagernivåer leder även till en ökad kostnad i form av bundet kapital. Buffertar döljer även problem vilket symboliseras av den ”japanska sjön”, se figur 1. För att gå till botten med problemens orsak är det därför viktigt att arbeta med att försöka minska lagernivåerna.

6. *Onödig rörelse*

Detta slöseri handlar om den ergonomiska utformningen av arbetsplatsen. Det är viktigt att utforma operatörernas arbetsplats så att låga lyft och andra farliga moment i största mån undviks. Denna form av slöseri är uttröttande för de anställda och hämmar produktivitet samt kvalitet i det långa loppet.

7. *Kassationer*

Felaktiga produkter orsakar direkta kostnader vilket gör dem allvarliga. Inom Lean Production anses en kassation vara en möjlighet till förbättring oftast orsakad av dåligt ledarskap. Inställningen leder till att kassationer bör utlösa *Kaizen* aktiviteter (ständiga förbättringar) omedelbart.



Figur 1 Japanska sjön som pekar på sambandet mellan lagernivåer och möjligheten att upptäcka problem

Heijunka – Utjämnad produktion

Produktionsplaneringen sker i flera steg, från övergripande årsprognos till enskilda dagar. Målet är ett högt och jämnt kapacitetsutnyttjande av de olika resurserna. För att uppnå det så sker tillverkningen i små batcher. För att detta ska vara möjligt krävs att omställningskostnader och omställningstider hålls låga.

JIT- ”Just In Time”

JIT är en samlingsbeteckning för att styra genom behovsstyrd produktion. Begreppet beskriver intentionen att alla processer i produktionssystemet producerar precis rätt antal produkter vid rätt tidpunkt. Det är viktigt att produktionen varken sker före eller efter den förväntade tidpunkten. Meningen är att bara det som finns behov för skall produceras, alltså det som faktiskt är sålt. För att kunna konkurrera i leveransvillkor med företag som producerar mot lager krävs att korta ledtider uppnås. En stor konkurrensfördel vid JIT produktion är den möjlighet till kund Anpassning som uppkommer. För att kunna klara detta krävs att det finns möjlighet att producera kund Anpassade unika produkter av standardiserade komponenter. JIT innebär kortare ledtider, ökad produktivitet, lägre kapital- och hanteringskostnad, högre kvalitet samt förbättrad flexibilitet och snabbhet.

Anpassad materialhantering – Layouten anpassad efter flödet

Strävan är att layouten på produktionssystemet skall vara orienterad efter materialflödet (flödeslayout till skillnad mot funktionell organisation av produktionssystemet) och anpassad för enstyckstillverkning och snabba transporter. För att underlätta hantering, samlastning och kontroll används standardisering och modularisering. De enskilda resurserna skall dessutom vara utformade för att enkelt kunna utnyttjas för olika ändamål.

Kanban – Informationskort

Genom *Kanbans* signalerar operatören sin förbrukning av material till föregående aktivitet. På detta sätt beställs nytt materiel och det bildas ett ”sug” genom tillverkningen till skillnad emot vid traditionell produktionsstyrning (Material Requirement Planning, MRP) då principen är ”push” det vill säga material trycks genom produktionssystemet. Principen är alltså att den efterföljande arbetsstationen beställer material från den föregående stationen vid behov, i stället för att den föregående stationen levererar enligt en produktionsplan. På kortet (Kanban) står det antal produkter som skall tillverkas. Antalet Kanban i omlopp bestämmer alltså antalet produkter i arbete (PIA) och i eventuella buffertar. Kanban styrning hjälper till att bara avropa den material som är nödvändig och genom att ta bort Kanban kort ett efter ett ges möjlighet att sänka PIA och lagernivåer.

3.2.5. Verktyg

Under arbete har ett antal verktyg använts för att kartlägga och analysera processen ur ett synsätt som baseras i Lean Production. Nedan presenteras alltså bara ett urval av alla de verktyg som finns att tillgå för att lyckas med Lean Production.

1. Värdeflödesanalys
2. Future State Map

Värdeflödesanalys

I det andra steget i ett införande av Lean Production identifieras värdeflödet för respektive produkt genom en värdeflödesanalys. Tanken med värdeflödesanalysen är att den ska göra det enklare att hitta källorna till slöseri. När kartläggning utförs är det viktigt att tänka på att kartlägga hela processen och inte bara ett fåtal aktiviteter eftersom att de flesta problemen oftast uppstår i gränsen mellan två delprocesser. Oftast kartläggs både det fysiska flödet och informationsflödet.

Det fysiska flödet innebär flödet av produkter. Exempel på det som bör undersökas är i det externa flödet; hur stor är en batch, hur ofta kommer transporterna, hur är produkterna packade, hur lång är ledtiden från leverantören. I det interna flödet behövs det exempelvis information angående cykeltider, vilken distans transporteras produkten, vilka lagerpunkter finns, antal operatörer och antalet arbetstimmar per dag. Informationsflödet innebär exempelvis den information som transporteras från kunden eller från prognoser om kunden; denna information bör skickas vidare till hela den egna organisationen samt till leverantörerna för att få god transparens i försörjningskedjan. Transparens i försörjningskedjan är en viktig byggsten för att skapa ett Leant produktionssystem^{34 35}.

³⁴ Christopher, M., Towill, D.R., *Supply chain migration from lean and functional to agile and customised*, 2000

³⁵ Sullivan, W.G., McDonald, T.N., Van Aken E.M. *Equipment replacement decisions and lean manufacturing* 2002

För att samla in information kring en process finns det fyra olika sätt använda³⁶. Det första valet är en så kallad "Real walk through analysis" vilket innebär att en eller två personer vandrar igenom hela processen samtidigt som de intervjuar de olika aktörerna. Det andra är en "Virtual walk through" vilket innebär att en eller två personer från processen förklarar hur den fungerar. Den tredje metoden består i att en grupp från processen beskriver och kartlägger den. Den fjärde och sista metoden innebär att en process skapas utifrån de önskemål och krav som ställs på processen denna metod kallas "Process construction".³⁷ När den övergripande processkartläggning genomförs är det bra att tänka på vissa grundläggande frågor som kan ställas till aktörerna i processen. Exempel på sådana frågor följer nedan.³⁸

1. Vad är det som är aktivitet? Vad är syftet med aktiviteten? Varför görs det? Vad skulle hända om det inte gjordes? Är alla delar i processen nödvändiga?
2. Vem utför arbetet? Varför gör denna person arbetet? Finns det någon som skulle kunna göra det bättre? Är det möjligt att göra någon förändring som möjliggör att en person med lägre utbildning skulle kunna utföra samma uppgift?
3. Vart görs arbetet? Varför görs det här? Skulle det vara möjligt att göra det någon annanstans?
4. När görs arbetet? Varför görs arbete vid denna tid? Skulle det vara möjligt att göra arbetet någon annan tid?
5. Hur utförs aktiviteten? Varför utförs den på detta sätt? Kan den kombineras med en annan aktivitet?³⁹

Future State Map

Genom att framställa en framtida värdeflödeskarta förenklar detta de beslut som måste fattas i samband med förändringar inom produktionen. För att förenkla framtagandet bör de åtta frågorna nedan besvaras. De fem första är grundläggande frågor som hjälper till att besvara grundfrågorna som behövs för att konstruera den framtida kartan. De nästkommande två frågorna tar upp tekniska aspekter angående implementeringen såsom exempelvis kontrollsystem, produktionsmix m.m. aspekter som inte behandlas i värdeflödesanalysen. Den sista frågan behandlar aspekter som behöver förbättras för att processen skall kunna förändras enligt den framtida kartan.⁴⁰

1. Vad är takt tiden
2. Kommer produktionen att producera till en "supermarket" för färdigt gods eller kommer produkterna att skeppas direkt
3. Var kan kontinuerligt flöde utnyttjas
4. Behövs det ett "supermarket" pullsystem inuti värdekedjan
5. Vilken enskild punkt i produktionskedjan kommer att användas för att schemalägga produktionen
6. Hur kommer produktionsmixen att anpassas till den styrande processen
7. Hur kommer produktionsmixen att utjämnas vid den styrande processen, den så kallade flaskhalsen

³⁶ Ljungberg, A., *Measurement Systems and Process Orientation – with Focus on the Order Process*, 1998

³⁷ Ibid.

³⁸ Andersson J, Lindroth R, *Process mapping in supply chains*

³⁹ Ibid.

⁴⁰ Sullivan, W.G., McDonald, T.N., Van Aken E.M. *Equipment replacement decisions and lean manufacturing* 2002

8. Vilken ökning i volymen innebär detta för den styrande processen
9. Vilka processförbättringar är nödvändiga⁴¹

3.3. Produktionssystem

Högt kapacitetsutnyttjande och låg kapitalbindning är två viktiga kriterier på produktionssystem förutom dessa finns det ett antal kriterier till. Nedan görs en jämförelse mellan parallell- och linjeutformad produktion.

3.3.1. Parallellutformad produktion

I denna form av produktionslayout genomförs alla bearbetningsmoment på respektive produkt vid en och samma arbetsstation. Därmed bryts den låsta strukturen hos ett styrande band.

Fördelar

- Driftsäkerheten ökar eftersom det är lägre sannolikhet att flera parallella arbetsstationer samtidigt drabbas av driftstörningar
- Arbetsinnehållet är normalt omväxlande och därmed mer tilltalande det finns dessutom stor möjlighet att påverka sin egen arbetstakt
- Produktions- samt kapacitetsflexibiliteten är hög genom att exempelvis antalet operatörer enkelt kan regleras
- Systemförlusterna är låga

Nackdelar

Effektiviteten minskar då operatörerna inte blir så specialiserade

Materialflödet är komplicerat eftersom allt material måste distribueras till alla arbetsstationer

Kapitalbindningen i produktionsutrustning ökar eftersom det krävs fler verktyg⁴²

3.3.2. Linjeutformad produktion

I linjeutformad produktion bearbetas alla produkter i samma produktionssekvens. Detta medför att inget av bearbetningsstegen kan genomföras snabbare än det långsammaste steget, den så kallade trånga sektorn.

Fördelar

- Låg kapitalbindning eftersom respektive produktionsutrustning bara måste finnas i ett exemplar
- Enkel planering då linjen väl är i gång och fungerar
- Kort genomloppstid
- Effektiv materialhantering eftersom respektive material bara behövs på en plats

Nackdelar

- Störningskänsligt då ett stopp någonstans utefter linjen stoppar hela linjen
- Arbetsinnehållet är ofta enformigt för operatörerna
- Systemförluster uppkommer om arbetstakten varierar mellan operatörer
- Balanseringsförluster skapas eftersom det är svårt att fördela arbete jämnt mellan stationerna

⁴¹ Sullivan, W.G., McDonald, T.N., Van Aken E.M. *Equipment replacement decisions and lean manufacturing* 2002

⁴² Axsäter, S., *Kompendium i Material- och Produktionsstyrning*, 1999

- Produktions- samt kapacitetsflexibiliteten är låg eftersom linjen oftast är optimerad för en produkt och kapacitet⁴³

3.4. Simulering

Detta kapitel är avsett att ge läsaren en översiktlig kännedom om simulering. Det förklaras även vilka fördelar respektive nackdelar som finns i samband med att använda simulering som ett verktyg. Läsaren får även en kort genomgång av programvaran Automod.

3.4.1. Historik

Simulering innebär en imitering av ett verkligt system i en virtuell miljö. Från början fanns det inte några programmeringsspråk som var anpassade specifikt för simulering. Istället användes generella programmeringsspråk, några av dessa var Fortran och Pascal. Detta innebar att det tog lång tid att skapa simuleringsmodellerna samt att det krävdes mycket skickliga programmerare. Nästa steg mot dagens simuleringsprogram kom med speciellt utvecklade programmeringsspråk så som Demos, GPSS, See-Why, Hocus och Simscript. Dessa programmeringsspråk var endast vidare utvecklingar av de generella språken och krävde fortfarande en hel del kunskap innan de kunde användas. Det var först på 1980 talet som det kom programvara med grafiska gränssnitt. Det grafiska gränssnittet gjorde det mycket enklare att använda programmet och det bidrog även till en bättre överblick av systemet samtidigt som simuleringsprogrammet blev mer trovärdigt. Idag finns det en mängd olika simuleringsprogram några av dessa är följande: Automod, Arena, Quest och Extend.⁴⁴

Eftersom dagens programvara går mot en allt mer grafisk detaljrikedom gäller det att hårdvaran är kraftfull, för att det ska gå smidigt att simulera och att presentera modellen. Trenden idag är att allt fler program använder sig av VR (virtual reality) vilket är ett steg mot den virtuella fabriken, det vill säga att hela fabriken finns i datorn och alla förändringar eller utvärderingar kan göras i datorn innan det görs ute i den verkliga fabriken.⁴⁵

3.4.2. Allmän översikt av modeller och system

Systemet som ska modelleras kan inneha olika egenskaper beroende på vilket system det är. Nedanstående kapitel ger en kort förklaring av de olika systemens egenskaper och hur dessa påverkar systemet. Modeller delas in i olika typer baserat på hur de uppför sig, vilka variabler som styr samt hur dessa variabler förändras över tiden.⁴⁶

1. Kontinuerlig
2. Diskret
3. Deterministisk
4. Stokastisk
5. Dynamisk
6. Statisk
7. Förändringsorienterad
8. Händelseorienterad

⁴³ Rundqvist, T., *Kompendium Tillverkningsystem*, 1998

⁴⁴ Persson, F., *Discrete event simulation of supply chains : modelling, validation, and analysis*, 2003

⁴⁵ Ibid.

⁴⁶ Jerry, B., *Getting started with Automod*, 2000

Kontinuerlig – Diskret

I ett kontinuerligt system sker förändring kontinuerligt över tiden. I ett diskret system sker förändringen i diskreta steg, det vill säga att förändringar i systemet sker i momentana ögonblick. De flesta system är en kombination av dessa båda typer av system.⁴⁷

Deterministisk – Stokastisk

En modell är deterministisk om den opererar utefter exakta samband det vill säga att det inte finns någon typ av slump inräknad. En stokastisk modell innefattar variabler som baseras på osäkerhets eller sannolikhetsbegrepp.⁴⁸

Dynamisk – Statisk

I princip alla system finns det variabler som kan förändras i tiden. Då det finns direkta och momentana samband mellan dessa variabler sägs systemet eller modellen vara statisk. Om variablerna förändras utan yttre påverkan, kan vara en följd av tidigare förändringar, sägs systemet vara dynamiskt.⁴⁹

Förändringsorienterad – Händelseorienterad

Den fysikaliska världen vi lever i beskrivs oftast i form av kontinuerliga förändringar i de signaler och variabler som vi är intresserade av. Ett system som följer ”naturlagarna” kallas därför för ett förändringsorienterat system. För system som skapats av människan finns det inga specifika lagar som följs. De förändringar som sker uppstår på grund av diskreta händelser som inträffar mer eller mindre slumpmässigt. Det kan jämföras med ett kösystem där systemet drivs av ankomsten av kunder. Det finns även slumpmässiga händelser som styr systemet, det kan vara saker som att vissa maskiner går sönder och att lager tar slut och så vidare. Ett sådant system kallas för händelseorienterat.

3.4.3. Användningsområden

Simuleringsverktyg kan användas för att analysera befintliga system och därigenom hitta orsaker till varför det uppstår köer och andra problem. Det andra användningsområdet är när nya system ska designas. Simuleringsverktygen fungerar då som ett designverktyg där det nya systemet kan utsättas för olika scenarios och konsekvenserna som uppstår visar sig i simuleringsverktyget. Med simulering går det mycket snabbare än om man skulle sätta upp hela testet i verkligheten. Simuleringsverktygen är dessutom mycket flexibla, det går att testa en mängd olika scenarios på en bråkdel av tiden. Nedan följer några exempel på hur det är möjligt att använda ett simuleringsverktyg.

- Visualisera lösningar på layout för ökad förståelse av systemet
- ”Tänk om” frågor kan bli besvarade. Detta är speciellt viktigt vid design av nya system.
- Hypoteser om hur och varför vissa fenomen uppstår kan testas
- En simulering kan ge förståelse för hur ett system fungerar snarare än hur man tror att det fungerar
- Optimera konstruktioner och layouter
- Verifiera analytiska lösningar

⁴⁷ Persson, F., *Discrete event simulation of supply chains : modelling, validation, and analysis*, 2003

⁴⁸ Barnekob C, Kammen P, *Simulering och 3D-visualisering av ett tillverkningssystem*, 1997

⁴⁹ Ibid.

- Flaskhalsar kan identifieras⁵⁰

3.4.4. Fördelar med simulering

Simulering gör det möjligt att kontrollera olika aspekter när ett specifikt system ska implementeras. Utan simuleringsverktyg kan det bli dyrt om något måste byggas om efter att det har byggts upp. Eftersom det är möjligt att låta tiden i programmet gå fortare eller långsammare kan man noggrannare inspektera olika förlopp och aktiviteter i systemet. Det är till exempel möjligt att köra igenom ett helt skift på några minuter eller sekunder vilket gör det möjligt att analysera hur de olika förloppen kommer att påverka systemet i framtiden. När en modell har konstruerats och validerats är det möjligt att undersöka hur olika förändringar kommer att påverka systemet, detta kan göras utan att störa det verkliga systemet med olika typer av tester.

En modern fabrik är mycket komplex, komplexiteten gör det i princip omöjligt att se hur allt hänger ihop och hur vissa aktiviteter påverkar andra aktiviteter längre fram i kedjan. Simuleringsverktyget presenterar alla dessa korrelationer med hjälp av visuella hjälpmedel så som grafer och diagram. Vilket bidrar till att det är möjligt att se vilka aktiviteter som skapar problemen och man kan därför angripa källan till problemen. Program med inbyggt 3D-interface gör det även möjligt att se hur en layout kommer att se ut, det är även möjligt att se hur system kommer att se ut när produktionen är i gång. Simuleringsmodeller kan också användas i utbildningssyfte för operatörer vilket kan ske redan innan fabriken är uppbyggd.⁵¹

Simuleringsmodeller kan bidra till att förenkla beslutsprocessen. Modellen kan skapas utefter vilka mål som ska uppfyllas det kan gälla allt från ökad produktivitet till minskade lager.

3.4.5. Nackdelar med simulering

Det krävs speciell kompetens för att kunna bygga bra modeller. Att bygga en bra modell är något som tar tid att lära sig. Varje modell är också personlig, om två modellbyggare skulle bygga varsin modell av samma system skulle modellerna med stor sannolikhet skilja sig åt. Det kan vara svårt att tolka de resultat som kommer ut från modellen eftersom det är svårt att avgöra om ett resultat beror på systemet eller om det ligger någon slumpfaktor bakom resultatet.

Det kan även vara möjligt att det skapas en övertro till simulering, och att simulering används till problem som i själva verket kan lösas med en analytisk lösning.

För att simuleringen ska bli lyckad krävs det tillförlitlig indata. Om indatan inte stämmer har det ingen betydelse hur bra modellen är, resultatet är beroende av kvalitén på indatan.⁵²

3.4.6. Automod

Programvaran AutoMod kombinerar 3D-visualisering med ett stort antal verktyg och objekt som kan användas för att modellera verkligheten. Automod vänder sig främst till produktion och består förutom den visuella modulen av en modul där alla aktiviteter styrs genom programmering. För att skapa en modell i Automod krävs det en viss förståelse för olika vokabulär som används för att beskriva alla moment som sker i en modell. I detta kapitel

⁵⁰ Barnekob C, Kammen P, *Simulering och 3D-visualisering av ett tillverkningssystem*, 1997

⁵¹ Jerry, B., *Getting started with Automod*, 2000

⁵² Chung C.A., *Simulation modelling handbook : a practical approach*, 2004

skapas en grundläggande förståelse för hur en modell skapas och vilka de vanligaste objekten är som används när en modell byggs.

Automod använder sig av händelsestyrd simulering. En händelsestyrd modell representerar ett system med många olika komponenter och hur dessa komponenter korrelerar med varandra. Detta kan jämföras med en matematisk modell som beskriver ett system som en formel. Skillnaden ligger i att en matematiskmodell löses medan en diskret modell ”körs”. En händelsestyrd modell är tidsbaserad vilket innebär att den även är dynamisk. De flesta matematiska och statistiska modeller är statiska det vill säga att de representerar en fix punkt i tiden.⁵³

Moduler

Programvaran Automod består som sagt av en grafisk och en logisk modul. Utöver denna indelning delas programmet in i ytterligare moduler eller system. Varje modul innehåller olika verktyg och objekt som kan användas för att bygga och analysera verkliga system.

- **Conveyor** – Ett system som används till för att modellera rullbanor och dylikt
- **AGV** – Ett system som används till att modellera AGV system
- **Power & Free** – Ett system för att modellera hängconveyor processer
- **Kinematic** – Ett system som används för att skapa rörelser för till exempel robotar
- **ASRS** – Används för att simulera höglager
- **Statics**- Används för att lägga in statiskt grafik som till exempel golv, väggar osv.
- **Processsystem** – Den logiska modulen som används för att styra de olika lasterna i modellen⁵⁴

Modeller och Event

En modell representerar ett verkligt system och detta system kan vara allt från ett produktionssystem till ett callcenter. Modellen kan även förenklas för att svara på en specifik frågeställning och det är frågeställningen som avgör vilken detaljeringsgrad som är nödvändig på modellen.⁵⁵ Ett *Event* är en händelse som ändrar förutsättningarna för systemet. Det kan till exempel vara ett objekt som anländer till ett kösystem, behandling av objektet eller att objektet transporteras vidare.

Entiteter och attribut

En *Entitet* representeras av ett objekt. Entiteten kan vara dynamisk, det vill säga att den rör sig genom systemet, eller statisk vilket innebär att det står fast på ett ställe som till exempel en maskin. En Entitet kan serva andra entiteter. En Entitet som rör sig genom ett system kallas för *Load* eller *last*. En last kan ha olika attribut, ett attribut innehåller information om den specifika lasten. Det kan vara information om hur lasten ska bearbetas, hur lång tid lasten ska bearbetas och så vidare.⁵⁶

⁵³ Jerry, B., *Getting started with Automod*, 2000

⁵⁴ Ibid.

⁵⁵ Ibid.

⁵⁶ Ibid.

Resurs

En resurs är en entitet som utför operationer på en så kallad last. En resurs kan behandla en eller flera olika laster på samma gång. Om en last kommer till en resurs som är upptagen med att betjäna en annan last väntar lasten tills det att resursen är färdig med föregående last.⁵⁷

Kö

I Automod symboliserar en kö en plats där lasten väntar på att få använda en resurs eller där lasten befinner sig när den blir behandlad av en resurs. Lasten befinner sig i kön grafiskt och ”fysiskt”, med fysiskt menas att enligt logiken ligger lasten i kön.⁵⁸

Aktiviteter och fördröjningar

En aktivitet definieras i Automod som en känd tidsperiod, det kan till exempel vara en schemalagd tid eller en tid som slumpats ur en specifik fördelning. När aktiviteten har påbörjats vet man när den ska sluta. En fördröjning är en tidsperiod som är okänd, det kan vara en kö som bildats före en aktivitet som har haft ett stillestånd.⁵⁹

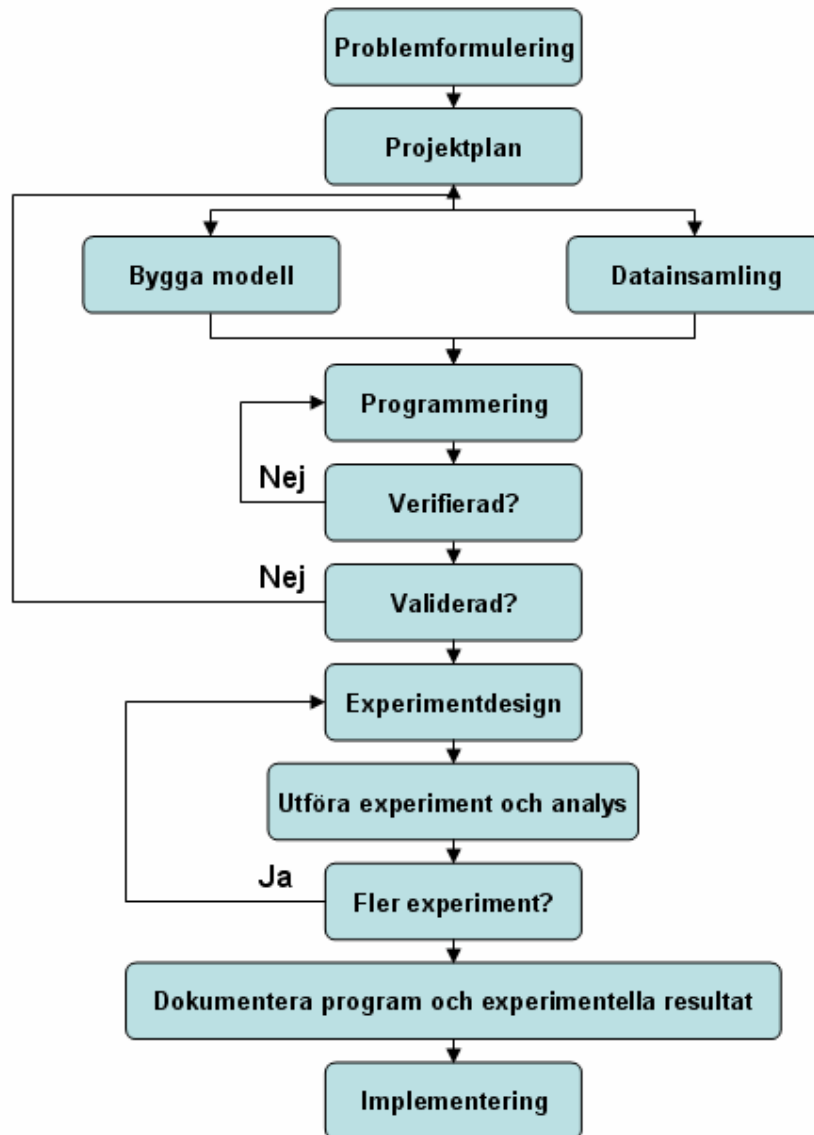
3.4.7. Simulerings metodik

Simuleringsmetodik beskriver hur en simuleringsstudie bör utföras för att erhålla ett tillförlitligt resultat. Inom detta område finns det en mängd olika teorier. Arbetsgången visualiseras genom en processkarta. De olika stegen i denna metod visas i processchemat i figur 2.

⁵⁷ Jerry, B., *Getting started with Automod*, 2000

⁵⁸ Ibid.

⁵⁹ Ibid.



Figur 2 Processkarta som visar arbetsgången i en simuleringsstudie enligt Banks⁶⁰

Steg 1: *Problemformulering*

Det är viktigt att definiera problemet grundligt. Om problemet formuleras av en kund, gäller det att den som ska utföra simuleringen verkligen sätter sig in i problemet och förstår vilken frågeställning som ska besvaras.⁶¹ Problemformuleringen bestämmer ofta även vilken detaljeringsnivå som modellen ska innehålla.

Steg 2: *Bestämna sig för en projektplan*

Detta steg innebär att man sätter upp hur frågeställningen ska besvaras, hur problemet skall lösas, hur många som ska arbeta med simuleringen och vad varje person har för roll i simuleringsprojektet.

⁶⁰ Jerry, B., *Getting started with Automod*, 2000

⁶¹ Ibid.

Steg 3: *Bygga modell*

Det verkliga systemet kartläggs först och därefter skapas den konceptuella modellen. Det är bra om man börjar med en ganska enkel modell, modellen byggs sedan successivt på tills det att rätt detaljerings nivå har uppnåtts. Först ska själva systemet ritas upp, efter det skapas de olika processerna, därefter skapas de olika resurscyklerna.

Steg 4: *Datainsamling*

Detta moment görs parallellt med modellbyggandet eftersom det kan uppstå en del frågor under själva modellbyggandet. Det är oftast detta steg som skapar en del problem eftersom all information som modellbyggaren behöver inte alltid finns tillgänglig. Om så skulle vara fallet gäller det att anpassa olika variabler för att korrigera resultatet av utdatan.

Steg 5: *Programmering*

I detta steg skrivs logiken till de olika processerna.

Steg 6: *Verifiering*

Verifieringen är en kontinuerlig process som pågår under hela projektet, efter varje förändring i modellen krävs det att modellen kontrolleras att den beter sig såsom det var tänkt. Eftersom det är koden som kontrolleras kan det vara svårt att ha en överblick över alla moment som sker därför finns det verktyg som är skapade för att förenkla denna del. Målet med verifikation är att simuleringsmodellen ska bete sig som konceptmodellen.⁶²

Steg 7: *Validering*

Validering innebär att modellen jämförs med det verkliga systemet. Oftast är detta en iterativ process som innebär att modellen kalibreras för att stämma överens med det verkliga systemet. Validering bör utföras i samarbete med personer som har en god kunskap om det simulerade systemet.⁶³ När modellen beskriver det verkliga systemet på ett önskvärt sätt säger man att modellen är validerad. Validering innebär att rätt modell byggs medan verifiering innebär en kontroll av att modellen är byggd på rätt sätt.⁶⁴

Steg 8: *Experimentdesign*

Här bestäms vilka alternativ som ska simuleras och hur experimenten ska utföras. Om simuleringen innefattar många variabler är det viktigt att få en bra struktur på simuleringen. En god struktur innebär att det är möjligt att få ner antalet tester. Det gäller även att ta beslut om uppvärmningstiden, längden av simuleringen och hur många gånger varje alternativ ska simuleras, för detta finns det vissa riktvärden:

- En grov tumregel för uppvärmningstidens längd är att den bör vara tre gånger längsta genomloppstiden⁶⁵
- Tiden för simuleringen ska minst vara 20 gånger längre än den längsta medeltiden mellan MTBF i modellen för att felfördelningar och reparationstider skall få en statistisk korrekt inverkan på simuleringen⁶⁶
- Desto fler körningar som genomförs desto snävare konfidensintervall erhålls⁶⁷

⁶² Persson, F., *Discrete event simulation of supply chains : modelling, validation, and analysis*, 2003

⁶³ Barnekob C, Kammen P, *Simulering och 3D-visualisering av ett tillverkningssystem*, 1997

⁶⁴ Ibid.

⁶⁵ Ibid.

⁶⁶ Arne B, Nilsson M, *Flödessimulering av ny layout för chassi- och axelmonteringen vid Volvo Lastvagnar*, 2000

⁶⁷ Barnekob C, Kammen P, *Simulering och 3D-visualisering av ett tillverkningssystem*, 1997

Steg 9: **Utföra experiment och analys**

I detta steg utförs de experiment som har upprättats under experimentdesignen.⁶⁸

Steg 10: **Fler experiment?**

När resultatet från de olika körningarna har analyserats gäller det att ta beslut om det behövs ytterligare körningar för att få relevanta resultat.⁶⁹

Steg 11: **Dokumentera**

Att dokumentera hur modellen är uppbyggd och vilka resultat som modellen gav är en viktig del i arbetet. En av orsakerna är att om modellen ska användas igen är det mycket lättare att förstå modellen om det finns dokumenterat hur modellen är uppbyggd. Dokumentationen ökar även trovärdigheten för modellen vilket underlättar när beslut skall tas baserade på de resultat som modellen givit.⁷⁰

Steg 12: **Implementering**

Hur väl detta steg genomförs beror till stor del hur väl de tidigare stegen har utförts. En bra regel för att lyckas med implementeringen är att under projektets gång låta den slutliga användaren vara delaktig så mycket som möjligt, detta bidrar till att denne har förtroende för modellen och har en förståelse för resultaten.⁷¹

⁶⁸ Jerry, B., *Getting started with Automod*, 2000

⁶⁹ Ibid.

⁷⁰ Ibid.

⁷¹ Ibid.

4. Företagsbeskrivning

I det följande kapitlet beskrivs de aktörer som nämns i examensarbetet för att läsaren ska få en övergripande förståelse av dem.

4.1. Volvo

Volvo är en av världens största leverantör av transportlösningar för kommersiellt bruk. Volvo har i dagsläget 72000 anställda, produktion i 25 olika länder och har verksamhet på cirka 185 olika marknader. År 2003 uppgick omsättningen till 175 000 Mkr och rörelseresultatet var 6500 Mkr.⁷²

4.1.1. Volvos historia

Volvos historia börjar 1924 när Assar Gabrielsson och Gustav Larsson möttes av en tillfällighet över en lunch. Under det korta första mötet kom de överens om att starta upp produktionen av en svensk bil. 1927 startar produktionen och den 14 april det året rullar den första serieproducerade Volvon ut ur fabriksgrindarna. Till skillnad mot Volvos första personbil blev den första lastbilen som släpptes 1928 en omedelbar succé.⁷³

Allt eftersom produktionen ökade krävdes det större lokaler och den 24 april 1964 invigdes Volvo Torslandafabriken. Året därpå tog Volvo ytterligare ett stort steg då de började tillverka personbilar i Gent, Belgien och lastvagnar i Alseberg även det i Belgien vilket var en tydlig markering av Volvos ambitioner att bli ett internationellt bilföretag.⁷⁴

Under sjuttioalet startade Volvo Experimental Safety Cars som var en stor satsning på trafiksäkerhet och en av anledningarna till ryktet om Volvos säkerhetstänkande. Den legendariska VDn P-G Gyllenhammar genomförde en rad stora affärer under slutet av sjuttioalet och åttiotalet. Affärerna innebar en tid av diversifiering för Volvo vars strategi på den tiden var att sprida risken på sin stora kassa.⁷⁵

I början av åttiotalet delades Volvo även upp och ett antal dotterbolag bildades, bland annat bildades Volvo Lastvagnar, Volvo Personvagnar, Volvo Bussar, Volvo Penta som finns kvar idag. I början av 1990 offentliggjorde Volvo att de ingått i allians med Renault och under de följande åren ökade samarbetet. Kulmen kom hösten 1993 när en fusion offentliggjordes, motståndet inom Volvos organisation hade dock växt sig för starkt och affären sprack. Detta fick till följd att hela styrelsen med P-G Gyllenhammar i spetsen avgick. Volvos nya strategi blev att fokusera på fordons- och transportindustrin och en renodling av verksamheten tog fart. Volvo Personvagnar blev 1999 helägt av Ford och är därmed i dagsläget helt frikopplat ifrån Volvokoncernen.⁷⁶

4.1.2. Volvo Lastvagnar

Volvo Lastvagnar är en av de största producenterna av tunga lastvagnar i världen. Omsättningen uppgick under 2003 till 117 000 Mkr med ett rörelseresultat på 4000 Mkr.

⁷² Volvos hemsida: <http://www.volvo.com/NR/rdonlyres/844D5403-4D50-4558-9FC5-A7E4F1D822C4/0/vggrprle.pdf>, 2004-06-09

⁷³ Volvos hemsida: <http://www.volvo.com/group/global/en-gb/Volvo+Group/history/>, 2004-02-06

⁷⁴ Moberg, H., Olsson, C., *Volvo Gothenburg Sweden*, 1995

⁷⁵ Ibid.

⁷⁶ Ibid.

Volvo Lastvagnar har 19000 anställda och verksamhet i över 130 länder runt om hela världen. Volvo Lastvagnar är det största affärsområdet inom Volvo gruppen.

Volvo Lastvagnar utvecklar och producerar lastvagnar i Sverige, Belgien, Brasilien och USA men produktion sker i fler länder genom mindre lokala produktionsanläggningar, så kallade Knock-Down (KD) anläggningar. Huvudmarknaderna är Europa samt Syd- och Nordamerika.⁷⁷

Volvo, tillsammans med konkurrenten Scania, har traditionellt sett varit överlägsna på att tillverka tunga lastvagnar (16 ton eller tyngre) vilket förklaras av den krävande Svenska hemmamarknaden. Hemmamarknaden har ett krävande klimat och långa avstånd. Dessutom har kunderna två starka alternativ vilket har bidragit till uppkomsten av konkurrensfördelar framför andra tillverkare.⁷⁸

Volvo Lastvagnar i Tuve

Volvo Lastvagnars anläggning i Tuve, Göteborg stod klar år 1979 och var ursprungligen tänkt som ett centrallager för hela Volvo i Norden. I Tuve tillverkas cirka 18000 stycken vagnar per år (2003) vilket innebär en produktionstakt på 104 stycken per dag. Antalet anställda är ungefär 2300 stycken. Tillverkningen består av både FH och FM modellerna i Volvo Lastvagnars modellserie, skillnaden mellan de två är att FH är tänkt för längre och tyngre transporter än FM.

4.1.3. Volvo Powertrain i Köping

Volvo Powertrain är en affärsenhet inom Volvo som bildades 2001 som ett resultat av uppköpen av Renault och Mack. Volvo Powertrain utvecklar och tillverkar drivlinekomponenter som motorer, växellådor och axlar till Volvokoncernen. Verksamheten bedrivs i Sverige, Frankrike, Brasilien och USA. I Köping, Sverige tillverkas bland annat fram och löpaxlar till Lastvagnstillverkningen i Tuve.

4.2. ArvinMeritor

ArvinMeritor äger sedan 1998, då de köpte anläggningen av Volvo, anläggningen i Lindesberg som tillverkar bakaxlarna till Volvo Lastvagnar i Tuve. ArvinMeritor är ett resultat av en fusion mellan Arvin Industries Inc. och Meritor Automotive Inc. år 2000. Bägge företagen var redan innan fusionen globala underleverantörer till bil- och transportbranschen. ArvinMeritor hade 2002 en omsättning på ungefär \$ 6,9 miljarder och mer än 150 stycken produktionsanläggningar i 27 olika länder. Antalet anställda var år 2002 cirka 33000 stycken. ArvinMeritor är den näst största tillverkaren i Europa, och den största i USA, av axlar till kommersiella transporter.⁷⁹

⁷⁷ Volvo Lastvagnars hemsida:

http://www.volvo.com/trucks/global/en-gb/aboutus/Volvo_Trucks_The_Company/ (2004-02-09)

⁷⁸ Nilsson, C-H., Dernroth, J., *The strategic grounding of competitive advantage - The case of Scania*, 1995

⁷⁹ ArvinMeritors hemsida: <http://www.arvinmeritor.com/about/history.asp> (2004-03-18)

5. Systembeskrivning

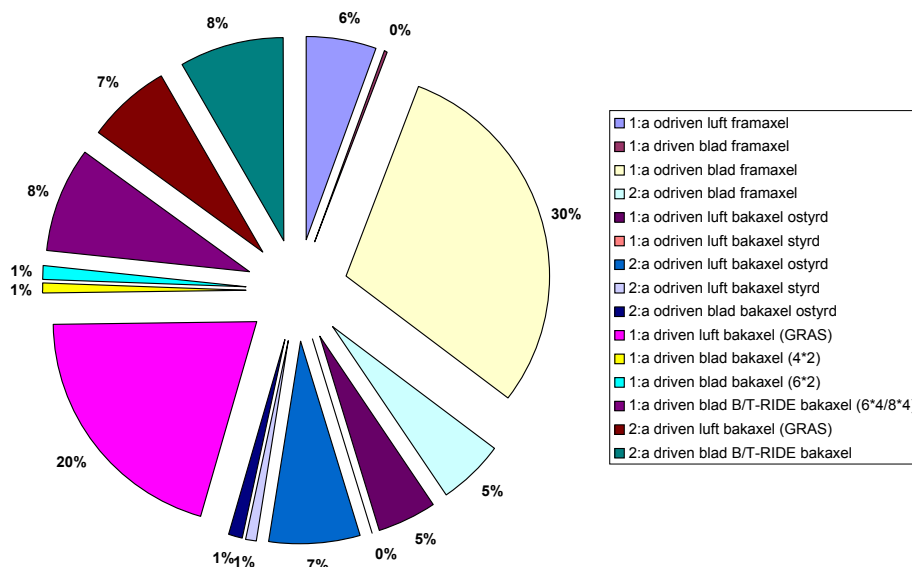
I detta kapitel beskrivs det system som har observerats. Därutöver beskrivs en del av de problem som finns i dagens process. Måleriet beskrivs mer utförligt än de andra delarna eftersom arbetets simuleringsdel huvudsakligen berör denna del. Informationen är till största delen hämtad från intervjuer samt diskussioner genomförda löpande under arbetets gång.

5.1. Produkten översiktligt

Volvo Lastvagnar har en strategi att ge kunden precis den lastvagn som den vill ha vilket medför att Volvo har en stor produktflora. Därmed bör produktionsprocessen utformas för att kunna hantera många olika varianter. Det är även viktigt att ha i åtanke att en lastvagn är ett arbetsredskap till skillnad från en vanlig personbil. Detta medför att det ställs höga krav på kvalitet samt att det finns en mängd olika användningsområden vilket i sin tur medför att en stor del av lastvagnarna skraddarsys för respektive kund.

På Volvo Lastvagnar i Tuve sker slutmonteringen av tunga och medeltunga lastvagnar. Den grundläggande nivån vid indelning i varianter som produceras i Tuve är Front Medium (FM) och Front High (FH) som beskriver olika storlekar på lastvagnarna. De olika lastvagnarna delas även upp genom antalet samt kombinationen av axlar.

Den ovan nämnda strategin leder till att det finns en mängd olika varianter av axlar. Den första övergripande indelningen är i framaxel och bakaxel. Vidare delas axlarna även upp i driven eller odreven, i blad- eller luftfjädring, i styrd eller ostyrd och i etta eller tvåa⁸⁰. Dessa fyra olikheter hos en axel ligger till grund för den indelning i 15 olika huvudtyper av axlar som Produktionsteknik i Tuve använder sig av. Det är även denna indelning som har använts för indelning av axlarna i de simuleringar som genomförts i detta arbete. Indelning sker enligt figur 3 som visar fördelningen mellan axeltyperna under år 2003.



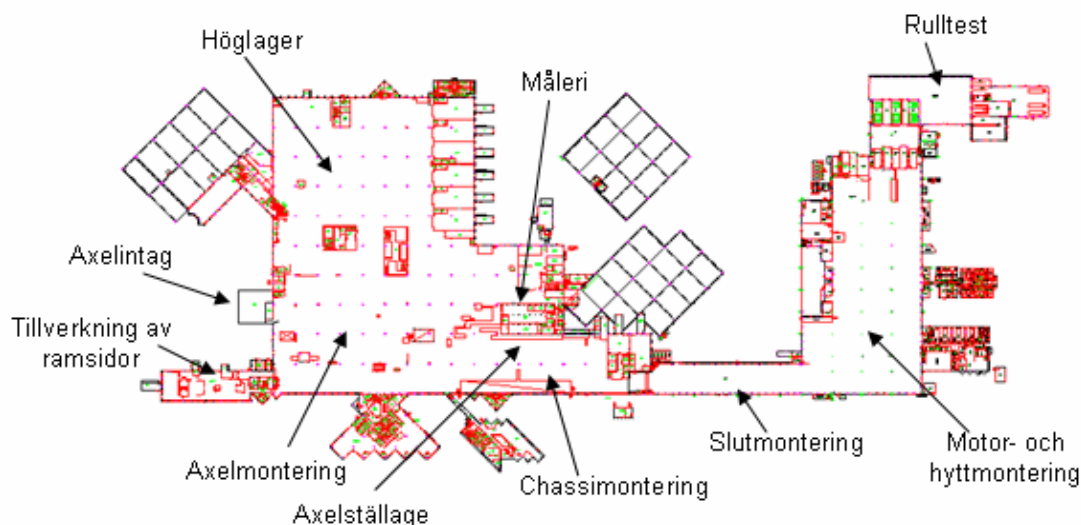
Figur 3 Indelning av axlar i femton olika typer

⁸⁰ En etta innebär att axeln sitter främst och en två följaktligen att den sitter som tvåa, om det exempelvis finns två bakaxlar innebär en tvåa att axeln är placerad som andra bakaxel

Dessa 15 olika huvudtyper av axlar räcker inte på långa vägar till för att beskriva alla de olika sorter av axlar som Volvo Lastvagnar i Tuve monterar. Antalet olika specifika axlar är betydligt större, i nuläget har Volvo Lastvagnar i Tuve över 2000 stycken olika varianter av axlar.

5.2. Processen översiktligt

På Volvo Lastvagnar i Tuve sker slutmonteringen av lastvagnar för norra Europa. I dagsläget ser fabrikslayouten ut enligt figur 4.



Figur 4 Översiktlig beskrivning av hela anläggningen i Tuve

Processen börjar i två huvudflöden, ramsidor och axlar. Tillverkningen av ramsidorna, som bygger upp chassiet, sker på plats i Tuve. Ramsidorna tillverkas av ett grundmaterial som består av stål som rullats upp på rullar. Ramsidorna transporteras därefter till chassidockorna där de dockas med axlarna i chassimonteringen genom att nitas ihop till ett chassi. Det andra flödet börjar med att axlar levereras till axelintaget flera gånger per dag. Därifrån transporteras de till måleriet och vidare till axelmonteringen.

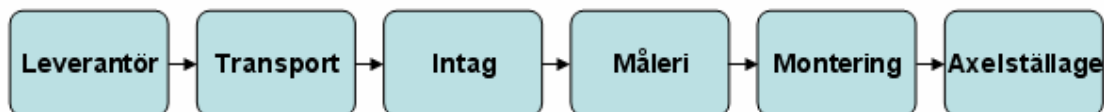
I axelmonteringen sker förmontering av bland annat luftbälgar, bladfjädrar och olika typer av slangar. Därefter transporteras axlarna till axelställaget, i vilket de sekvenseras, vilket möjliggör att rätt axel kommer till rätt chassidocka i rätt tid. I chassidockorna monteras chassiet och axlarna dockas till chassiet. Därefter sker slutmontering av lastvagnen på de två slutmonteringslinjerna (flöde 21 och flöde 22). Eftersom det är viktigt att de två slutmonteringslinjerna får chassier i rätt sekvens, planeras produktionen i chassidockorna efter de två slutmonteringslinjernas individuella sekvenser.

De två slutmonteringslinjerna består av 23 stycken stationer som har en taktid på 15 minuter. I den första delen monteras bland annat tank och en stor del av den förberedande dragningen av slangar genomförs. Därefter kommer motorsänkning samt hyttmonteringen. I det sista steget genomförs ett flertal tester av lastvagnen.

Eftersom detta arbete behandlar axelprocessen och speciellt måleriet i den nya processen beskrivs axelbearbetningen utförligare i de följande kapitlen.

5.3. Dagens axelprocess

Nedan följer en detaljerad beskrivning av materialflödet i dagens axelprocess. De olika delprocesserna är beskrivna i ordning efter hur de är placerade i processens materialflöde med början hos leverantörer och fram till axelställaget, se figur 5.



Figur 5 Delprocesserna i dagens axelprocess

5.3.1. Leverantörer

Volvo Lastvagnar har i Europa två olika leverantörer av axlar, ArvinMeritor i Lindesberg och Volvo Powertrain i Köping. Dessa båda tillverkar alla axlar för hela Volvo Lastvagnars Europasystem. Båda leverantörerna levererar axlarna omålade. Eftersom axlarna är omålade när de levereras till Tuve så är målning det första egentliga bearbetningssteget av axlarna.

Volvo Powertrain

Framaxlarna till Volvo Lastvagnar i Tuve tillverkas av Volvo Powertrain i Köping. I dagsläget tillverkar Volvo Powertrain cirka 1200 stycken olika typer av framaxlar. Eftersom de är en intern leverantör så har de tillgång till Construction Order System (COS) som är Volvo Lastvagnars interna ordersystem. De kan i detta system se vilka vagnar som är inplanerade i Tuve och i Belgien. Köping ska leverera axlarna ett dygn före målningensstart men i praktiken levereras axlarna ofta två dygn tidigare. Om Köping ligger efter med sin produktion har de även tillgång till den så kallade målningensfilen⁸¹ för att kontrollera vilka axlar som det är mest bråttom med.

Volvo Powertrain i Köping använder ett antal olika transportfickor i vilka axlarna placeras efter när de ska lastas för transport till Tuve. I transportfickorna placeras axlarna i Tuves sekvensordning, den faktiska ordningen scannas in med handscannern och mailas till Tuve. Denna sekvens går dock inte alltid att hålla då axlarna packas på trailern eftersom racksen⁸² är utformad för en äldre typ axel. Problemet är placeringen av vissa axlars bromscynder som medför att vissa axlar inte kan packas på varandra i de nuvarande racksen utan måste säras åt. Därmed måste sekvensen brytas för att trailern ska kunna packas full.

ArvinMeritor

Bakaxlarna tillverkas av ArvinMeritor i Lindesberg. De tillverkar cirka 1200 stycken olika typer av bakaxlar. Utav ArvinMeritor i Lindesbergs volym står Volvo för ungefär 80-90 procent. Eftersom ArvinMeritor inte är en intern leverantör har de inte samma möjlighet som Volvo Powertrain i Köping att själva ta reda på Volvo Lastvagnars behov av axlar. Liksom på Volvo Powertrain i Köping har ArvinMeritor ett antal fickor där axlarna placeras före transport och scannas när de lastas på trailern på liknande sätt som i Köping.

⁸¹ Se kapitel 5.5 nedan som behandlar produktionsplanering

⁸² Ett rack är en hållare som används för att placera axeln i under transport

Transporten

Axlarna transporteras av Jardlers åkeri från ArvinMeritor i Lindesberg och för tillfället av AA-åkeri från Volvo Powertrain i Köping. För transporterna från Köping ansvarar Volvo Powertrain, de byter ofta åkeri för transporten av axlarna. En dag efter det att definitivplaneringen är fastställd, det vill säga tolv dagar innan produktionsstart för respektive chassi på flöde 21 eller 22, skickas en datafil klockan 12.30 med målningsbehovet via mail. Detta mail skickas till Jardlers respektive Volvo Powertrain i Köping som gör upp en transportplan. Transportplanen begränsas av vikten på axlarna inte volymen. Denna transportplan skickas i Jardlers fall vidare till ArvinMeritor dagen efter de fått den klockan 08.00.

ArvinMeritor kan inte beställa hem material baserat på transportplanen eftersom den kommer för sent för det. Detta tvingar dem att beställa hem material baserat på prognosen över produktionen, se kapitlet angående produktionsplaneringen. Det är därför viktigt att prognosen stämmer väl överens med den transportplanerade filen som monteringen av axlarna baseras på. Dock skiljer det ofta på prognosen i jämförelse till transportplaneringen.

Transportplaneringarna ger information om tidpunkten och i vilken transportficka som axlarna skall hämtas. ArvinMeritor och Volvo Powertrain i Köping är ansvariga för att axlarna lastas i rätt sekvens på trailern. Ankomsttiderna till Tuve för transporterna redovisas i tabell 1 nedan.

Tabell 3 Ankomsttider till Tuve för axeltransporter

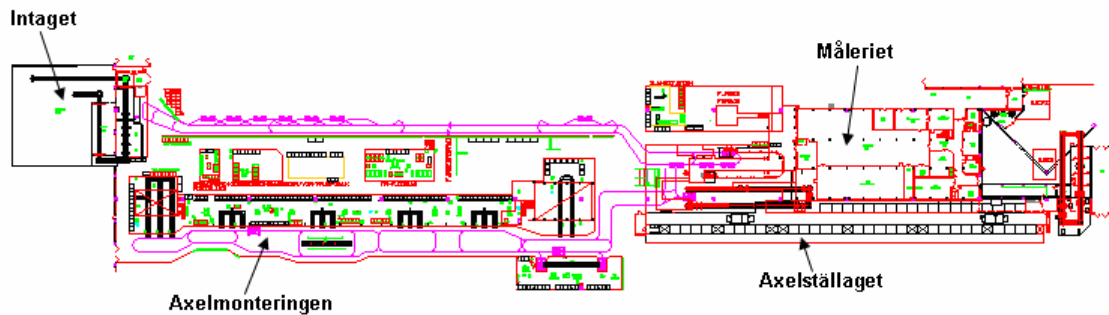
<i>Volvo Powertrain i Köping (kl)</i>	<i>ArvinMeritor (kl)</i>
07.00	09.00
15.00	12.00
18.00	15.00
20.00	18.00
-	22.00
-	01.00

Lastbilarna från Volvo Powertrain i Köping är normalt lastade med 72 stycken axlar. Retur av racksen sker med bilen som anländer 15.00. Lastbilarna från ArvinMeritor är normalt lastade med 38 till 44 axlar. Retur av racksen sker genom att den trailer som anländer klockan 22.00 lastas full och tas tillbaka med bilen som anländer 01.00. Förutom tiderna ovan används dessutom en extra bil som ska fånga upp variationer, denna bil anländer klockan 05.00, för närvarande fungerar denna extrabil dock oftast som en normal transport i sekvens.

5.3.2. Intag

Intaget är den första delprocessen som sker i Tuve. I intaget sker lossning samt intagning av axlarna.

Layouten i figur 6 visar var de olika interna delprocesserna befinner i förhållande till varandra. Layouten innehåller hänvisningar till intaget, måleriet, axelmonteringen samt axelställaget. Delarna beskrivs utförligt i de kommande kapitlen.



Figur 6 Den nuvarande axelprocessen

Lossning

Lossningen hanteras av tre skift med tre truckförare per skift. Då en lastbil anländer börjar truckförarna med att lasta av alla axlarna på gården. Därefter rangeras de i sekvens i fem olika flöden, men eftersom sekvensen inte alltid är rätt i transporterna, måste fem extra flöden med de ”sena” axlarna skapas. De fem ursprungliga flödena är Volvo Tuves två monteringslinjer (21 och 22), Belgiens två monteringslinjer (51 och 52) samt KD. På detta sätt skapas alltså tio olika flöden med axlar som förhoppningsvis medför att intaget kan matas med rätt sekvens enligt målningsfilen. Eftersom det är överskott med racks in till Tuve, efter de ordinarie returruterna, så beställer truckförarna själva extra returtransporter för racksen.

Intagning

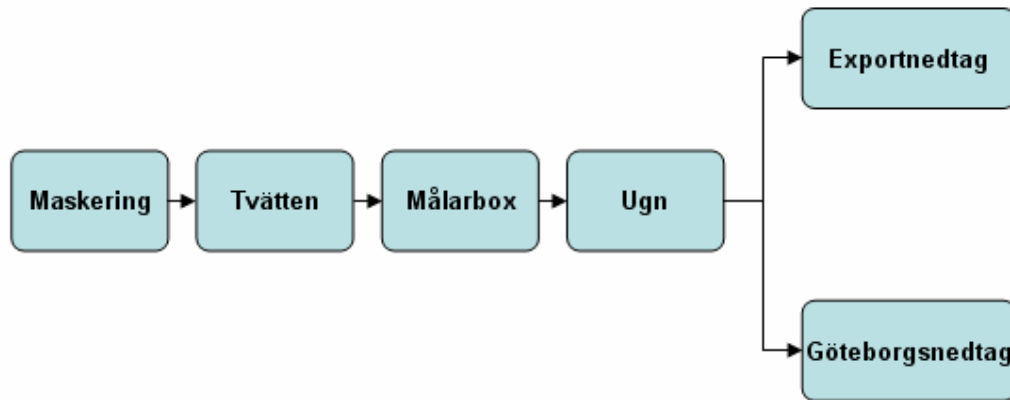
Truckförarna lastar på axlar på ett transportband som tar axlarna in i en värmeugn i en viss specifik produktionsmix baserad på de respektive flödenas behov. Produktionsmixen är beroende av hur många axlar som Tuve behöver, kontra hur många som de andra tre flödena behöver och uppdateras på skiftnivå. På detta sätt styrs produktionen i måleriet. Innan bakaxlarna kan ställas ner på transportbandet måste transportracksen med axel ställas på en underpalett⁸³ för att passa i dagens process.

Efter värmeugnen skall axlarna vara torra och tillräckligt uppvärmda för att inte vara för kalla att hantera för operatörerna i intaget. Ugnen tillför inte nog med värme för att detta skall uppnås. Efter ugnen transporteras axlarna via en transservagn till ett transportband. På bandet monteras målarkrokar som används för att hänga upp axlarna vid transporten till och i måleriet. På en av målarkrokarna fästs dessutom ett id-kort som används i axelprocessen. Bakaxlarna låses för att inte rotera under processen och axlarna lastas över till en carrier som transporterar den till måleriet via den så kallade motorvägen från intaget till måleriet. Denna transport är 143 meter lång och används i praktiken i dagsläget även som en buffert.

5.3.3. Måleriet

Måleriet förklaras mer ingående än de andra delprocesserna i axelprocessen eftersom det är måleriet som undersöks i simuleringsstudien. Måleriet är utformat i två våningar, den nedre våningen används till intag och uttag samt för att lagra färg och spillfärg, den övre för tvättning samt själva målningen, se processkartan i figur 7.

⁸³ En underpalett är en form av adapter för att fram- och bakaxelracksen är olika utformade, den används ur en ergonomisk aspekt.



Figur 7 Övergripande processkarta för måleriet

Maskering

Axlarna anländer till Tuve lastade i racks utan någon form av emballage. Eftersom axlarna ska målas måste de ytor som inte ska målas maskeras. Då carrierna anländer till måleriet från intaget väntar de framför den första hissen i måleriet. Denna hiss tar ner trolleys⁸⁴ från trolleybufferten på övervåningen och lyfter upp en axel från carriern. Carrierna väntar tills hissen frias genom att den axel som befinner sig i hissen transporteras vidare. Hissarnas cykeltider är kritiska för måleriets funktion och en av de viktiga parametrarna i den simuleringsmodell som byggts upp.

Maskeringen utförs i tre steg i de tre första stationerna på nedervåningen i måleriet. Beroende på om axeln är en bakaxel fylls olja i axlarna i den andra stationen, här sker även en invägning av alla axlar. Efter maskering skickas axlarna till ytterligare en hiss i måleriet som tar upp axeln till den andra våningen i måleriet.

Tvätten

Då axeln lämnar den andra hissen, och därmed kommer upp på det övre planet, transporteras den till tvätten via den så kallade huvudlinan i systemet med hängconveyers som transporterar axeln genom måleriet. Huvudlinan i systemet transporterar trolleys i en hastighet av 12 meter per minut och är ackumulerande, dvs. axlarna har möjlighet att ”packas ihop” (tryckas närmare varandra) om det bildas en kö längre fram. Mellan hissen och tvätten finns det totalt 12 stycken axelplatser som används som en buffert för att försörja tvätten. Innan tvätten växlas trolleyen över från huvudlinan till tvättlinan som har en hastighet på 2 meter per minut. Till skillnad från alla de andra linorna i systemet av hängconveyers är denna lina inte ackumulerande.

Efter tvätten tar forcetorken vid, i forcetorken blåses axlarna av med varmluft. Forcetorken har endast plats för en axel och axeln rör sig kontinuerligt genom den. I forcetorken växlas trolleyen över till huvudlinan och fortsätter mot vattentorken. I vattentorken befinner sig alla axlar i minst fem minuter genom tidsstyrning.

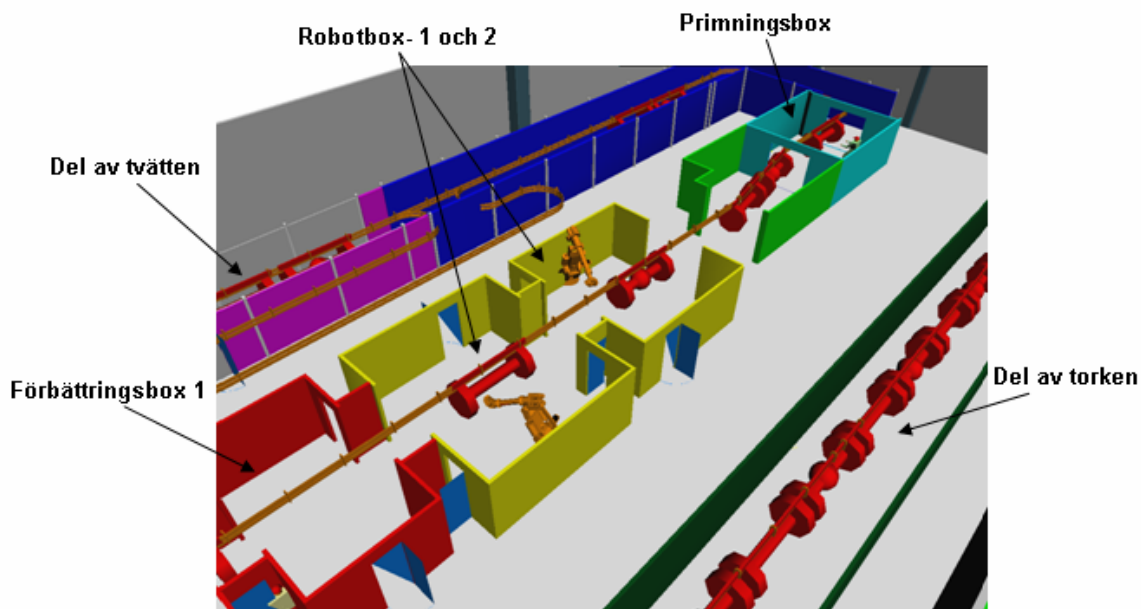
⁸⁴ Trolleys är en form av bärverktyg som används under transporten genom måleriet. Trolleyen greppar axeln i målarkrokarna och dras sedan fram av systemet av hängconveyers.

Målarboxarna

Då axlarna efter fem minuter lämnar vattentorken fortsätter de mot ”primningsboxen”. Primning görs manuellt och innebär att axeln rostskyddsbehandlas. I primningsboxen får det plats en axel. Axlarna tas in genom att operatören trycker fram den framförvarande axeln då den är klar och därigenom körs nästa axel in i boxen. En del av bakaxlarnas maskering kan inte sättas på axeln förrän efter tvätten. Det första som operatören i primerboxen gör är därför att sätta på denna maskering.

Från primerboxen transporteras axlarna vidare till den ”flashoffen”. I flashoffen torkas rostskyddsfärgen genom att axeln återigen blåses med varmluft. I flashoffen får det plats två axlar och sammanlagt uppehåller sig en axel i minst 146 sekunder i detta moment. Därefter fortsätter trolleyen mot robotbox 1 i vilken ena sidan av axeln målas av en robot. Mellan flashoffen och robotbox 1 finns det plats för en axel som en buffert.

Axeln målas i fyra steg där de två första är automatiserade och de två sista innebär manuell förbättringsmålning, se figur 8. Robotarna målar varsin sida och finns i två olika robotboxar. Robot 2 beställer fram axlar när den är klar och eftersom det inte finns någon buffert mellan de två robotboxarna så skickar robot 1 iväg axeln först när den är klar och dessutom fått en beställning från robot 2. Tiderna för de olika axeltypernas målningsprogram varierar. I simuleringsmodellen har axlarna indelats i 15 olika typer⁸⁵.



Figur 8 Målarboxarnas layout hämtad ur simuleringsmodellen

De två robotarna klarar inte att på rimlig tid måla alla ytor på axlarna vilket medför att det krävs manuell förbättringsmålning. Denna förbättringsmålning sker, liksom robotmålningen, i två steg, ett för varje sida. En operatör rör sig mellan de två boxarna och målar först axeln på ena sidan i förbättringsbox 1 och därefter andra sidan i förbättringsbox 2. Ledtiden för förbättringsmålningen är mindre än för robotmålningen. Då axeln är fullständigt målad trycker operatören i förbättringsmålningen på en knapp och trolleyen rör sig ut ur förbättringsbox 2.

⁸⁵ De 15 olika axeltyperna samt fördelningen mellan dem visas i figur 3

Ugnen

Efter målningen av axeln transporteras axeln vidare till ugnen där axeln måste befinna sig i minst 24 minuter, detta styrs av ett system. I ugnen finns det 15 stycken platser plus en plats i slussen in och en i slussen ut ur ugnen. Efter ugnen sker en uppdelning av axlarna i två flöden, ett för de axlar som skall monteras i Tuve ”göteborgsaxlar” och ett för de som ska exporteras ”exportaxlar”.

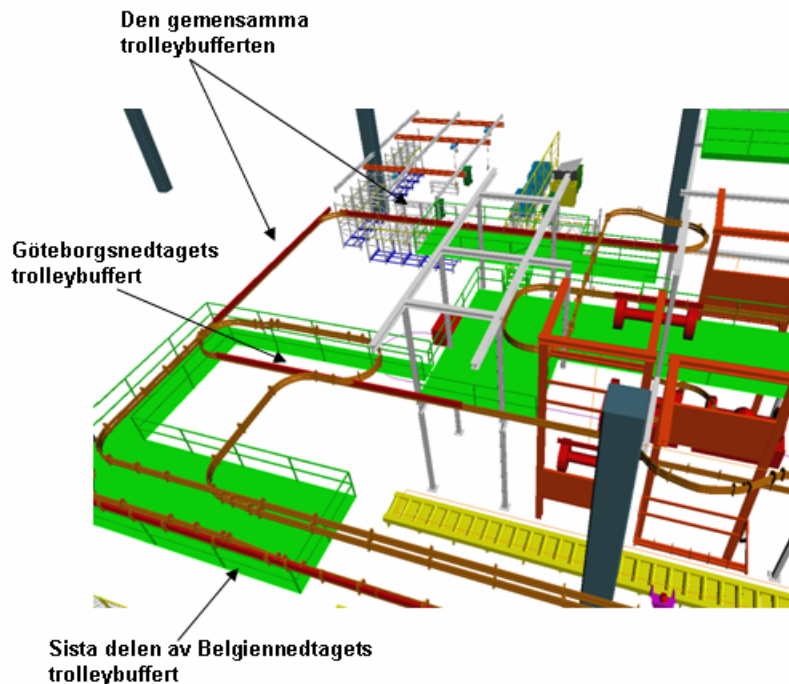
Nedtagen

De axlar som skall exporteras skall antingen till Volvo Lastvagnars slutmontering i Gent eller till någon av de så kallad ”knockdown” (KD) marknaderna. Knockdown innebär att lastvagnen packas i lådor i Tuve och därefter fraktas till exempelvis Iran för montering på plats. Efter uppdelningen i ”göteborgsaxlar” och ”exportaxlar” så delas ”exportaxlarna” upp ytterligare en gång genom att framaxlar och bakaxlar delas upp på olika banor framför det så kallade ”exportnedtaget”. I ”exportnedtaget” transporteras exportaxlarna via en hiss ner från ovanvåningen i måleriet. Före ”exportnedtaget” finns det plats för sju stycken bak- och sju stycken framaxlar. Bufferten används för att ta upp svängningarna som uppkommer i flödet till nedtaget på grund av de olika produktionsmixer av göteborgs- och exportaxlar som körs i måleriet. Bufferten används även för att en operatör ska ta bort maskeringen på axlarna. När nedtaget är redo att ta ned en ny axel beordrar de fram en axel som körs in i hissen. Denna hiss är den enda hissen i måleriet som körs manuellt, detta för att kunna passa in ”KD-axlarna” i packlådorna direkt då axeln tas ner i hissen. På grund av detta moment tar det lite längre tid i hissen för en ”KD-axel” än för de axlar som ska till Volvo Lastvagnar i Gent. Efter nedtagning förbereds axlarna för transport på en rullbana innan de med hjälp av truck rangeras på gården inför export.

De axlar som skall monteras i Tuve transporteras efter slussen ut ur ugnen till hissen i det så kallade ”göteborgsnedtaget”. Utmed denna sträcka finns ytterligare ett uttag för axlar, detta uttag är för axlar av typen balansarm som tas direkt in i axelställaget⁸⁶ utan att passera axelmonteringen. Mellan hissen i Göteborgsnedtaget och uppdelningen av axlarna efter ugnen finns det plats för 21 stycken axlar i buffert. I Göteborgsnedtaget arbetar en operatör med att ”bygga” den palett som axeln vilar på under transport i axelmonteringen. Hissen tar ner axeln till denna palett som står på en rullbana med plats för fyra axlar. Från rullbanan hämtas axeln av en carrier som tar den till rätt plats i axelmonteringen.

Då trolley släppt axeln i nedtagen transporteras den tillbaka mot hiss 1 där den plockar upp en ny axel. Mellan den position där trolleyflödena, från export- respektive göteborgsnedtaget, går ihop till ett flöde och hiss 1 finns det plats för sex stycken trolleys som bildar en buffert av trolleys (den så kallade ”trolleybufferten”). Denna trolleybuffert kompletteras med två individuella buffertar med trolleys från respektive nedtag. Efter Exportnedtaget finns det plats för ett stort antal extra trolleys i buffert men efter Göteborgsnedtaget finns det bara plats för tre trolleys, se figur 9 nedan.

⁸⁶ Används som ett sekvenseringslager, se kap. 5.3.5



Figur 9 Visar trolleybufferten samt en del av Göteborgsnedtaget hämtat ur simuleringsmodellen

5.3.4. Axelmonteringen

Dagens axelmontering i Tuve är uppbyggd av ett flertal parallella flöden vilket gör det komplicerat att få en god överblick över flödet i axelmonteringen. Komplexiteten framgår i bilaga 2 (se slutet på flödet) som visar en värdeflödeskartläggning av monteringen. Då axeln tas ner i Göteborgsnedtaget från måleriet hämtas den av en carrier som transporterar den till monteringen. I axelmonteringen finns det tre inflöden, antingen avmaskering av nipplar, fjädersatsningen eller direkt till bufferten framför någon av de tre monteringsstationerna för axeltyperna F1-luft, Löp eller AWD. I monteringen arbetar operatörerna två och två på varje monteringspalett. Processen samt arbetsstyrningen ger operatörerna stor frihet att själva planera sin arbetstakt. Då axeln är färdigmonterad hämtas den av en carrier som transporterar den tillbaka till Göteborgsnedtaget, här lämnar carriern av axeln på en rullbana som leder in i axelställaget och plockar upp en ny axel från nedtaget.

5.3.5. Axelställaget

Axelställaget tar upp de kapacitetsskillnader som finns mellan chassi- och axelmonteringen och möjliggör att chassimonteringen försörjs med axlar i rätt sekvens. Från monteringen förs axlarna via carrier och en rullbana fram till axelställaget. Här plockar en av de två robotarna i axelställaget upp axeln och för in den i ett av facken i axelställaget. När en av monteringsdockorna behöver en axel för robotarna ner en axel till rätt docka i rätt tid. På detta sätt sekvenseras axlarna och kommer till rätt dock i rätt tid.

5.3.6. Problem i dagens upplägg utifrån intervjuer

Ur intervjuerna och från egna iakttagelser har ett antal viktiga problem med dagens upplägg kommit fram. Problemen beskrivs här nedan.

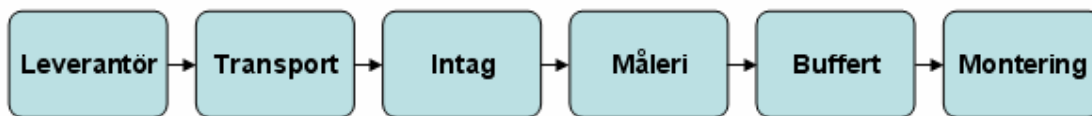
- I dagsläget är det problem med arbetsskador i axelmonteringen. En anledning är att styrningen av axelmonteringen tillåter upparbetning vilket medför att operatörerna inte

använder de ergonomiska hjälpmedel som finns och att de i vissa moment arbetar för snabbt.

- De skillnader som finns i kapaciteten mellan axel- och chassimonteringen medför att de har olika arbetsscheman. Utöver detta har även dockorna olika arbetsscheman vilket leder till problem med att styra rätt axel till rätt docka i rätt tid. För att detta skall fungera krävs i dagsläget en stor buffert i form av axelställaget samt en omplanering av definitivplaneringen, se kap. 5.5.1 nedan.
- Axlarna levereras inte alltid i rätt sekvens vilket leder till en hel del extraarbete för truckförarna eftersom de måste sekvensera axlarna. Fel sekvens från leverantör leder dessutom till extra arbete i form av omplanering av produktionssekvensen i måleriet.
- Överskådligheten är inte bra i dagens process. Med överskådlighet menas att flödet inte är enkelt att överblicka och förstå vilket enligt Lean Production teorin är en viktig del i en bra tillverkningsprocess.

5.4. Den kommande axelprocessen

Det kommande upplägget av axelprocessen innebär ett linjärt produktflöde genom hela processen, se figur 10, till skillnad från det tidigare parallella flödet av axlar i axelmonteringen.



Figur 10 Delprocesserna i den kommande axelprocessen

5.4.1. Leverantörer

Det kommande upplägget innebär inga fysiska förändringar vad det gäller hanteringen av axlar hos leverantörerna. Däremot blir det av yttersta vikt att axlarna levereras i sekvens. Leverantörerna ska redan i dagsläget leverera i sekvens men eftersom det inte är så viktigt för den nuvarande axelprocessen att axlarna levereras exakt i produktionssekvensen följs sekvensproblemen i dagsläget inte upp.

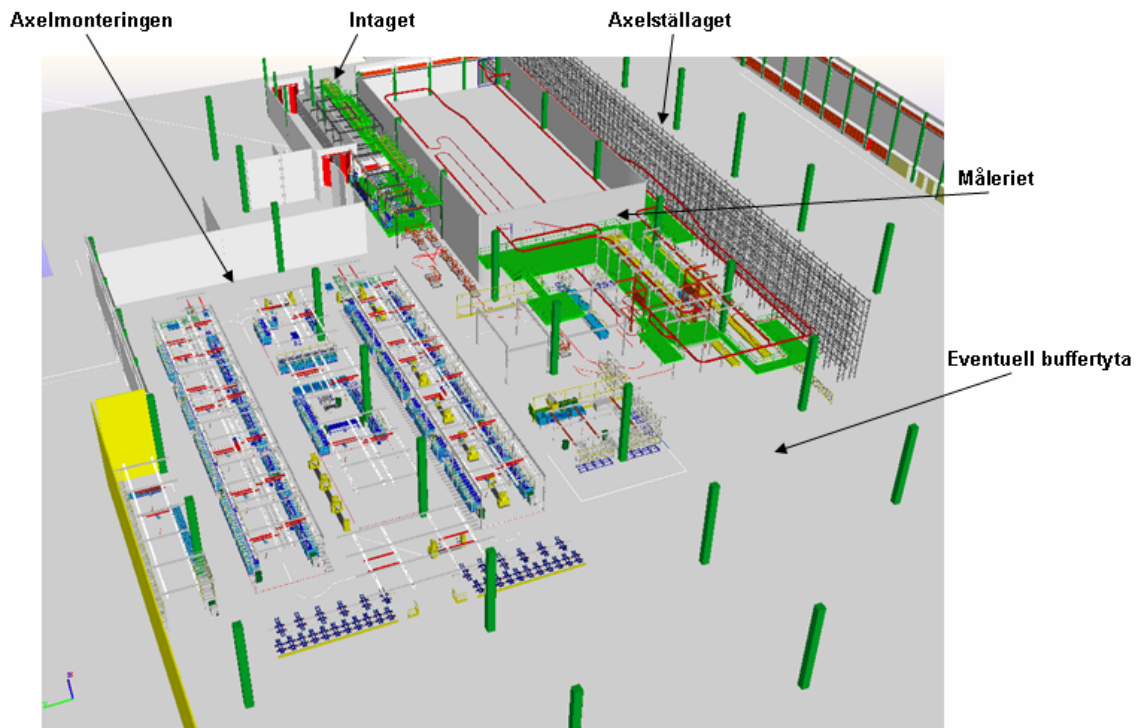
Transport

I samband med transport kvarstår problemet från dagens upplägg att inte alla axlar kan lastas tillsammans i de nuvarande transporttracksen. Detta problem medför att det ibland är omöjligt att lasta trailers fulla med axlar i rätt sekvens.

5.4.2. Intag

I intaget sker, som i dagens upplägg, lossning, intagning samt maskering av axlarna.

Figur 11 nedan visar en övergripande bild av det kommande upplägget. I figuren visas intaget, transporten till måleriet, måleriet, Göteborgsnedtaget, bufferten mellan måleri och axelmonteringen samt axelmonteringen, dessutom finns det gamla axelställaget med. I de följande kapitlen förklaras produktflödet genom de olika delprocesserna i den kommande axelprocessen med start hos leverantörerna tills slutet vid chassilinjernas början.



Figur 11 Det nya upplägget med intag, måleri och axelmontering presenterade

Lossning

Eftersom intaget flyttas i anslutning till måleriet sker avlastningen av trailers i det kommande upplägget på gården LA5. I första skedet kommer axlarna liksom i dagens upplägg fortfarande att direktlossas ur trailern vid leverans. För att slippa direktlossning krävs att axlarna levereras i en betydligt bättre sekvens än i dagsläget. Det är dock inte troligt att den exakta sekvensen uppnås direkt då det kommande upplägget införs. Efter urlastningen sekvenseras axlarna till produktionssekvensen på gården. Arbetet sker enligt det nuvarande upplägget med tre truckar.

Intagning

Enligt ovan flyttas intaget för axlar till LA5 vilket ligger betydligt närmare både måleriet och den kommande axellinjen. Intaget kommer att ha två inbanor till skillnad från dagens intag som bara har en. Inbanorna kommer att skiljas åt genom att göteborgsaxlar tas in på den ena och exportaxlar tas in på den andra. De två banorna på utsidan går ihop till en bana efter ugnen. Ugnen kommer att vara 26 meter lång och kommer att ha möjlighet till högre temperatur än den nuvarande. Efter ugnen kommer hanteringen av axlar att ske ungefär på samma sätt som i dagens upplägg.

För transporten i intaget används ett slutet system med underplattor till transportracken. På detta sätt undviks dagens extra hantering av bakaxlarna i intaget. Returflödet av underplattor och transportracks sker på ett övre plan.

De nuvarande carrierna kommer att användas för att frakta axlarna från intag till måleriet. Kostnaden för att bygga om hissen in i måleriet är allt för stor för att motivera ett byte av carriersystem. Alltså kommer samma upphängningsanordning användas på carriern, med de så kallade målarkrockarna, som i dagens upplägg. Denna transport kommer dock att vara avsevärt kortare i det nya upplägget än i dagens upplägg, i det nya upplägget blir den endast

20 meter mot de tidigare 143 meterna. Maskeringen av axlarna sker på ungefär samma sätt som i dagens upplägg.

5.4.3. Måleriet

Det är inte planerat att det skall ske några som helst förändringar vad det gäller layouten i själva måleriet. Det sker dock en förändring i nedtaget för de axlar som ska monteras i Tuve anläggningen. Här kommer utbanan att förlängas vilket ger möjlighet till avmaskering, demontering av målarkrockar och eventuellt även montering av en adapter till de transportracks som ska användas i den nya axellinjen.

5.4.4. Axelbufferten

Mellan måleriet och axellinjen krävs en buffert för att axelmonteringslinjerna skall kunna försörjas tillfredställande. Denna buffert beskrivs i kapitel 7.1.5.

5.4.5. Axelmonteringen

Från bufferten transporteras axlarna med två truckar till axelmontering. Här lastas axlarna av i en mindre buffert framför respektive axellinje. Utformningen av dessa buffertar är inte helt klar i dagsläget utan det finns två alternativ. Antingen används rullbanor i två plan med plats för upp till fem axlar, på det övre planet lagras axlarna och det undre planet används för returflödet av racks. Det andra alternativet är två saxbord enligt ett tvåbingsystem framför varje axellinje.

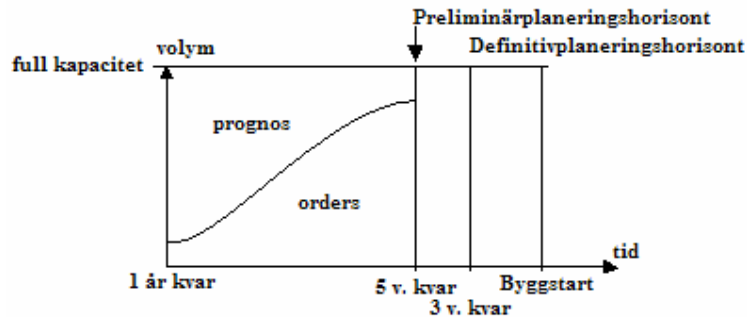
Monteringen sker i två stycken, 43 meter långa, monteringslinjer med fem stationer var. Mellan stationerna transporteras axlarna på carriers. De båda monteringslinjerna innehåller dessutom en pålastnings- och en avlastningsstation var. Linjernas taktid är planerad till 3,42 minuter och operatörerna följer axeln genom hela linjen. Efter linjen ska det finnas en buffert på max nio stycken axlar. Ur denna buffert hämtas axlarna med truck och transporteras till en säkerhetsbuffert framför dockningen, som blir det näst sista steget i de två chassimonteringslinjerna.

Säkerhetsbufferten

Säkerhetsbufferten framför chassilinjerna är planerade att innehålla maximalt sex stycken axlar för flöde 22 och åtta axlar för flöde 21. Bufferten är tänkt att ta upp eventuella problem som uppkommer hos axellinjerna.

5.5. Informationsflödet översiktligt

Volvo Lastvagnar i Tuve definitivt planerar sin produktion tre veckor innan byggstart vilket innebär att byggtid samt flöde fastställs för respektive lastvagn. Innan detta datum byggs ordervolymer upp under ett år framåt enligt figur 12. Figuren visar hur prognos och orders förhåller sig till varandra fram till byggstarten.



Figur 12 Orders byggs upp till produktionsvolym fram till byggstart

Både Volvo Powertrain i Köping och ArvinMeritor i Lindesberg har tillgång till den planerade produktionen ett år framåt i tiden genom Delfor. Delfor är en fil som visar de lastvagnar som det finns orders på samt de i prognos för det närmsta året. Det medför att de har en liknande bild som den som visas ovan för ett år framåt. Då definitivplaneringshorisonten är uppnådd genomförs den så kallade definitivplaneringen av Tuve- och Belgienanläggningens produktion. Detta görs 13 dagar i förväg för Tuve och 16 dagar i förväg för Belgien. Vid denna tidpunkt kan alltså Volvo Powertrain i Köping själva (eftersom de är en intern leverantör) se definitivplaneringen direkt i Volvo Lastvagnars system COS (Construction Order System). Utifrån denna information kan de sedan planera produktionen av axlarna. ArvinMeritor har däremot inte tillgång till detta system utan får denna information ur Deljit som är en fil som visar de definitivplanerade lastvagnarna. En dag efter definitivplaneringen av Tuve, alltså tolv dagar innan byggstart på monteringslinjerna i Tuve, skickas en datafil till speditören Jardlers som innehåller en lista över målningsbehovet för den specifika dagen. Jardlers genomför en lastplanering utifrån vikten på axlarna, vilket tar en dag för dem därefter skickar de en transportplanerad ”målningsfil” till ArvinMeritor som de kan planera axelproduktionen utifrån. Deljit och målningsfilen skiljer sig åt genom att målningsfilen innehåller de ändringar som genomförs i axelsekvensen för att försörja chassidockorna med rätt sekvens, se kapitel 5.5.1. nedan.

Tio dagar senare ska axlarna vara klara och transporten till Tuve avgår. Ytterligare en dag senare kan målningen påbörjas och därefter axelmontering i Tuve. På detta sätt har Tuve tre dagar på sig för målning, axelmontering och dockning med ramsidorna innan chassiet är inplanerat på monteringslinjerna 21 eller 22. De axlar som ska monteras i Belgien lastas på båt i Göteborg under den trettonde dagen räknat från definitivplaneringshorisonten och är inplanerade på monteringslinjerna i Belgien den 16 dagen.

Var fjärde vecka hålls ett så kallat programmöte för produktionen där Volvo Lastvagnar i Tuve, Skövde, Umeå och Köping samt ArvinMeritor i Lindesberg deltar. På dessa möten diskuteras exempelvis den närmaste tidens produktion samt planerade förändringar.

I samband med värdeflödeskartläggningen har en karta som beskriver informationsflödet tagits fram. Kartan över informationsflödet presenteras i bilaga 1 tillsammans med den övergripande värdeflödeskartläggningen och visar aktörer samt en del av den information som skickas mellan aktörerna i axelprocessen.

5.5.1. Måleriets specifika planering

För att axlarna ska kunna försörja chassimonteringen (chassidockorna) med rätt sekvens krävs det en omplanering av axlarnas målningstider i förhållande till definitivplaneringen. Produktionsplaneringen av måleriet görs alltså i dagsläget om efter det att

definitivplaneringen är fastställd. Det är detta underlag som skickas till axelleverantörerna. Omplaneringen genomförs av Bert Eriksson på Volvo Lastvagnar i Tuve.

6. Fallstudien

I kapitlet presenteras exempel på värdeflödeskartor av dagens axelprocess samt den nya axelprocessen. För att få en bra bild av den nuvarande processen genomfördes kartläggningar vid tre olika tillfällen, på olika tider vid varje tillfälle. Dessa kartor kompletteras med tre värdeflödeskartor av det kommande upplägget. Kartorna av det kommande upplägget är uppskattade i samråd med Hanna Gustafsson, Sebastian Vrbanc och Andreas Nygren på Volvo Lastvagnar i Tuve. I samband med framtagningen av värdeflödeskartorna har insamlad data sammanställts i Excel vilka presenteras i tabell 2 till tabell 5 nedan. Kapitlet avslutas med en analys av axelprocessens värdeflöde sett från ett Lean Production perspektiv.

För att återanknytta till det problem som fallstudien skulle svara på presenteras den specifika problemformuleringen återigen nedan:

Hur förhåller sig den nuvarande axelprocessen gentemot den kommande linjebaserade axelprocessen utifrån ett synsätt grundat i Lean Production och vilka möjligheter till förbättringar finns?

- Hur ser den nuvarande axelprocessen ut?
- Vilka problem finns i den nuvarande axelprocessen?
- Vilken inverkan har problemen på den kommande axelprocessen?
- Finns det potential för förbättringar i den kommande axelprocessen?

6.1. Tillvägagångssätt

För att skapa en övergripande förståelse för processen genomfördes ett antal semistrukturerade intervjuer. Förutom dessa genomfördes två rundvandringar, ”real walk throughs”, i processen tillsammans med Hanna Gustafsson på Volvo Lastvagnar i Tuve. Vid dessa rundvandringar följdes flödet och vad som sker i respektive bearbetningssteg. Efter dessa första övergripande observationer var vi redo att på ett mer strukturerat sätt studera ett antal olika parametrar och faktorer. De olika faktorerna och parametrarna som valdes att studeras mer ingående valdes utifrån ett fokus på Lean Production i samråd med vår handledare Sebastian Vrbanc på Volvo Lastvagnar i Tuve. Studierna genomfördes med walk-through metoden och resulterade i ett antal värdeflödeskartor. I samband med framställandet av kartorna gavs en möjlighet att genomföra en virtual walk-through tillsammans med processens nyckelpersoner under en utbildningsdag. Kartläggningen avslutades med besök hos de två axelleverantörerna.

Under det löpande kartläggningsarbete ritades processen upp med papper och penna och värden på parametrarna antecknades. På detta sätt byggdes en värdeflödeskarta upp successivt under de olika observationerna. I samråd med handledare på Volvo Lastvagnar i Tuve samt våra handledare på Lunds Tekniska Högskola togs beslut att presentera värdeflödeskartorna i programvaran Excel. Valet att använda Excel och inte en bättre lämpad programvara gjordes för att den används på Volvo Lastvagnar, därför kan vår modell på ett enkelt sätt utvecklas i framtiden. När värdeflödeskartan var klar genomfördes insamlingar vid tre tillfällen av de parametrar som valts vilket resulterade i tre olika värdeflödeskartor av dagens axelprocessupplägg.

För att kunna gå vidare med att ta fram värdeflödeskartor av det kommande axelprocessupplägget behövdes mer information. Därför krävdes det en övergång till att på

heltid arbeta med simuleringsdelen av arbetet för att sedan återgå till värdeflödeskartläggningen igen när värden på parametrarna i det kommande upplägget tagits fram i simuleringsstudien. När simuleringsmodellen var klar kunde värdeflödeskartor av det kommande upplägget på axelprocessen skapas utifrån de resultat som togs fram. Dessa värdeflödeskartor tillsammans med kartorna över dagens axelprocess gav oss ett underlag för en analys ur ett Lean Production perspektiv.

6.2. Presentation av axelprocessens värdeflöde

Det nuvarande upplägget av axelprocessen är relativt komplext, till stor del beroende av axelmonteringen som är det sista steget i axelprocessen. I figur 13 nedan presenteras ett exempel på detta värdeflöde, där komplexiteten kan ses genom att flödet ”växer” parallellt på slutet. Syftet med figurerna är endast att påvisa skillnaderna i strukturen på de två uppläggen, för att studera detaljer se bilaga 2.



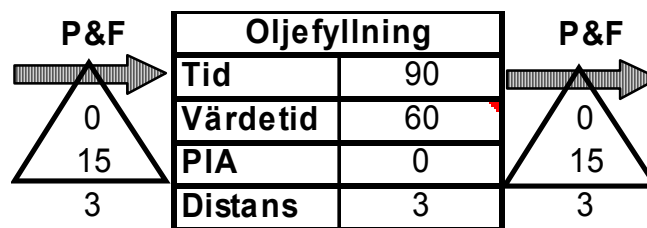
Figur 13 Värdeflödeskartläggning av den nuvarande processen

Trots att vissa delar av den kommande processen har helt oförändrat värdeflöde ger den nya processen en helt ny värdeflödeskarta, se figur 14 nedan. Eftersom vissa delar är oförändrade i det kommande upplägget har dessa delar återanvänts i värdeflödeskartan av den kommande processen. Bilaga 1 visar en av de tre värdeflödeskartläggningarna i sin helhet, i bilagan presenteras dels en detaljerad bild, dels en övergripande.



Figur 14 Värdeflödeskartläggning av den kommande processen

Värdeflödeskartorna är framställda i programvaran Excel i två olika nivåer, en detaljerad och en övergripande. I den detaljerade nivån återfinns varje aktivitet för sig medan den övergripande nivån visar de olika delprocesserna i axelprocessen. I figur 15 visas ett exempel på en av aktiviteterna samt transporten före och efter aktiviteten, i figuren kan de parametrar som valts i studien ses.



Figur 15 Exempel på en av aktiviteterna i de framtagna värdeflödeskartorna

Delprocesserna är intag, måleri, axelmontering och axelställage (sekvensering) i den nuvarande processen och intag, måleri, buffert, montering och buffert i den kommande

processen. Anledningen till att bufferten mellan måleriet och monteringen räknas som en delprocess är att en av frågeställningarna i detta arbete handlar om att dimensionera den bufferten.

Under arbetets gång har det uppkommit en mängd diskussioner kring nivån på värdeflödeskartläggningen. Exempelvis, vad är en bearbetningsaktivitet, transport eller en buffert? Det uppstod även diskussioner kring vilken detaljeringsnivå som bör användas. Med detaljeringsnivå avses var gränsen dras mellan aktivitet och delprocess. I dessa diskussioner var den virtual walk-through som genomfördes till stor hjälp. Ytterligare ett problem har varit att bedöma vilka aktiviteter som är värdeadderande respektive icke värdeadderande. För att bedöma detta har varje aktivitet fått bedömas för sig själv, alltid utifrån slutkundens fokus.

De parametrar som valts för att jämföra det kommande upplägget mot det gamla upplägget har valts utifrån strategisynsättet Lean Production i samråd med Sebastian Vrbanc på Volvo Lastvagnar i Tuve. Tabellerna nedan visar en sammanställning av dessa parametrar i det nuvarande upplägget samt det kommande upplägget. Sammanställningarna visar de observationer som genomfördes vid olika tidpunkter på dygnet för att få ett tillförligt resultat.

Tabell 4 Det nuvarande upplägget i siffror

Delprocesser	PIA (st)			Ledtid (tim)			Värdeadd tid (min)	Andel värdeadd tid (min)			Distans (m)
	18-feb	20-feb	24-feb	18-feb	20-feb	24-feb		18-feb	20-feb	24-feb	
Intag	636	673	760	17,8	19,0	21,4	1,2	0,1 %	0,1 %	0,1 %	237,0
Måleri	66	36	38	1,3	1,0	0,9	4,2	5,5 %	7,3 %	7,7 %	254,0
Montering	65	61	65	4,4	2,8	4,4	13,3	5,1 %	7,8 %	5,0 %	432,6
Kranställaget	44	73	61	2,4	4,1	3,4	0,0	0,0 %	0,0 %	0,0 %	50,0
Totalt	811	843	924	25,9	26,9	30,1	18,6	1,2 %	1,2 %	1,0 %	973,6
Genomsnittligt	859			27,6			18,6	1,1 %			973,6

Tabell 5 Det kommande upplägget i siffror

Delprocesser	PIA (st)			Ledtid (tim)			Värdeadd tid (min)	Andel värdeadd tid (min)			Distans (m)
	18-feb	20-feb	24-feb	18-feb	20-feb	24-feb		18-feb	20-feb	24-feb	
Intag	629	674	773	17,5	18,9	21,6	1,2	0,1 %	0,1 %	0,1 %	98,0
Måleri	66	36	39	1,2	0,9	0,8	4,2	5,7 %	7,9 %	8,3 %	259,0
Buffert axel	40	40	40	1,3	1,3	1,3	0,0	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0
Montering	33	31	31	2,6	2,5	2,5	13,1	8,4 %	8,9 %	8,9 %	322,8
Buffert chassi	14	14	14	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0
Totalt	782	795	897	23,1	24,0	26,6	18,5	1,3 %	1,3 %	1,2 %	679,8
Genomsnittligt	824			24,6			18,5	1,3 %			679,8

Eftersom det kommande upplägget inte innebär någon förändring i den buffert som finns utomhus i intaget presenteras delprocesserna förutom intaget i tabell 4 nedan. Detta visar på ett tydligare sätt de förändringar som sker genom det kommande upplägget.

Tabell 6 Jämförelse mellan de olika uppläggen utan intaget

Upplägg	PIA (st)			Ledtid (tim)			Värdeadd tid (min)	Andel värdeadd. tid (min)			Distans (m)
	18-feb	20-feb	24-feb	18-feb	20-feb	24-feb		18-feb	20-feb	24-feb	
Nuvarande upplägget	175	170	164	8,1	7,9	8,7		3,6 %	3,7 %	3,3 %	
	170			8,2			17,5	3,5 %			737
Kommande upplägget	153	121	124	5,6	5,1	5,1		5,2 %	5,7 %	5,7 %	
	132			5,2			17,3	5,5 %			582

Axelmonteringen presenteras i tabell 5 nedan för sig självt vilket ytterligare framhäver de stora förändringar som sker i axelmonteringen.

Tabell 7 Monteringen i de båda uppläggen

Delprocess /Upplägg	PIA (st)			Ledtid (tim)			Värdeadd tid (min)	Andel värdeadd tid (min)			Distans (m)
	18-feb	20-feb	24-feb	18-feb	20-feb	24-feb		18-feb	20-feb	24-feb	
Nuvarande upplägget	65	61	65	4,4	2,8	4,4		5,1 %	7,8 %	5,0 %	
	64			3,9			13,3	5,9 %			433
Kommande upplägget	33	31	31	2,6	2,5	2,5		8,4 %	8,9 %	8,9 %	
	31			2,5			13,1	8,7 %			323

6.3. Diskussion

I kapitlet analyseras de resultat som framkommit i fallstudien. Kapitlet har strukturerats genom att börja på en övergripande nivå, för att därefter gå in på en mer detaljerad nivå. I den detaljerade nivån följs flödet av axlar och en del av de problem som upptäckts genom värdeflödesanalysen tas upp.

6.3.1. Övergripande nivå

Efter ett antal intervjuer samt observationer av processen står det klart att axelprocessen på Volvo Lastvagnar i Tuve vuxit fram under en lång period. Under denna period har Volvo Lastvagnar präglats av ett tankesätt att försörja slutkunden med det den vill ha. Detta har bland annat medfört ett stort antal olika axeltyper. Ur denna synvinkel kan axelprocessen sägas vara ändamålsenlig eftersom den parallella och produktionsflexibla axelmonteringen stämmer väl överens med den övergripande strategin. Ur synsättet Lean Production, som i stora drag går ut på att skapa ett produktionssystem med små buffertar och ett visuellt flöde med en taktkänsla genom hela processen, är däremot den nuvarande axelprocessen inte lika väl utformad.

Ett problem är att Volvo Lastvagnar i Tuve präglas av en traditionell organisationsstruktur. Axelprocessen delas in i ett antal olika avdelningar med dålig kommunikation mellan varandra. De anställda har därför svårt att se konsekvenserna av deras handlande för hela processen vilket leder till suboptimering. Detta har att göra med grundläggande föreställningar inom organisationen, paradig, från den traditionella organisationsstrukturen. För att förändra detta synsätt krävs det därför långsiktigt arbete.

Avdelningstänkandet är en starkt bidragande orsak till att de olika avdelningarna har möjlighet till och även utnyttjar möjligheten att arbeta upp sig, det vill säga att arbeta

snabbare än vad som förväntas och på så sätt möjliggöra att montörerna kan avsluta tidigare än planerat. Detta förhindrar ett jämnt flöde av material. Avdelningstänkandet leder även till problem i informationsflödet vilket blir viktigare i det nya upplägget eftersom buffertnivåerna minskar. Sänkta buffertnivåer kräver snabbare reaktionstid då problem uppkommer någonstans i processen.

Värdeflödeskartläggning av axelprocessen pekar på att en stor del av resurserna läggs på icke värdeadderande aktiviteter. Detta indikerar att det finns en stor potential för förbättringar av processens effektivitet, några av dessa potentiella förbättringar lyfts fram nedan.

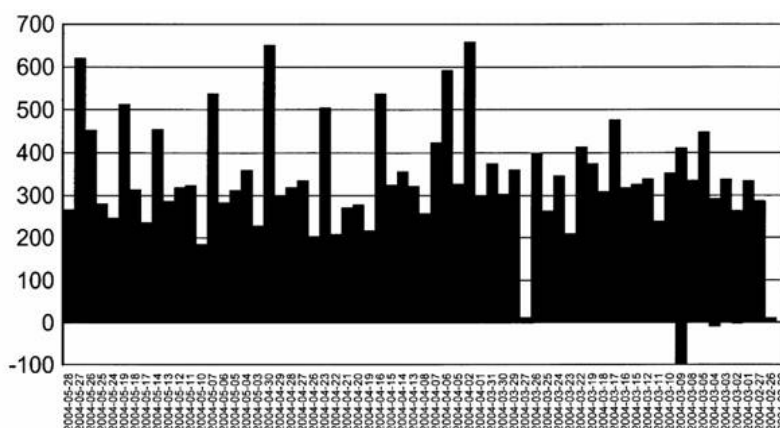
6.3.2. Detaljerad nivå

I kapitlet följer en genomgång av värdeflödeskartläggningen knuten till den indelning i delprocesser som genomförts tidigare. Värdeflödeskartläggningen är indelad i olika delprocesser för att på ett enkelt sätt kunna jämföra det nuvarande processupplägget mot det kommande ur ett Lean Production perspektiv med slöserierna i fokus.

Leverantörer

Både ArvinMeritor i Lindesberg och Volvo Powertrain i Köping har tillgång till den inplanerade produktionen ett år i förväg med uppdatering varje dygn. De har möjlighet att se både prognosen och hur faktiska orders fyller upp produktionsvolymen. Detta anser vi ligga till grund för en god transparens i informationsflödet.

Vid intervju med Curt Jacobsson på ArvinMeritor framfördes, trots den goda informationen, missnöje med hur ordervolymen pendlar. Dessa pendlingar bör kunna åtgärdas genom en bättre inplanering av KD-axlarnas målning. Vad det gäller KD-axlarna planeras de in i batcher. Detta leder till svängningar i orders vilket i sin tur leder till så kallad "bullwhip effekt" genom försörjningskedjan. Denna effekt skulle kunna minskas genom att planera in målning samt beställning av KD-axlarna i mindre batcher. Svängningarna i orders till ArvinMeritor kan ses i figur 16 nedan. Produktionsplaneringen av måleriet och då främst KD-axlarna leder alltså till problem med att nå målet med ett jämnt och högt kapacitetsutnyttjande genom försörjningskedjan.



Figur 16 Orders av axlar till ArvinMeritor under perioden 2004-02-20 till 2004-05-28

Ytterligare ett problem har varit att målningsskvensen inte följer definitivplaneringen eftersom axlarna planeras om i måleriet för att kunna försörja dockorna med axlar i rätt tid. Detta leder till att axlarna avropas i olika sekvenser från de två leverantörerna eftersom

Köpings axlar avropas efter definitivplaneringen och ArvinMeritors i praktiken avropas efter målningsfilen. Anledningen till att ArvinMeritors axlar i praktiken avropas efter målningsfilen är att det är den som Jardlers lastplanerar axlarna efter. Den sekvens som Köping leverera efter stämmer alltså inte med måleriets produktionssekvens vilket leder till ett behov av en ökad buffertnivå framför måleriet. Det skapas även en irritation ibland personalen som tar emot axlar i Tuve vilka är helt ovetande om problemets ursprung. Problemet kan lösas genom att även axlarna från Köping avropas efter målningsfilen. I det kommande upplägget bör detta problem dock inte uppkomma eftersom det inte krävs någon omplanering av målningsfilen i förhållande till definitivplaneringen.

Den ovan beskrivna ”bullwhip-effekten” kan vara en bidragande orsak till att leverantörerna har problem med att hålla sekvensen i leveranserna. I Köping finns dessutom tekniska orsaker som bidrar till problemet. Det handlar om framaxlarnas transportracks utformning som omöjliggör att trailers lastas fulla med bibehållen sekvens, då placering av bromscylindern på vissa axlar orsakar problem vid lastning (se kapitel 5.3.1).

Det räcker att det är ett fel i leveranssekvensen för att orsaka stora problem senare i processen. Problemen blir ännu större i den nya processen på grund utav att axelställaget inte längre finns, det tar i dagsläget upp en del av sekvensproblemen. Sekvensproblemen har bidragit till att axlarna måste markställas före de tas in i intaget. Denna hantering är orsaken till merparten av intagets icke värdeadderande aktiviteter. All denna hantering skulle kunna försvinna om leveranserna skedde i sekvens. Bufferten på utsidan borde även kunna minskas avsevärt vilket öppnar möjligheter för ett mer effektivt hanteringssätt som exempelvis ett bingesystem i form av WOW-lager⁸⁷. Om axlarna levererades i sekvens borde det dessutom gå att hantera lossningen av axlar med färre truckar vilket skulle innebära att personalbesparing kan genomföras.

Transport

Transportracksen för framaxlar lastas med två axlar vilket skapar problem för styrning av måleriet. Problemet grundar sig i att måleriet styrs genom mixstyrning samt att processen inte möjliggör att de två framaxlarna på samma racks separeras åt i sekvensen förrän efter måleriet. Detta minskar antalet möjliga mixer för måleriets styrning vilket försvårar styrningen.

I samband med transport uppkommer ytterligare ett sekvensrelaterat problem. Information om avvikelser i sekvensen når inte berörd personal på Volvo Lastvagnar i Tuve på ett smidigt sätt. Vid lastning hos leverantören skickas ett mail med information om transportens sekvens men detta mail utnyttjas inte fullt ut. Detta mail borde vidare bara peka på avvikelser från sekvensen och inte som idag innehålla en lista med sekvensen. Genom att bara rapportera avvikelser upptäcks eventuella fel i sekvens enkelt.

I framtiden då Belgiens axlar eventuellt inte hanteras i Tuve bör det underlätta att dela upp trailers i tre olika typer. Dels de axlar till de två olika flödena dels KD-axlar. På detta sätt blir det lättare att hålla en intakt sekvens samt även lättare att hantera eventuella problem i produktionen.

⁸⁷ WOW-lager står för Warehouse On Wheel och innebär lagerhållning direkt i trailers.

En möjlig väg att gå för att minska symptomen på problemen med sekvensen är införande av RFID-märkning av axlarna. Med RFID-märkning kan axlarna spåras hela vägen genom försörjningskedjan och avvikelser rapporteras till rätt person. RFID-märkning av metallprodukter kan innebära svårigheter men med rätt placering på axeln är det möjligt att få god räckvidd från sändarna. Vidare har priset för id-sändarna tidigare varit högt men i dagsläget bör inte priset på cirka 4 kronor per märke⁸⁸ vara en begränsande faktor.

Intaget

I intaget indikerar värdeflödeskartläggningen att det finns mycket slöseri. Den värdeadderande tiden är i denna delprocess mycket låg i förhållande till den tillgängliga tiden vilket drar ner hela axelprocessens andel värdeadderande tid avsevärt. Denna snedfördelning beror på det stora antal axlar som markställs på gården. Enligt våra observationer finns i genomsnitt cirka 700 stycken axlar på gården vilket motsvarar en buffert på cirka 4 stycken ledtider (ledtiden för transporten från leverantör). Bufferten före intaget borde med ovanstående förändringar genomförda i samarbete med leverantörerna kunna minskas avsevärt utan några problem med försörjningen av axlar till måleriet.

På grund utav all sekvenshantering samt intagets placering transporteras axlarna långt inom denna delprocess. Transportsträckan minskar avsevärt med den nya processens intag som ligger bättre placerat närmare måleriet och axelmonteringen.

Måleriet

Då simuleringen hanterar måleriet i det nya upplägget har vi valt att uteslutande kommentera måleriet i kapitlet som behandlar simuleringen.

Axelmonteringen

Den nuvarande axelmonteringsprocessen har högt PIA, vilket leder till långa ledtider och därmed en liten andel värdeadderande tid, vidare är transporterna inom monteringen omfattande. Den kommande axelmonteringen har betydligt lägre PIA samt kortare ledtid vilket leder till att andelen värdeadderande tid i vår värdeflödeskartläggning är cirka 50 % högre i det kommande upplägget (se tabell 5). Vi har dessutom inte haft möjlighet att mäta den distans som carrierna kör och cirkulerar om det är fullt på ett rullband där en axel skall lämnas av i det nuvarande upplägget. Detta medför att det i verkligheten är större skillnad i distansen på uppläggen än vad vår värdeflödeskartläggning visar. Noterbart är att det kommande upplägget innebär längre transporter till och från axelmonteringen än i dagsläget.

Eftersom monteringen i det kommande upplägget har ett specifikt kontinuerligt flöde i en fast takt är det inte möjligt att arbeta upp sig såsom i dagsläget. I dagens process uppstår ergonomiska problem av att inte verktygen används på det sätt som de är designade för. Denna aspekt medför att det i det kommande upplägget ges större möjlighet att styra operatörerna att arbeta ergonomiskt riktigt.

Ett tankesätt som genomsyrar Lean Production är att flödet ska vara enkelt att följa, det ska vara möjligt att vid första anblicken förstå vart processen börjar och vart den slutar. Den kommande monteringsprocessen uppfyller detta på ett bra sätt och kommer att innebära ett enklare flöde vilket tydligt kan ses på de detaljerade värdeflödeskartorna i bilaga 2 och 3. Linje layouten innebär även att det skapas en taktkänsla genom hela fabriken vilket

⁸⁸ Intervju med Sten Wandel, Professor Teknisk Logistik. 2004-01-20

tillsammans med lägre buffertnivåer kommer att lyfta upp problem till ytan på ett tydligare sätt än i dagsläget. Problem kommer att upptäckas tidigare än i dagens upplägg vilket ger möjlighet att lösa roten till problemet och inte som i dagens upplägg lösa symptomen genom att addera bufferts. På kort sikt kommer detta att innebära obehag och merarbete, som inte får minskas genom att addera bufferts. Genom att lösa problemen successivt allt eftersom de kommer upp till ytan kommer en betydligt friskare process ur ett Lean Production synsätt att skapas.

7. Simulering av måleriprocessen

Detta kapitel beskriver arbetsgången i simuleringsstudien. Kapitlet följer samma struktur som arbetsgången i simuleringsstudien enligt simuleringsmetodik vilken beskrivs i teorikapitlet för simulering. Kapitlet beskriver även simuleringsmodellens utveckling under simuleringsstudiens genomförande. Det ges även en förklaring till hur experimentdesignen utformats. Slutligen presenteras och analyseras de resultat som de olika experimenten givit.

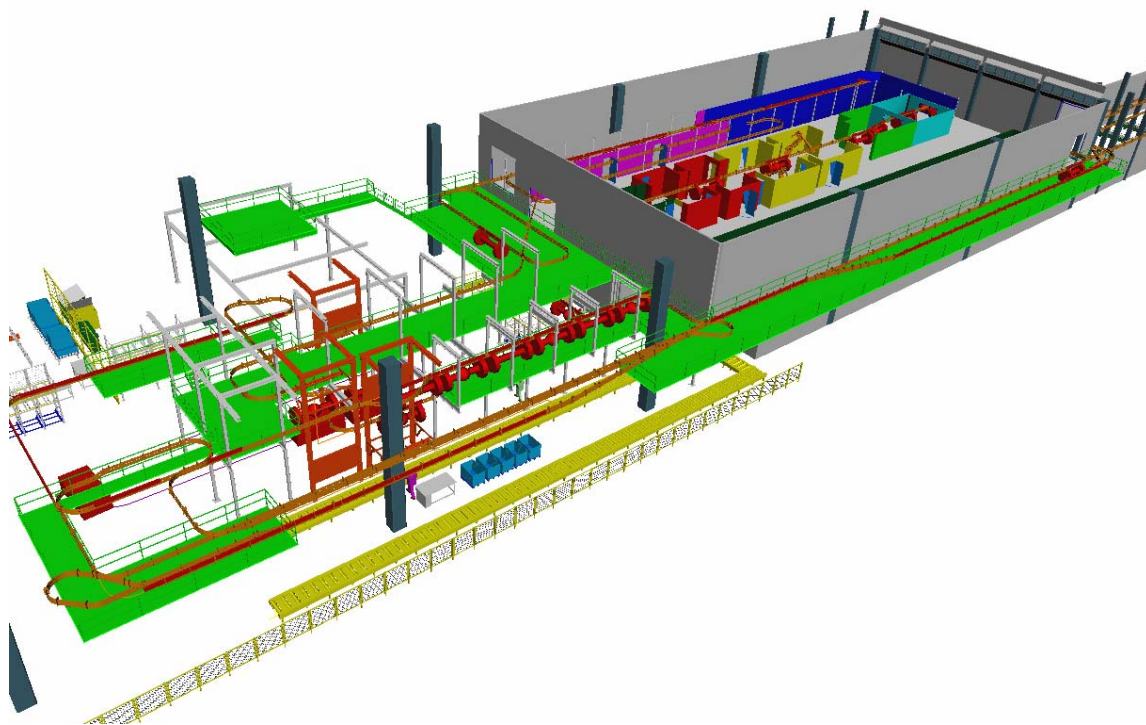
För att återanknyta till det problem som simuleringsstudien skulle svara på presenteras den specifika problemformuleringen återigen nedan:

Vilken produktionsmix av axlar ger den minsta buffertnivån mellan axelmåleriet och axelmonteringen med bibehållen kapacitet?

- Hur fungerar dagens måleri process?
- Hur många varianter finns det av varje axel och vad ställer det för krav på modellen?
- Vilka parametrar är det som styr buffertnivån?
- Vilken felfrekvens har de olika delprocesserna i axelmåleriet?

7.1. Modellbeskrivning

I detta kapitel beskrivs först den konceptuella modellen. Det beskrivs även hur simuleringsmodellen har arbetats fram samt hur indata till densamma har samlats in och använts för att utföra de moment som ingår i en simuleringsstudie. I figur 16 visas simuleringsmodellen över måleriet.



Figur 17 Beskrivning av simuleringsmodellen över måleriprocessen

7.1.1. Konceptuellmodell

Genom fallstudien av axelprocessen, vilken innebar en kartläggning av de olika processerna formades den konceptuella modellen över måleriet. I bilaga 2 visualiseras måleriet i form av en processkarta. Processkartan tillsammans med beskrivningen i kapitel 5.3.3 har används som konceptuell modell. Denna metod visar även de synergieffekter som finns mellan värdeflödeskartläggningen och simuleringsstudien.

7.1.2. Indata

Grundstommen till simuleringsmodellen utgjordes av ritningar av måleriet samt den konceptuella modell som togs fram i värdeflödeskartläggningen. Eftersom detaljeringsnivån för värdeflödeskartläggningen inte var tillräcklig för att skapa en verklighetstrogen modell över måleriet användes information från måleriets automatiska system. Orsaken till att denna information användes för att skapa en trovärdig modell av måleriprocessen var att det inte fanns någon annan information som beskrev exakt vilka axlar som passerat måleriet under en specifik vecka. Detta beror i sin tur på att personalen på Volvo lastvagnar i Tuve gör en viss omplanering efter det att definitivplaneringen gjorts samt att det kan komma in sista minuten axlar i systemet. Den information som användes visar exakt vilka axlar som passerat måleriet samt vid vilken tidpunkt, exakt på sekunden, den specifika axeln passerat måleriet. Detta system är utrustat med ett antal olika scanners som är placerade utefter flödet. Informationen innehåller vilken variant av axel som passerat, vilken tid axeln passerat samt vilken slutkund som axeln ska levereras till. Eftersom mängden information snabbt växer sparar Volvo i Tuve endast 14 produktionsdagar vilket innebär att dessa dagar endast användes för att validera modellen. När informationen erhöles från systemet behandlades denna i Excel för att möjliggöra inläsning till Automod.

Utöver indata som erhöles genom egna observationer samt genom att utnyttja måleriets automatiska system fanns det även möjlighet att använda den avvikelsetinformation som systematiskt dokumenteras genom att montörerna beskriver varför och hur länge problem har uppstått i de olika delsystemen. Denna information samlas veckovis och sparas i flera år vilket innebär att denna information var mycket användbar. För att inte gå in på för detaljerad nivå delades måleriet upp i fyra delsystem; Oljan, Måleriet, Exportnedtaget och Göteborgsnedtaget. Den totala MTBF fördelningen togs fram samt hur stor sannolikheten var att ett visst delsystem skulle haverera. Informationen finns representerad i tabell 6.

Tabell 8 Visar tiden mellan stillestånden och antalet axlar från de veckor som användes i valideringen

Axelprocessen		
Vecka:	10	11
MTBF: [min]	123,5	120,9
Antal korrekta axlar	2548	2572

Tabell 9 Visar stillestånden för de olika delprocesserna i axelprocessen samt sannolikheten att en specifik delprocess får ett stopp

	Axelintaget	Oljan	Måleriet	Exportnedtaget
Total stopptid (min)	9314	15756	8475	1219
Antal stopp totalt	561	1059	495	46
Medel stopplängd:	16,6	14,9	17,1	26,5
Kortaste stopplängd:	5	5	5	5
Längsta stopplängd:	30	30	50	200

7.1.3. Grundläggande styrningsstrategi

Dagens produktionsstyrningsstrategi i Axelmåleriet på Volvo Lastvagnar i Tuve bygger till stor del på erfarenhet vilket innebär att sekvensen eller mixen av axlar ändras successivt under dagen. Detta system är svårt att införa i en datoriserad modell, därför utarbetades en mer systematisk produktionsstyrning fram.

Styrningsstrategin arbetades successivt fram när modellen verifierades i samband med anpassningen för experimenten. Genom att observera hur modellen uppförde sig i olika situationer växte kriterierna fram och resulterade i den styrning som presenteras i kapitel 7.1.4. Dessa beskriver vilken strategi som används för att styra produktionen i måleriet, det ges även en förklaring till varför den aktuella strategin valdes.

7.1.4. Mixstyrning av axlar

Mixstyrningen utgjorde stommen i grundstrategin eftersom målet med simuleringsstudien var att hitta en optimal produktionsmix för att minimera buffertnivån mellan axelmåleriet och axelmonteringen. Under verifieringen utfördes olika tester för att se om modellen var kapabel till att klara av olika förändringar. Det var under dessa tester som det insågs att förutom mixerna var det även viktigt när bytet till nästkommande mix gjordes. Därför togs beslutet att även använda tiden för omslag till nästkommande produktionsmix som en parameter.

På natten körs det en mix som till stor del består av exportaxlar. Eftersom exportnedtaget har en längre cykeltid än Göteborgnedtaget bidrar detta till att ledtiden genom måleriet är längre under nattskiftet och detta bidrog till att det krävdes en specifik parameter som styrde tiden för mixbytet under nattskiftet. Nedanstående punkter förklarar de mixer som använts och vilka kriterier som ska vara uppfyllda för att den specifika mixen ska användas.

1. Mix nummer ett används på dagen fram tills dess att tiden för mixbytet uppnåtts.
2. Mix nummer två används på kvällen fram tills dess att tiden för mixbytet uppnåtts.
3. Nattmixen, mix nummer tre, används fram tills att tiden för bytet till dagmixen uppnåtts.
4. Mix nummer fyra används när dagsmålet för Göteborgsaxlarna är uppfyllt och består endast av exportaxlar.
5. Mix nummer fem används när dagsmålet för exportaxlarna är uppfyllt och består endast av exportaxlar.
6. Mix nummer sex används när båda dagsmålen är uppfyllda samt när en viss mängd axlar har passerat igenom intaget, detta för att få rätt fyllnadsgrad i måleriet inför nästa dag.

7.1.5. Bufferthantering

För att upprätthålla utgångspunkten i vår undersökning valdes även att bestämma en maxnivå på bufferten. Denna maxnivå fick inte överskridas trots att måleriet hade möjlighet att producera fler än dessa axlar. Orsaken till att denna styrning valdes var främst att det ligger i linje med Lean Production. En av grundstenarna i Lean Production är att överproduktion inte ska existera. Utöver att det är en viktig del i Lean Production visade det sig även att om denna styrning inte tillämpades erhöles mycket stora svängningar i bufferten, så stora att det i princip blev omöjligt att kontrollera buffertnivån.

7.1.6. Produktionstakt

För att anpassa måleriet till den högsta möjliga takten valdes att hela tiden köra 104 takt måndag till torsdag och 66 takt på fredag i axelmonteringen. Med takt menas hur många lastvagnar som ska byggas under dagen.

Tabell 10 Beskriver hur många lastvagnar som ska produceras under dag- och kvällsskiftet

Monteringstakt		
	Dag	Kväll
måndag	66	38
tisdag	66	38
onsdag	66	38
torsdag	66	38
fredag	66	0
lördag	0	0
söndag	0	0

Trots att antalet lastvagnar som skulle byggas var konstant kunde antalet axlar variera eftersom varje lastvagn kan ha olika många axlar vilket innebär att det blir svängningar i produktionstakten för axlarna. Det var även viktigt att kontrollera hur ofta som det uppstod brist på rätt axlar i bufferten, det vill säga de axlar som tillhör det specifika chassi som ska monteras. På grund av denna sekvensering gjordes valet att styra monteringscykeltid på chassinivå vilket innebär att axlarna hämtas i batcher. Storleken på batcherna beror på hur många axlar det ska vara på det specifika chassiet och om inte alla axlar finns tillgängliga dokumenteras detta i en fil.

7.2. Verifiering

Detta har varit en kontinuerlig eller iterativ process som pågått från första dagen. Verifikationen har utförts på olika sätt beroende på vilken kontroll som skulle utföras. Verifikationen har till största delen utförts genom att modellen har körts i det grafiska läget och därigenom har det varit möjligt att kontrollera om modellen betedde sig på rätt sätt. De första testerna som gjordes kontrollerade om det överhuvudtaget var möjligt att transportera axlarna genom hela systemet och om axeln förflyttade sig till den position som programmeringskoden beskrivit. Allteftersom modellen blev mer komplex krävdes det att olika variabler verifierades kontinuerligt under en längre tid.

7.3. Validering

Indatan till modellen innehöll en specifik sekvensering det vill säga samma produktionsföljd som målades under vecka 10 år 2004. Modellen fungerade så att när en viss tid passerat skickade intaget en axel vidare till oljan. Denna axel plockades från den excelfil som togs fram ur måleriets automatiska informationsfil. Varje axel fick utöver de vanliga attributen (slutkund och axeltyp) även ett attribut som visade hur lång tid det tagit att passera igenom de delsystem som definierats tidigare. Detta innebar att det kunde göras anpassningar i de olika delsystemen för att få rätt genomloppstid genom varje delsystem vilket gjorde att valideringen kunde genomföras på ett smidigt och effektivt sätt. När en acceptabel avvikelse i genomloppstiden, cirka 1 % i förhållande till det verkliga systemet, erhållits producerade modellen fler axlar än verkligheten.

Eftersom dokumentationen av stilleståndet inte innefattade de kortare stoppen vid intaget, stopp under 5 minuter, ansattes en triangelfördelning över hur ofta och hur länge som det inte

ankom några axlar till måleriet. Detta innebar att det var möjligt att skapa en modell över måleriet som liknade det verkliga systemet.

Efter förändringen konstaterades att modellen avvek endast med 0.89 % från det verkliga systemet under vecka 10 år 2004. Vecka 10 år 2004 överensstämmer även väl med en normalvecka för samma år. Data från valideringen presenteras i tabell 9 där även den historiska produktionsdatan från måleriet presenteras.

Tabell 11 Resultatet av valideringen

Producerade axlar under v. 10		
Valideringsmodell		Historisk data
Medel [st]	2571.6	2548
Standardavvikelse	32.9	
Minimum [st]	2521.0	
Maximum [st]	2635.0	
Antal körningar	10	
Avvikelse i %	0,89%	

7.4. Experimentdesign

När modellen hade validerats och grundstrategin utformats planerades vilka experiment som skulle utföras. Eftersom datorkapaciteten sätter begränsningarna var det viktigt att begränsa experimenten till en viss mängd försök vilket gjordes genom att använda erfarenheterna från verifikationerna när indata till experimenten lästes in. Det som var möjligt att påverka var antalet variationer på parametrarna som t.ex. tiden för mixbytet och de olika mixerna. Det fördes även diskussioner om de olika produktionsmixerna och tiderna med Sebastian Vrbanc på Volvo lastvagnar i Tuve.

På grund utav att experimenten skulle innebära en mängd olika kombinationer av mixer och tider togs beslutet att använda Automods inbyggda analysprogramvara Autostat. Systemets karaktär krävde att modellen fylldes upp med axlar i början av varje körning. Modellen fylldes genom att generera axlar i intaget tills dess att bufferten mellan måleriet och monteringen nått en viss förutbestämd maxnivå. Detta gjordes för att minska tiden för uppvärmning av modellen som ansattes till en dag. Experimenten utfördes i 30 dagar med en dag som uppvärmning. Denna tid valdes utifrån en avvägning mellan tiden för varje experiment samt vilken tillförlitlighet som skulle uppnås i resultatet.

7.4.1. Urvalskriterier

När urvalskriterier bestämdes gjordes detta utifrån syftet med examensarbetet. En förutsättning för buffertnivån är att den grundar sig på att måleriet alltid ska försörja axelmonteringen, det uppstår alltså aldrig axelbrist för axelmonteringen i vår modell. Sekundärt bedömdes den specifika konfigurationens förmåga att upprätthålla en hög kapacitet i måleriet. Det var en kombination av dessa kriterier som avgjorde om en konfiguration presterade bra eller mindre bra. Kriterierna blev:

1. Buffertnivå
2. Kapacitet

För att möjliggöra de experiment som togs fram i experimentdesignen var det tvunget att modifiera modellen på ett sådant sätt att det gick att styra indata på chassinivå istället för axelnivå. Med chassinivå menas att indata läses in med avseende på vilka lastvagnar som ska

tillverkas och inte som tidigare vilka axlar som ska monteras. Det behövdes även en speciell styrning som tog hand om mixen av axlar. Detta resulterade i att det krävdes ytterligare programmering samt att det krävdes fler verifieringar för att konstatera att modellen uppförde sig på ett sådant sätt som det var tänkt. Eftersom indata i detta fall skulle läsas från chassinivå krävdes det förändringar av de attribut som användes av lasterna vilket i sin tur även påverkade de stationer som utförde arbetet på de olika axlarna.

Indatan till experimenten skiljde sig på några punkter ifrån den indata som användes till valideringen. Skillnaden berodde på att valideringen genomfördes med historisk produktionsdata medan experimenten genomfördes med framtida produktionsdata. Det krävdes även att produktionen jämnades ut något eftersom KD beställs i stora batcher vilket innebar orealistiska svängningar i systemet.

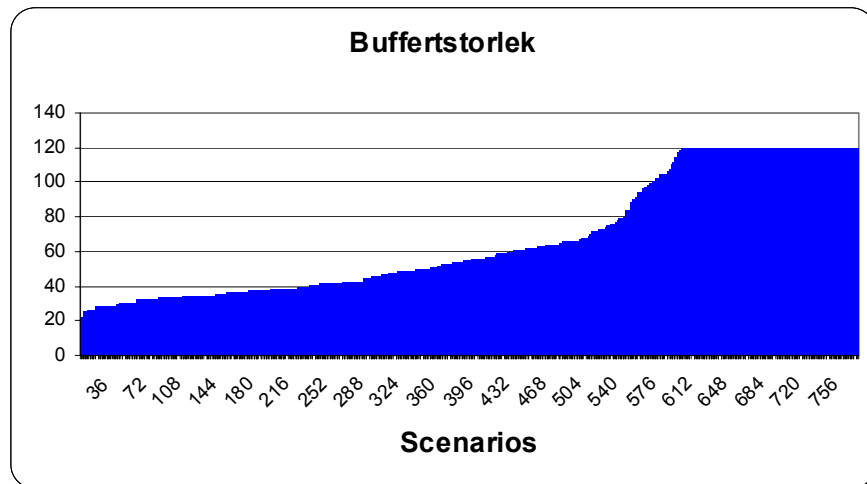
7.4.2. Experiment 1

Experimentdesignen utformades på ett sådant sätt att i experiment 1 utforskades en stor mängd med möjliga konfigurationer. För att begränsa mängden kombinationer av mixer och tider gjordes försök att begränsa antalet faktorer manuellt genom att observera modellen samt att diskutera med personer som arbetar i processen. Trots dessa försök krävdes det en stor mängd konfigurationer av mixer och tider (totalt 768 st). Eftersom tiden var begränsad togs beslutet att endast köra en replikation av varje konfiguration, dessutom valdes att inte variera tiden för mixbytet mellan dag och kväll och kväll och natt. För att förbättra trovärdigheten i experimentet användes verktyget, Common random number, som finns tillgängligt i Autostat. Verktyget innebär att de slumpstal som styr de fördelningar som används i modellen alltid är de samma. Detta innebär att det endast är de olika konfigurationerna som påverkar resultaten från de olika körningarna. Trots att detta verktyg användes finns en osäkerhet eftersom den slumpstalssträng som användes vid de olika körningarna kan favorisera vissa konfigurationer. Trots att bara en replikation användes tog körningarna fyra dygn att utföra. Konfigurationerna som utfördes visas i tabell 10.

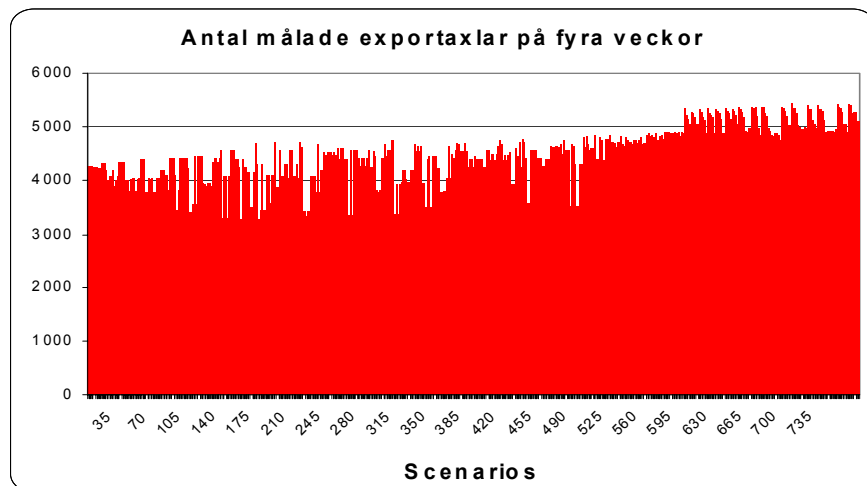
Tabell 12 De olika mixerna som utfördes i experimenten, totalt 768 konfigurationer

	Göteborg	Export	Tid för mixbyte (min)
Dagmix	8,10	0,2	130
Kvällsmix	2,4	2,6	130
Nattmix	2	10,12	150,170,190,200,220,230
Uppfyllnadsmix	10,12	2,4	

När dessa körningar utförts valdes de bästa ut. Urvalet gjordes genom att främst observera hur stor buffert den specifika konfigurationen krävde. Sekundärt gjordes urvalet genom att studera hur många exportaxlar som producerats under den utsatta tiden. Resultat från experiment 1 visas i figurerna nedan.



Figur 18 Visar buffertstorleken vid de olika experimenten



Figur 19 Visar antalet färdiga exportaxlar vid de olika experimenten

7.4.3. Experiment 2

I experiment 2 undersökte vi de konfigurationer som presterade bäst i experiment 1. Genom urvalsprocessen valdes sju olika konfigurationer, med dessa konfigurationer gjordes en djupare undersökning genom att variera tiden för mixbytet mellan dag och kvällskiftet. Samtidigt ökades antalet replikationer till fem stycken för att erhålla ett mer tillförlitligt resultat. De utvalda konfigurationerna från experiment 1 presenteras i tabellen nedan.

Tabell 13 Visar vilka konfigurationer som gick vidare från experiment 1

Konfiguration	Dagmix		Kvällsmix		Nattmix		Uppfyllnadsmix		
	GBG	Export	GBG	Export	GBG	Export	GBG	Export	
1	8	0	4	6	2	10	10	2	200
2	8	0	4	6	2	10	12	2	200
3	10	0	4	6	2	10	10	2	230
4	10	0	4	6	2	10	10	2	170
5	10	0	4	6	2	10	12	2	190
6	8	0	4	6	2	10	12	2	190
7	8	0	2	2	2	10	10	4	150

Resultaten från körningarna i experiment 2 visas i tabellerna nedan.

Tabell 14 Visar resultatet av buffertnivån från experiment 2

Experiment	Tid för mixbytet till kväll och natt					
	120		130		150	
	Antal	Std.av.	Antal	Std.av.	Antal	Std.av.
1	32,2	12,3	28,4	2,7	32,6	1,5
2	26,0	3,5	29,6	2,5	35,8	2,9
3	34,6	4,4	31,6	2,9	31,0	4,2
4	35,8	11,4	37,4	11,4	30,2	2,3
5	26,8	3,7	30,8	4,4	39,4	7,4
6	39,0	23,6	39,2	10,5	33,8	4,9
7	43	7,4	51	11,4	37,8	7,3

Tabell 15 Visar resultatet av antalet producerade exportaxlar för de konfigurationer som användes i experiment 2

Experiment	Tid för mixbytet till kväll och natt [min]					
	120		130		150	
	Antal	Std.av.	Antal	Std.av.	Antal	Std.av.
1	4149,0	39,1	4212,6	80,1	4306,4	45,1
2	4189,4	45,8	4247,2	32,9	4334,2	28,9
3	3964,0	40,4	3965,6	38,7	4066,8	18,8
4	4406,4	23,3	4414,8	42,4	4466,2	45,3
5	4266,4	56,7	4242,4	46,5	4390,4	43,7
6	4260,0	45,8	4282,0	41,0	4422,8	19,0
7	4378,2	39,1	4352,2	80,1	4451,6	45,1

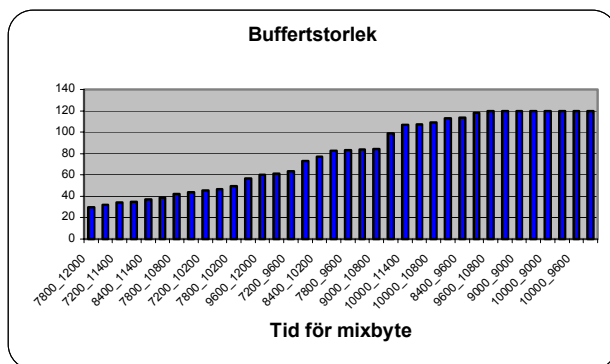
Enligt tabell 12 och 13 ovan är det konfiguration 4 i kombination med tiden 150 minuter för mixbytet som ger det bästa resultatet utifrån våra urvalskriterier.

7.4.4. Experiment 3

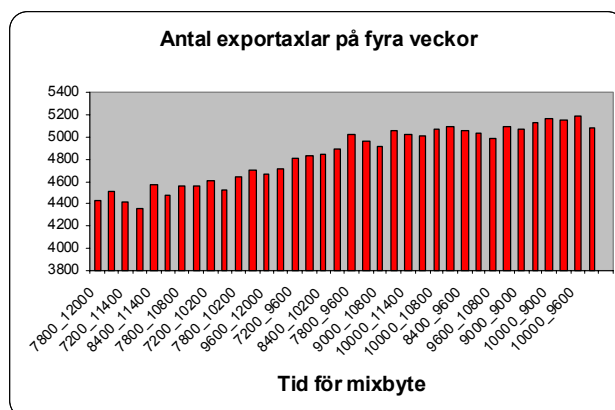
Detta experiment utfördes på grund av att resultatet i experiment 2 påvisade att de konfigurationer som presterade de bästa resultaten alla hade en dagmix som endast bestod av Göteborgsaxlar. Utifrån denna utgångspunkt undersöktes hur resultatet skulle falla ut om nattmixen endast bestod av exportaxlar. Fördelarna med denna konfiguration är att det skulle vara möjligt att inte bemanna Göteborgsnedtaget under natten samt inte bemanna Exportnedtaget under dagen, vilket skulle innebära en besparing. Utöver den kostnadsmissiga

aspekten leder denna konfiguration till en lättförståelig mixstyrning som ligger i linje med Lean Production.

Eftersom den specifika mixen av axlar var förutbestämd i detta experiment varierades endast tiden för mixbytet mellan dag- och nattskiftet samt tiden för mixbytet mellan natt och dagskiftet. I alla körningar användes fem replikationer för att erhålla ett tillförlitligt resultat. Resultaten från körningarna i experiment 3 visas i figur 20 och figur 21.



Figur 20 Beskriver hur buffertstorleken varierar beroende på när mixbytet sker



Figur 21 Beskriver hur antalet exportaxlar varierar beroende på när mixbytet sker i respektive skift

7.5. Sammanfattning av experimentella resultat

I detta avsnitt presenteras en sammanfattning av de konfigurationer som gav det bästa resultatet utifrån våra urvalskriterier.

Tabell 16 Utifrån experiment 2 blev följande mix den som gav det bästa resultatet

Mix	GBG	Export		Exportaxlar på 4 veckor	Buffertstorlek
Dagmix	10	0	Medelvärde	4466,2	30,2
Kvällsmix	4	6	Standardavvikelse	45,307	2,28
Nattmix	2	10	Minista värdet	4407	28
Uppfyllnadsmix	10	2	Maximala värdet	4528	34
Byte till dagsmixen	170 min				
Byte till kväll och natt	150 min				

Tabell 17 Den bästa konfigurationen enligt experiment nummer 3

Mix	GBG	Export		Exporttaxlar på 4 veckor	Buffertstorlek
Dagmix	2	0	Medelvärde	4431	29,8
Kvällsmix	4	6	Standardavvikelse	12.7	3,27
Nattmix	0	2	Minista värdet	4415	25
Uppfyllnadsmix	10	2	Maximala värdet	4449	33
Byte till dagsmixen	200 min				
Byte till kväll och natt	130 min				

Det som skiljer konfigurationerna i tabell 14 och tabell 15 är endast att konfigurationen i experiment 2 har något högre kapacitet. Konfigurationen i tabell 15 är betydligt enklare att styra samt att den ger bemanningsvinster. Konfigurationen i tabell 15 har även en lägre standardavvikelse vilket visar på att processen som helhet inte är lika känslig med denna styrning.

7.6. Diskussion

Diskussionen inleds med en generell diskussion om måleriet som process. De områden som behandlas i den generella diskussionen är sådana som vi uppfattat som specifika problemområden eller områden som har en potential till förbättring i framtiden. Den senare delen i diskussionen behandlar resultaten av de experiment som genomförts.

7.6.1. Störningskänslighet

Genom att studera resultaten från de olika experimenten syns det att måleriet är mycket känsligt när det gäller valet av produktionsmix. Anledningen till detta är att det finns en uppdelning av flödet mellan Exportnedtaget och Göteborgnedtaget. Om det skulle komma in en eller två axlar för mycket kan hela måleriet låsas vid uppdelningen av flödet vilket i sin tur bidrar till att antalet färdiga axlar minskar. Exportnedtaget har endast 14 stycken buffertplatser (sju framaxlar och sju bakaxlar) och därför är det viktigt att kontinuerlig hålla uppsikt över denna buffert för att den inte ska blockera hela måleriet när den mixen som körs är en blandad mix.

7.6.2. Exportnedtaget

Försöken visar att den mix som ger det bästa resultatet utifrån vår frågeställning är en mix som endast kör Göteborgsaxlar på dagen, vilket innebär att bemanningen i exportnedtaget inte behövs under dagtid. Därmed minskar antalet behövda operatörer under dagen med fyra stycken.

7.6.3. Trolleybufferten

Efter observationer i modellen kunde vi se att trots att det byggs upp en buffert före hissen vid Göteborgsnedtaget sjunker nivån på bufferten mellan måleriet och monteringen. Detta fenomen uppkommer på grund av att trolleybufferten efter Göteborgshissen är liten, endast tre trolleyplatser, på grund av detta är det intaget som bestämmer takten i uttaget. Problemet med trolleybufferten uppstår oftast under kvällen då mixen som körs är en blandmix mellan exportaxlar och Göteborgsaxlar. De trolleys som lämnat axlar vid export nedtaget fyller ganska snart upp hela trolleybufferten för exportnedtaget. När denna är fylld plockas trolleys från denna buffert och de trolleys som väntar i bufferten efter Göteborgshissen kan inte fortsätta i samma takt. Vi tror även att det är detta fenomen som bidrar till att outputen inte blir bättre med en blandad mix även under dagskiftet. Eftersom det nya intaget kommer att bidra till ett enklare inflöde för truckförarna tror vi att detta är något som kommer att försvinna med det nya intaget. Det skulle även vara möjligt att utföra ytterligare försök med

en större trolleybuffert efter Göteborgshissen. Vi tror att det skulle hjälpa om trolleybufferten utökades med ett antal platser. Även detta skulle kunna testas med hjälp av simulering men vi hade inte möjlighet att genomföra dessa försök på grund av tidspress.

7.6.4. Kapaciteten i måleriet

När det gäller kapaciteten i måleriet ligger vi på samma kapacitet som de har i dagsläget vilket enligt insatt personal innebär att de ligger cirka 200 axlar efter varje vecka. Vår modell visar på samma sak vilket tyder på att modellen verkligen fungerar som den ska. Eftersom huvudsyftet med vår undersökning var att minimera bufferten mellan måleriet och monteringen har vi inte hunnit med att utföra ytterligare försök för att hitta en produktionsmix som ökar måleriets kapacitet.

Vår styrning går ut på att hålla en så liten och jämn buffert som möjligt vilket bidrar i sin tur till att måleriet ibland får stå stilla och invänta monteringen. Detta bidrar till en relativt liten kapacitets förlust. Eftersom detta problem uppstår under dagskiftet, när mixen endast består av Göteborgsaxlar, faller det väl i linje med strategin för Lean Production. De försök som utförts med en blandad mix under dagskiftet visar att trolleybuffertproblemet som beskrivs ovan bidrar till en ökad variation i bufferten. En annan aspekt till försöken är att vi hela tiden ligger på en 104 takt vilket innebär att de dagar som Göteborg inte går på maximal kapacitet kommer vi att gå över till en Belgien mix i ett tidigare skede vilket i sin tur ger ett ökat antal Belgien axlar.

7.6.5. Bufferten

Eftersom uttagen från bufferten sker i chassiform vilket innebär upp till fyra stycken i taget så leder detta till ytterligare svängningar i buffertnivån. I verkligheten tas inte alla axlarna till ett chassi ut samtidigt utan axlarna plockas ut med en cykeltid beroende på hur många truckar som används för att transportera axlarna från bufferten till monteringen. Med den styrning som vi använder i vår modell tar vår buffert även upp svängningarna som i det verkliga systemet kommer att tas upp mellan monteringen och chassilinjén. Svängningarna uppkommer på grund av de olika chassivarianterna, vissa varianter har fyra axlar medan andra har två axlar. Detta bidrar till att bufferten som krävs i vår modell är större än den som kommer att behövas i det verkliga systemet.

7.6.6. De utförda experimenten

Rekommendationen av den specifika produktionssekvensen grundades i framförallt storleken på bufferten och mängden exportaxlar som kunde produceras. Utöver dessa två kriterier lades även vikt till hur stor variationen var i de olika konfigurationer som kördes. En observation som bör påpekas är att desto tidigare mixbytet sker desto mindre blir variationen i bufferten samtidigt som antalet producerade exportaxlar minskar. I experiment 1 syns det tydligt att det finns en korrelation mellan buffertnivån och antalet producerade exportaxlar detta beror på tiden för mixbytet. Om tiden för mixbytet sker tidigt på natten finns det tillräckligt axlar för att hålla bufferten på en jämn nivå men det innebär även att måleriet inte producerar exportaxlar under en så lång tid vilket försämrar kapaciteten. Genom de olika experimenten har vi lokaliserat den konfiguration som på bästa sätt kombinerar de olika faktorerna för att få en optimal output.

8. Slutsatser

I kapitlet presenteras de slutsatser som kan dras från de bägge studierna som genomförts. Först tas de som specifikt kan hänföras till fallstudien upp och därefter de för simuleringsstudien. Kapitlet avslutas genom att de gemensamma slutsatserna presenteras.

8.1. Slutsatser från fallstudien

Den nuvarande axelprocessen har ett mycket komplext flöde, framförallt i axelmonteringen där det parallella flödet ökar komplexiteten. Samtidigt inverkar det utpräglade avdelningstänkandet genom att problem skapas i processen i form av suboptimering som förhindrar ett jämnt flöde av produkter samt ett fullgott informationsflöde mellan delprocesserna.

Förutom dessa generella problem hos den nuvarande axelprocessen har ett antal mer specifika problem upptäckts i fallstudien, nedan presenteras en del av de viktigaste av dessa specifika problem:

- Orderhanteringen av KD-axlarna skapar problem genom att beordringen sker batchvis vilket skapar bullwhip-effekt uppåt i försörjningskedjan
- De racks som används för framaxelhanteringen förhindrar att trailers kan lastas fulla med bibehållen sekvens
- De mail som skickas från leverantörerna med den lastade sekvensen bör lyfta fram avvikelserna från den planerade sekvensen och inte bara rapportera den lastade sekvensen
- Den sekvens som Volvo Powertrain levererar axlar efter stämmer inte överens med måleriets produktionssekvens vilket leder till ett ökat behov av buffert framför intaget

Problemen i den nuvarande axelprocessen inverkar på den kommande axelprocessen på en mängd olika sätt. Exempelvis blir det betydligt viktigare att leveranssekvensen stämmer överens med den planerade produktionssekvensen eftersom den kommande processen är mer sårbar vad det gäller sekvensproblem. Vidare krävs det bättre kommunikation mellan de olika avdelningarna eftersom de lägre buffertnivåerna samt avsaknaden av ”omkörningsmöjligheter” minskar tiden innan ett fel stoppar hela linjen.

Trots dessa problem visar resultaten av värdeflödesanalysen att det nya upplägget av axelprocessen är bättre ur ett Lean Production perspektiv. PIA, ledtiden samt distansen minskar samtidigt som andelen värdeadderande tid ökar.

Tabell 18 Jämförelse mellan de båda uppläggen utan intaget

	PIA	Ledtid	Andel värdeadd. tid	Distans
Förbättring	29 %	58 %	2 %	27 %

För att ytterligare förbättra det kommande upplägget finns det ett antal möjliga åtgärder som framkommit i fallstudien, dessa möjligheter presenteras nedan:

- En minskning i avvikelserna mellan den planerade produktionssekvensen och den levererade sekvensen skulle göra det möjligt att sänka buffertnivån framför intaget avsevärt vilket skulle förbättra det kommande upplägget ur ett Lean Production perspektiv

- Ett införande av RFID-märkning där avvikelser i sekvensen rapporteras bör skapa möjlighet för användande av WOW-lager i form av ett bingesystem som skulle kunna minska buffertnivåer och personalbehovet i intaget
- I framtiden då Belgiens axlar eventuellt inte hanteras i Tuve bör det underlätta att dela upp trailers i tre olika typer. Dels de axlar till de två olika flödena dels KD-axlar. På detta sätt blir det lättare att hålla en intakt sekvens samt även lättare att hantera eventuella problem i produktionen.
- Linje layouten innebär även att det skapas en taktkänsla genom hela fabriken vilket tillsammans med lägre buffertnivåer kommer att lyfta upp problem till ytan på ett tydligare sätt än i dagsläget. Problem kommer att upptäckas tidigare än i dagens upplägg vilket ger möjlighet att lösa roten till problemet och inte som i dagens upplägg lösa symptomen genom att addera bufferts. Genom att lösa problemen successivt allt eftersom de kommer upp till ytan kommer en betydligt friskare process ur ett Lean Production synsätt att skapas.
- Den nya axelmonteringsprocessen ger betydligt större möjlighet att styra takten på arbetet. Detta medför att de ergonomiska problemen bör minska i axelmonteringsprocessen eftersom ergonomiska hjälpmedel bör användas i större utsträckning.

8.2. Slutsatser från simuleringsstudien

Simuleringsstudien har visat att måleriet är en störningskänslig process mycket på grund av att flödet delar upp sig i två flöden sent i måleriprocessen. Bufferten för exportaxlarna är liten och när denna buffert är uppfylld blockeras hela måleriprocessen vilket även inverkar på axlarna som ska till axelprocessen i Tuve. Detta problem blir mer påtagligt i simuleringsmodellen eftersom den saknar den mänskliga faktorn.

Trolleybufferten i måleriet är liten, endast tre trolleys, vilket bidrar till att det är intaget som bestämmer kapaciteten för Göteborgsnedtaget. Därför behöver det läggas fokus på att intaget alltid ska leverera en axel till måleriet var 100:e sekund för att måleriets ska klara att leverera enligt plan.

Efter ett antal olika experiment med olika konfigurationer när det gäller produktionsmixen av axlar och olika tider för bytet av mix rekommenderas följande produktionsmix för måleriprocessen:

Tabell 19 Den rekommenderade mixen för måleriet.

Rekommendation	GBG	Export		Exportaxlar på 4 veckor	Buffertstorlek
Dagmix	2	0	Medelvärde	4431	29,8
Kvällsmix	4	6	Standardavvikelse	12,7	3,27
Nattmix	0	2	Minsta värdet	4415	25
Uppfyllnadsmix	10	2	Maximala värdet	4449	33
Byte till dagmixen	200 min				
Byte till kväll och natt	130 min				

Orsaken till valet av produktionsmix av axlar grundar sig i att konfigurationen presterade likvärdigt, om inte bättre, än alla andra konfigurationer samt att med denna produktionsmix är det möjligt att göra besparingar i form av bemanningsrationaliseringar i måleriet. Denna styrning av mixen är även mycket enkel vilket underlättar vid implementeringen. Enkelheten består i att truckförarna som ska lägga på axlarna inte behöver lägga på axlarna i någon specifik ordning under dag- och nattskiftet vilket kommer att minska de mänskliga misstagen.

Besparingarna i måleriet skulle med denna produktionsmix innebära att det är möjligt att gå ner till två-skift på de olika nedtagen. Exportnedtaget skulle med denna konfiguration endast behöva arbeta på natten samt att Göteborgsnedtaget inte behöver bemannas hela natten utan bara tills dess att bufferten blivit uppfylld. Eftersom kapaciteten är densamma som i dagsläget kommer det att behövas ett extra skift på lördagen för att måleriet ska klara av att upprätthålla den kapacitet som krävs.

9. Förslag till fortsatt arbetet

Har det framkommit en del intressanta frågeställningar som vi anser är viktiga att försätta arbeta med efter vår egen studie är färdig. Den första och förmodligen den viktigaste punkten består i att utreda hur mycket den felaktiga sekvensen på axlar kostar Volvo Lastvagnar. Denna kostnad kan sedan ställas emot vad det skulle kosta att göra förändringar som möjliggör sekvens, några av dessa punkter är de som följer.

- Konstruera racks för axlarna som gör det möjligt att transportera dem en och en samt byta ut de nuvarande racksen
- Undersöka hur mycket transportkostnaden ökar med de nya racksen
- Undersöka om det är möjligt att införa RFID på axlarna vilket i sin tur skulle underlätta sekvenseringen

I och med att Tuve håller på att införa sin nya produktionsstrategi som har sin utgångspunkt i Lean Production anser vi att det är viktigt att de skapar en Future state map över sin tillverkning. Denna karta över ett optimalt tillverkningssystem skapar ett gemensamt mål att arbeta emot för alla inblandade parter på Volvo Lastvagnar i Tuve.

Vi anser även att det bör undersökas vilka möjligheter som finns till att utjämna produktionen av KD- axlarna. I dagsläget beställs KD- axlarna i stora batcher vilket bidrar till att leverantörerna får problem med leveranserna.

När det gäller simuleringsmodellen över måleriet finns det ett antal saker som vi anser är viktiga att arbeta vidare med i fortsättningen. Dessa är följande:

- Utökade experiment med fler konfigurationer
- Utföra fler replikationer
- Undersöka hur ett förbättrat intag förbättrar buffertnivån samt output
- Vad skulle en utökad trolleybuffert ha för inverkan på måleriets kapacitet

10.Källförteckning

10.1. Litteratur

10.1.1. Böcker

- Chung, Christopher A. (2004) *Simulation modelling handbook: a practical approach*. Boca Raton, Fla., London
- Arbnor, I. & Bjerke, B. (1994) *Företagsekonomisk metodlära*. Studentlitteratur. Lund.
- Axsäter, S. (1998/99) *Kompendium i Material- och Produktionsstyrning*. Lunds Tekniska Högskola, avd. för teknisk logistik. Lund.
- Banks, J. (2000) *Getting Started With Automod*. Autosimulations, Inc. Bountiful, Utah.
- Hines, P. et. al. (2000) *Value stream management: strategy and excellence in the supply chain*. Harlow, Financial Times, Prentice Hall
- Keen, Peter G.W. (1997) *The Process Edge: Creating Value Where It Counts*. Harvard Business School Press. Boston, Massachusetts
- Klingstam, P. & Gullander, P. (1998). Chalmers Tekniska Högskola, avd. för produktionsteknik. Göteborg
- Liker, Jeffrey K. (1998) *Becoming Lean: inside stories of U.S. manufactures*. Productivity Press. Portland, Oregon.
- Ljungberg, A. & Larsson, E. (2001) *Processbaserad verksamhetsutveckling*. Studentlitteratur. Lund.
- Ljungberg, A. (1998) *Measurement Systems and Process Orientation – with Focus on the Order Process*. Lunds Tekniska Högskola, avd. för teknisk logistik. Lund
- Meier D. (2001) *Learning to think lean: The reality of lean manufacturing*. Automotive Design & Production, ABI/INFORM Global
- Merriam, Sharan B. (1994) *Fallstudien som forskningsmetod*. Studentlitteratur. Lund
- Moberg, H. & Olsson, C. (1995) *Volvo Gothenburg Sweden*. Norden Publishing House Ltd. St Gallen Schweiz. Skara.
- Persson F, (2003) *Discrete event simulation of supply chains : modelling, validation, and analysis*. Linköping
- Persson, G. & Virum, H. (1998) *Logistik för konkurrenskraft*. Liber Ekonomi. (Upplaga 2:3). Malmö
- Rundqvist, T. et. al. (2000) *Kompendium Tillverkningsystem*. Lunds Tekniska Högskola, avd för mekanisk teknologi och verktygsmaskiner. Lund.

Sandkull, B. & Johansson, J. (2000) *Från Taylor till Toyota*. Studentlitteratur. 2 uppl. Lund.

Shook, J. & Rother, M., *Lära sig se : att kartlägga och förbättra värdeflöden för att skapa mervärden och eliminera slöseri*. Lean Enterprise Institute Sweden, Göteborg, 2001

Womack, James. P. Jones, Daniel. T. (2003) *Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Free Press. New York

10.1.2. Artiklar

Arne B, Nilsson M, (2000) ”Flödessimulering av ny layout för chassi- och axelmonteringen vid Volvo lastvagnar”. Chalmers tekniska högskola, Institutionen för produktionsteknik.

Andersson, J. & Lindroth, R. ”Process mapping in supply chains”. Avdelningen för teknisk logistik, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet

Barnekob, C. Kammen, P. (1997) ”Simulering och 3D-visualisering av ett tillverkningsystem”. Institutionen för produktionsteknik, Chalmers Tekniska Högskola

Becker, Ronald M. (2001) “Lean manufacturing and the Toyota production system”. *Automotive Manufacturing & Production*. Juni. 2001.

Christopher, Martin. & Towill, Dennis. R. (2000) “Supply chain migration from lean and functional to agile and customised”. *Supply Chain Management: An International Journal*. nr 4. vol. 5. 2000. sid 206-213.

Hellström, D. & Nilsson, F. (2004) “Combining Case Study And Simulation Methods In Logistics Research”. Lunds Tekniska Högskola, avd. för förpackningslogistik

Hines, P. & Rich N. (1997) “The seven value stream mapping tools”. *International Journal of Operations & Production Management*. nr 1. 1997. sid. 46-64

Hines, P., Rich, N., Bicheno, J., Brunt, D. & Taylor, D. (1998) “Value Stream Management”. *International Journal of Logistics Management*. nr 1. 1998. sid 7.

Meier, D. (2001) “Learning to think lean: The reality of lean manufacturing”. *Automotive Design & Production*. nr 3. 2001. sid 74.

Nilsson, C-H. & Dernroth, J. (1995) “The strategic grounding of competitive advantage - The case of Scania”. *International Journal of Production Economics*. nr 41. 1995. sid 281-296.

Sullivan, W. G., McDonald, T. N., Van Aken E.M. (2002) “Equipment replacement decisions and lean manufacturing”. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*. nr 18. 2002. sid 255-265

Weserlind, Sven (1983) ”Fredrick W. Taylor och Scientific Management”. Göteborg: Inst. för vetenskapsteori (diss.)

10.2. Muntliga källor

Björkman, Anders. Transportansvarig Volvo Lastvagnar Tuve. 2004-02-11

Eriksson, Bert. Axelkoordinator Volvo Lastvagnar Tuve. 2004-02-26.

Gustafsson, Hanna. Produktionstekniker. Volvo Lastvagnar Tuve. löpande kontakt.

Jacobsson, Curt, befattning, ArvinMeritor. 2004-03-11.

Laursen, Lars Ove. Truckförare. Volvo Lastvagnar Tuve. 2004-02-11.

Lindén, Peter. Underhållstekniker Volvo Lastvagnar Tuve. löpande kontakt

Nygren, Andreas. Produktionstekniker. Volvo Lastvagnar Tuve. löpande kontakt.

Paavo, Terveisin. Avdelningschef logistik. Volvo Powertrain Köping. 2004-03-12.

Pedersen, Anna. Materialstyrare. Volvo Lastvagnar Tuve. 2004-06-10.

Ringius, Yngve. Volvo IT. Volvo Lastvagnar Tuve. 2004-03-09.

Vrbanc, Sebastian. Produktionstekniker. Volvo Lastvagnar Tuve. löpande kontakt.

Wandel., Sten. Professor Teknisk Logistik. 2004-01-20.

Zalik, Katarina. Volvo Lastvagnar Tuve. 2004-04-21.

Åhman, Leif. Produktionsplanerare Volvo Powertrain Köping. 2004-03-12.

10.3. Elektroniska källor

Volvos interna hemsida har använts löpande under arbete

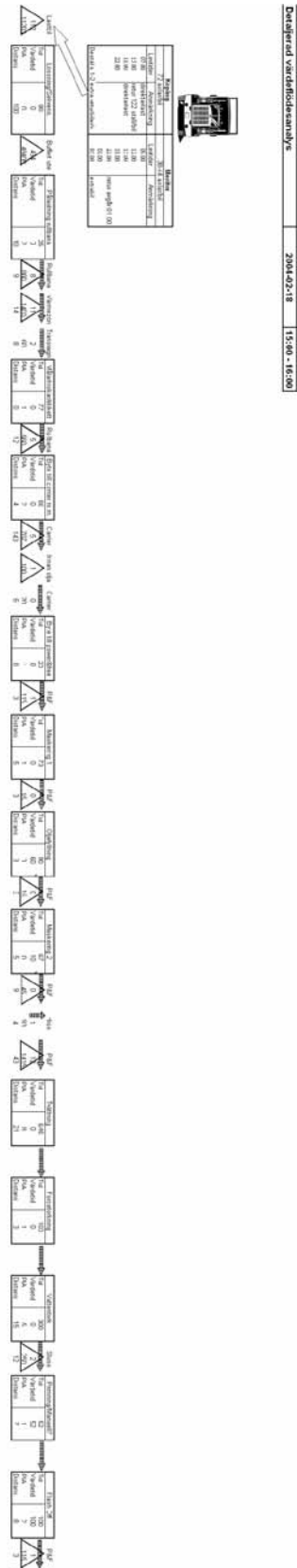
<http://www3.volvo.com/investors/finrep/ar02/sv/volvokoncernen/index.html>. Volvo AB hemsida. 2004-02-06

<http://www.volvo.com/group/global/en-gb/Volvo+Group/history/>. Volvo AB hemsida. 2004-02-06

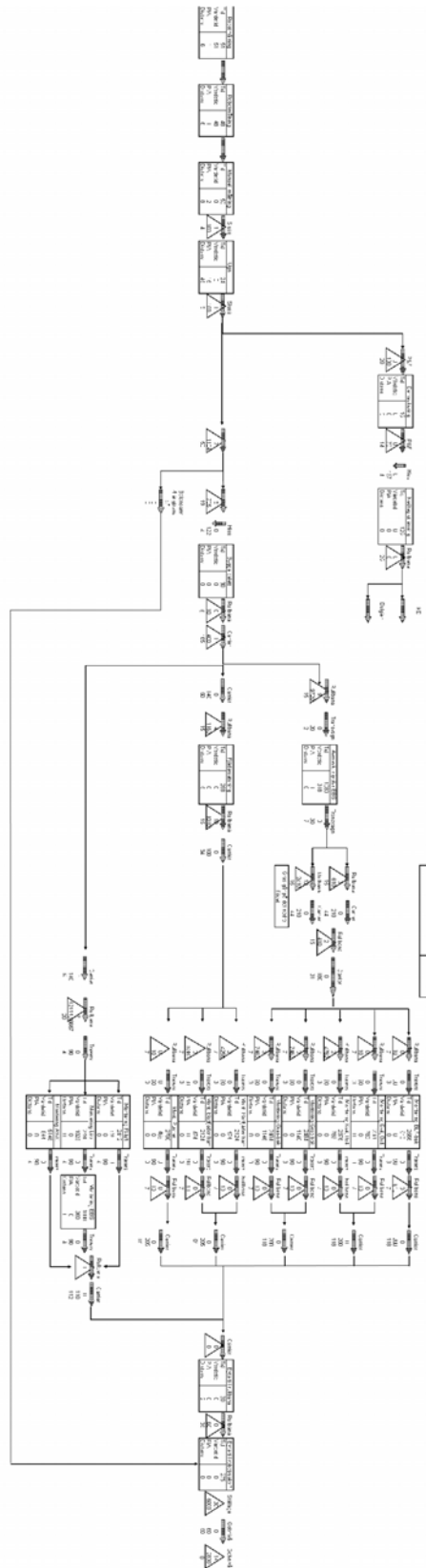
http://www.volvo.com/trucks/global/en-gb/aboutus/Volvo_Trucks_The_Company/. Volvo Lastvagnars hemsida. (2004-02-09)

<http://www.arvinmeritor.com/about/history.asp>. ArvinMeritors hemsida. (2004-03-18)

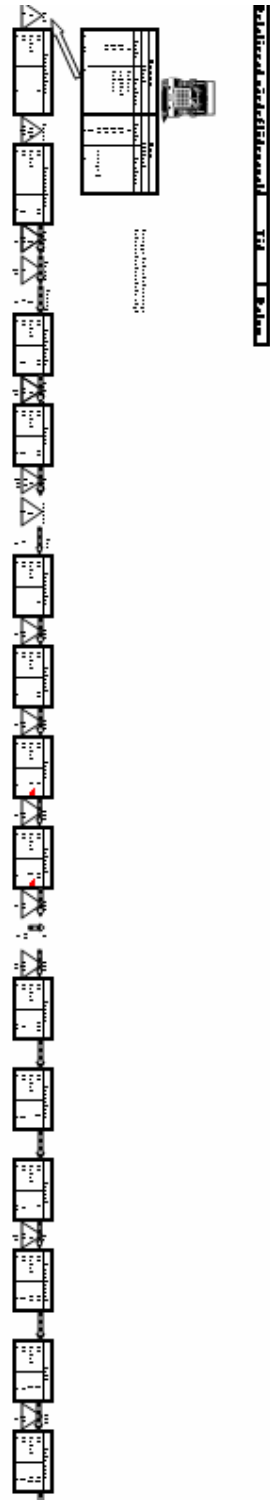
Bilaga 2 - Detaljerad värdeflödeskarta av det nuvarande upplägget



Fortsättning detaljerad värdeflödeskartläggning nya upplägget



Bilaga 4 - Detaljerad värdeflödeskarta av det nya upplägget



Fortsättning detaljerad värdeflödeskarta nya upplägget

