CHALMERS

En materialflödesanalys med fokus på reducering av genomloppstid och transportsträcka

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och produktionsteknik

Johanna Skoglund
Valdemar Carlgren

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
Supply and Operations Management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige
Rapport nummer E2018:015

Rapport nr. E2018:015

En materialflödesanalys med fokus på reducering av genomloppstid och transportsträcka

Johanna Skoglund
Valdemar Carlgren

Handledare: Peter Olsson

Examinator: Peter Olsson

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
Supply and Operations Management
Chalmers tekniska högskola
Göteborg, Sverige 2018

En materialflödesanalys med fokus på reducering av genomloppstid och transportsträcka
Johanna Skoglund
Valdemar Carlgren

© Johanna Skoglund & Valdemar Carlgren, Sverige, 2018

Examensarbete E2018:015

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
Supply and Operations Management

Chalmers Tekniska Högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Chalmers Reproservice
Göteborg, Sverige 2018

Förord

Examensarbetet är utfört inom programmet Ekonomi och produktionsteknik vid Chalmers Tekniska Högskolan på avdelningen Supply and Operations Management. Examensarbetet omfattar 15 hp och har utförts på ett tillverkande företag i västra Sverige. Handledning har skett genom Peter Olsson, tekniklektor vid avdelningen Supply and Operations Management.

Vi vill rikta ett stort tack till all personal på företaget som med glädje alltid har ställt upp på intervjuer, diskuterat med oss och inkluderas oss i deras arbete. Ett särskilt tack till Roger Skog, Peter Albertsson och Jonas Jonemark, utan vilka studien inte hade varit genomförbar.

Dessutom vill vi tacka Peter Olsson, som med tålamod, förståelse och humor har bidragit med hjälp och vägledning under studiens gång. Peter har varit engagerad och delaktig under hela studien och har starkt bidragit med sin kunskap och erfarenhet.

Johanna Skoglund & Valdemar Carlgren
Göteborg, juni 2018

A material flow analysis focusing on reducing throughput time and transport distance

Johanna Skoglund & Valdemar Carlgren
Department of Technology Management and Economics
Division of Supply and Operations Management
Chalmers University of Technology

Abstract

This study has been conducted at a manufacturing company in western Sweden. The company employs approximately 100 people and has an annual revenue of 165 million SEK. They produce products to customers within three different segments, Alfa, Beta and Gamma where Alfa accounts for 77 percent of the annual revenue. The company have for a period of time experienced problems with a long throughput time in the factory the Alfa segment. The purpose of this study is therefore to examine how the company can make its flow of material in the Alfa segment more efficient regarding throughput time and transport distance. To support the purpose of the study, three questions have been formulated: how does the material flow today, which factors affect the throughput time and how can these factors be reduced.

A literature study has been conducted to obtain a theoretical background to the field. Furthermore a current state has been developed by using value-stream mapping, interviews, data collection and observations. Based on the current state and the theory an analysis model has been designed in which the factors affecting the throughput time are presented.
The analysis model have then been used to describe a number of deficiencies, where the main points are material control, batch size, inventory and transport.

The suggestions for improvements as presented in the study to address the problems in the company's material flow are as follow. Introduce a pull based system with only one planning point and use a queue system for initiating production. Reduce the company's inventories to shorten the throughput time. Also reduce the transport distance by for example relocating the painting area to the Alfa segment. Reduce the setup time so that the batch sizes can be reduced.

Keywords: *Throughput time, material control, inventory, batch size, transport distance, layout*.

Sammanfattning

Denna studie har genomförts på ett tillverkande företag i västra Sverige med cirka 100 anställda och en årlig omsättning på 165 miljoner. Företaget tillverkar produkter till kunder inom tre olika produktionsavsnitt, Alfa, Beta och Gamma där Alfa står för 77 procent av omsättningen. Företaget har under en längre tid upplevt problem med en lång genomloppstid i fabriken inom produktionsavsnitt Alfa. Syftet med studien är således att undersöka hur företaget kan effektivisera sitt materialflöde i produktionsavsnittet med avseende på genomloppstid och transportsträcka. Som stöd för att uppnå syftet har tre frågeställningar formulerats: hur ser materialflödet ut idag, vilka beståndsdelar består genomloppstiden av och hur kan dessa reduceras.

En litteraturstudie har genomförts för att ge en teoretisk bakgrund till ämnesområdet. Vidare har med hjälp av värdeflödesanalys, intervjuer, datainsamling och observationer ett nuvarande tillstånd arbetats fram. Utifrån det nuvarande tillståndet och teori har en analysmodell utformats där de faktorer som påverkar genomloppstiden redovisas. I analysmodellen har därefter problemområden beskrivits där de huvudsakliga punkterna är materialstyrning, batchstorlek, lager och transporter.

De förbättringsförslag som presenteras i studien för att lösa problemen i företagets materialflöde är följande: Inför ett dragande system med endast en planeringspunkt och som bygger på användningen av ett kösystem för initiering av tillverkning. Reducera företagets lagernivåer för att korta ned genomloppstiden. Korta ned transportsträckan genom att exempelvis flytta måleriet till produktionsavsnittet. Reducera ställtiderna så att batchstorlekarna kan minskas.

Nyckelord: *Genomloppstid, materialstyrning, lager, batchstorlek, transportsträcka, layout*.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING **1**
1.1 Bakgrund 1
1.2 Problematisering 2
1.3 Syfte 2
1.4 Avgränsning 2
1.5 Precisering av frågeställning 3
2. METOD **5**
2.1 Problemidentifiering 5
2.2 Litteraturstudier 5
2.3 Datainsamling 6
2.3.1 Observationer 6
2.3.2 Intervjuer 6
2.3.3 Värdeflödesanalys 7
2.3.4 Validitet och reliabilitet 7
2.4 Metodreflektion 8
2.5 Analys och förbättringsförslag 8
3. TEORETISK REFERENSRAM **9**
3.1 Ledtid 9
3.2 LEAN 11
3.2.1 Eliminering av slöseri 11
3.2.2 Resurseffektivitet respektive flödeseffektivitet 12
3.2.3 Värdeflödesanalys 13
3.2.4 Spagettidiagram 15
3.2.5 5S 15
3.2.6 SMED 16
3.3 Material- och produktionsstyrning 17
3.3.1 Sälj- och verksamhetsplanering 17
3.3.2 Huvudplanering 17
3.3.3 Orderplanering 17
3.3.4 Detaljplanering 21
3.4 Kapacitetsplanering 21
3.5 Layout 23
3.5.1 Processorienterad layout 23
3.5.2 Produktorienterad layout (flödescell) 23

3.6 Teoretisk analysmodell 24
4. NULÄGESBESKRIVNING 25
4.1 Företaget 25
4.2 Studerade komponenter 25
4.3 Fabriken 26
4.3.1 Produktionsavsnittets layout 26
4.4 Komponenternas förflyttning genom flödet 29
4.5 Värdeflödesanalys - Nuvarande tillstånd 33
4.5.1 Genomloppstid och värdeskapande tid 33
4.5.3 Informationsflödet 34
4.5.4 Processdata 35
4.6 Takt och beläggning 36
4.6.1 Tillgänglig tid 36
4.6.2 Efterfrågan & takttid 37
4.6.3 Beläggning 37
4.7 Spårbarhet 39
5. ANALYS 41
5.1 Genomloppstid 41
5.1.1 Materialstyrning 42
5.1.2 Lager 43
5.1.3 Batchstorlek 44
5.2 Transportsträcka 45
5.2.1 Layout 46
6. SLUTSATS OCH DISKUSSION 49
6.1 Slutsatser 49
6.2 Diskussion 50
6.3 Rekommendationer till fortsatt arbete 51
REFERENSER 52

Bilaga 1 – Intervjufrågor inköpsavdelningen i
Bilaga 2 – Intervjufrågor marknadsavdelningen iii
Bilaga 3 – Intervjufrågor produktion v
Bilaga 4 – Intervjufrågor spårbarhet vii
Bilaga 5 – Värdeflödesanalys, symboler ix
Bilaga 6 – Värdeflödesanalys, åtta frågor xi
Bilaga 7 – Spagettidiagram komponent 1 xiii
Bilaga 8 – Spagettidiagram komponent 3 xv
Bilaga 9 – Komplett värdeflödesanalys, komponent 1 xvii
Bilaga 10 – Komplett värdeflödesanalys, komponent 2 xix
Bilaga 11 – Komplett värdeflödesanalys, komponent 3 xxi
Bilaga 12 – Fullständig komponentdata xxiii

1. INLEDNING

I detta kapitel presenteras bakgrunden till studien samt en problembeskrivning. Utifrån detta så presenteras studiens syfte och avgränsningar men även vilka frågeställningar som ska besvaras.

1.1 Bakgrund

Företaget är ett familjeägt bolag i västra Sverige med cirka 100 anställda som tillverkar produkter inom tre olika produktionsavsnitt: Alfa, Beta och Gamma. Alfa är företagets största produktionsavsnitt och står för omkring 77 procent av den totala omsättningen, medan Beta står för 17 procent och Gamma för sex procent. I denna studie kommer endast materialflödet för affärsområde Alfa att behandlas.

I produktionsavsnitt Alfa tillverkas endast en produkttyp i tre olika varianter. Denna produkt består av flera halvfabrikat som i sin tur består av flera ingående komponenter. Viss tillverkning av komponenter till slutprodukten sker hos företaget övriga köps in från underleverantörer. Fokus i denna studie kommer ligga på tre komponenter från olika delar under tillverkningen. Komponent 1 köps in och går direkt in i slutskedet av tillverkningen. Komponent 2 tillhör den bakre delen av produkten och komponent 3 tillhör den främre delen.

Alfa-produkterna och dess komponenter tillverkas i ett produktionsavsnitt som är skilt från resterande affärsområden i företaget. Huvudprocesserna för Alfa-området är svarvning, fräsning och svetsning. I produktionsavsnittet sker även gradning, kvalitetskontroll samt montering. Viss behandling av komponenterna sker även hos en extern part. Råmaterial samt de köpta komponenterna lagerhålls vid inleverans. Efter förädling återgår de egentillverkade komponenterna för lagerhållning. I slutskedet sker montering samt slutkontroll innan produkterna levereras till kund.

I dagsläget tillverkas produkten mot kundorder och takten är 60 stycken per vecka, dessa 60 delas in i tillverkningsorder om 30 stycken vilket motsvarar antalet per kundorder. Den genomsnittliga genomloppstiden är i dagsläget åtta veckor vilket beräknas från det att första operationen startar tills att produkten är färdig att levereras till kund.

Vid tillverkning av de komponenter som ingår i produkten finns det krav på spårbarhet av det material som ingår. Varje tillverkningsbatch om 30 stycken produkter tilldelas ett ordernummer som spårbarheten kopplas till.

1.2 Problematisering

Alfa är ett fristående produktionsavsnitt som är skilt från företagets övriga tillverkning. Från företagets logistikavdelning sker all materialhantering gemensamt för de tre olika produktionsavsnitten. Problem uppstår då material från logistikavdelningen anropas tidigare än att det direkt kan gå in i någon process, vilket medför att det placeras någonstans i verkstaden. En följd av detta blir att operatörerna lägger mycket tid på att leta efter material.

Ett ytterligare problem i tillverkningen är spårbarhet av materialet i produkterna till kund. Då kundens efterfrågan är 30 stycken produkter ges ett specifikt ordernummer för varje sådan kundorder. Vid leverans av dessa ska dokument från ingående komponenter och det material de är tillverkade av följa med. Då den genomsnittliga genomloppstiden är åtta veckor finns det material och komponenter till flera olika kundorder ute i produktionsavsnittet samtidigt. Detta försvårar hanteringen då krav finns på spårbarhet.

På grund av de ingående komponenternas varierande antal operationer finns i nuläget inget jämt flöde att följa fram till monteringen. Detta medför problem med materialhanteringen då material och komponenter körs fram och tillbaka mellan processerna. Hanteringen är mycket tidskrävande samt fordrar förvaringsplatser i väntan på nästkommande produktionssteg. En följd av detta blir även att komponenterna kommer i otakt till slutmonteringen.

1.3 Syfte

Studien syftar till att ta fram ett förslag till hur företaget kan effektivisera sitt flöde av material och komponenter genom fabriken med avseende på transportsträcka och genomloppstid.

1.4 Avgränsning

Studien behandlar inte materialflödet av företagets hela produktflora då detta blir för komplext i förhållande till den tid som finns tillgänglig. Studien kommer att fokusera på tre stycken olika komponenter i ett av de tre produktionsavsnitten. Ytterligare begränsning kommer ligga i att materialets flöde endast kommer att undersökas inom företagets väggar. Detta medför att leverans från leverantör till företag samt från företag till kund inte kommer att beaktas. Vidare kommer inga layoutförändringar att behandlas.

Det förslag som presenteras i studien kommer inte att innefatta tidsåtgång eller plan för hur och när eventuell implementering kan ske.

1.5 Precisering av frågeställning

För att kunna utreda syftet behöver följande frågeställningar besvaras:

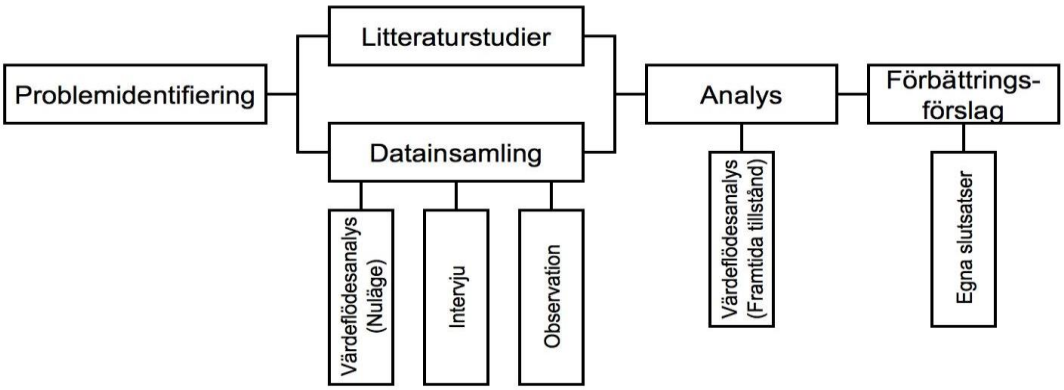
1. *Hur ser materialflödet ut idag?*
   En nulägesanalys har genomförts för att kartlägga hur material och komponenter förflyttar sig genom fabriken i dagsläget. Kartläggningen har genomförts genom datainsamling, intervjuer och samtal med anställda inom företagets olika funktioner.

2. *Vilka beståndsdelar består genomloppstiden av för de studerade komponenterna?*
   För att kunna reducera genomloppstiden är det viktigt att förstå vilka beståndsdelar den är uppbyggd av. Genom att bryta ned genomloppstiden utifrån observationer och teori har dessa beståndsdelar identifierats.

3. *Hur kan de olika beståndsdelarna i genomloppstiden reduceras?*
   För att kunna reducera beståndsdelarna i genomloppstiden och därmed genomloppstiden har de faktorer som påverkar dessa identifierats med hjälp av en analys av tidigare insamlade data. Denna analys har sedan med stöd av teorin legat till grund för de rekommendationer som tagits fram.

2. METOD

Detta kapitel redogör för de metoder som använts för att nå studiens syfte. Studiens struktur illustreras i figur 2.1 där även de metoder som har använts illustreras. Stegen är problemidentifiering, litteraturstudier och datainsamling. Den genomförda litteraturstudien kombinerat med den insamlade datan ligger till grund för analysen som sedan resulterar i ett förbättringsförslag. Metoder som har använts är värdeflödesanalys, intervjuer och observationer.



Figur 2.1. Modell över studiens struktur samt vilka metoder som använts.

2.1 Problemidentifiering

För att skapa en tydlig bild över nuläget och förstå problemet har inledningsvis en värdeflödesanalys genomförts där nödvändiga data samlats in. Vidare har intervjuer och observationer genomförts för att införskaffa kompletterande data om nuläget.

2.2 Litteraturstudier

En litteraturstudie innebär att den individ som utför en studie inhämtar relevant litteratur för det område hen studerar. För att finna lämplig litteratur kan sökningar bland bibliotekets tryckta material, i biblioteks databaser och på internet genomföras (Befring, 1994). Den litteratur som används i forskningssammanhang menar Ejvegård (2009) ofta kommer från böcker, artiklar, rapporter.

För att införskaffa ytterligare kunskap inom det område som denna studie behandlar har en litteraturstudie genomförts.

Information har till stor del hämtats från olika kurslitteratur samt annat material som exempelvis vetenskapliga artiklar. För att finna relevant litteratur användes främst sökningar på Chalmers biblioteks hemsida. Vanliga sökord som används är “värdeflödesanalys”, “value stream mapping”, “kanban”, “materialstyrning”, “ledtid” och “genomloppstid”.

2.3 Datainsamling

Detta avsnitt behandlar de metoder som används för att samla in data.

2.3.1 Observationer

Att använda observation som metod för att inhämta data innebär att den person som utför observationen använder sig själv som instrument genom att nyttja sina sinnen (Befring, 1994). Enligt både Befring (1994) samt Bell & Waters (2015) kan en observation genomföras både systematiskt och osystematiskt.

Med systematisk observation menas enligt Befring (1994) att på förhand bestämma vad som ska undersökas, var det ska undersökas och hur det ska genomföras. Samt hur uppgifter som inhämtas ska registreras. En fördel med systematiska observationer är att det eliminerar variationer som uppstår på grund av observatörens egna uppfattningar av händelser och situationer, vilket medför att den observerade data överensstämmer bättre med verkligheten (Denscombe, 2016).

Osystematiska observationer innebär att ett ostrukturerat angreppssätt tillämpas då det kan saknas detaljer om skälet för observationerna även om det generella syftet är klart. Metoden kan även vara användbar då det finns ett behov av att observationen ska vara mer naturlig och öppen, inte kategoriseras direkt. Fördelen med detta är exempelvis att data inte tvingas på någon som i sin tur kan störa observationerna (Bell och Waters, 2015). Ett exempel på en osystematisk observation är att observatören går runt och tittar i organisationen (Befring, 1994).

För att skapa en allmän bild av problematiken av företagets materialflöde har osystematiska observationer genomförts. För att gå ner mer på djupet har även strukturerade observationen använts i studien.

2.3.2 Intervjuer

Intervju är en metod för datainsamling genom att använda människors svar på frågor som datakälla. I kontrast till observationsmetoder som tittar på vad människor gör, så bygger intervjuernas data på vad människor säger att de gör, vad de tror att de gör samt deras personliga åsikter (Denscombe, 2016). Beroende på upplägg kan en intervju delas in i olika typer så som ostrukturerad och strukturerad (Befring, 1994).

Vid en strukturerad intervju har frågor och svarsalternativ bestämts på förhand (Befring, 1994), vilka bör vara så pass kontrollerade och enkla att intervjun mer liknar en ifyllning av en enkät ansikte mot ansikte med respondenten (Denscombe, 2016). Denna intervjuform har en väldigt låg nivå av flexibilitet men är väldigt enkel att sammanställa samt analysera efteråt (Bell och Waters, 2015).

En ostrukturerad intervju sker mer öppet i form av en diskussion som formas kring ett tema eller en frågeställning (Befring, 1994). Tanken med denna typ av intervju är enligt Bell och

Waters (2015) att mer överskådligt se vad som är av intresse samt kunna utesluta ämnen som inte finns behov av för själva arbete. Fokuserad intervju är en typ av ostrukturerad intervju där en viss ordning finns att följa genom till exempel i förväg ordnade teman, men där det även finns utrymme för diskussion kring frågorna. Denna typ av intervju är enklare att sammanställa samt analysera än vad en helt ostrukturerad intervju är (Bell och Waters, 2015).

I denna studie har främst den fokuserade typen av ostrukturerade intervjuform använts. Intervjuer har genomförts med personal från olika avdelningar inom företaget, såsom produktion, marknad, inköp och kvalitet. En viss del av studien har även genomförts med strukturerade intervjuer för att samla in data. De intervjufrågor som använts återfinns i bilaga 1, 2, 3 och 4.

2.3.3 Värdeflödesanalys

Värdeflödesanalys har sitt ursprung i det japanska bilföretaget Toyotas produktionssystem, där den kallas kartläggning av material- och informationsflöden (Rother & Shook, 2004). Syftet med metoden är att möjliggöra förbättring av material-, produkt- och informationsflödet genom att skapa fokus på flödeseffektivitet och se till helheten istället för enbart till enskilda processer (Petersson et al., 2015). Ett värdeflöde innefattar enligt Rother & Shook (2004) samtliga aktiviteter som krävs för att kunna leverera en färdig produkt till kunden, oberoende av om aktiviteten i sig är värdeskapande eller inte. Petersson et al (2015) menar att vanligast är att metoden appliceras på flödesnivå i en verksamhet, vilket innebär från dörr till dörr i det interna flödet.

Värdeflödesanalys har i denna studie tillämpats på flödesnivå i företaget för att på ett strukturerat sätt kartlägga och visualisera det nuvarande tillståndet gällande komponenternas genomloppstid. Metodiken bakom metoden utvecklas vidare i rapportens teorikapitel.

2.3.4 Validitet och reliabilitet

För att säkerställa kvaliteten i studien diskuteras de två begreppen: validitet och reliabilitet (Lindstedt, 2017). Validitet behandlar studiens genomförande och om det som ska ha undersökts har gjort det eller inte. Exempelvis om det finns systematiska fel i en mätning på grund av val av fel metod, som i sin tur påverkar resultatet av studien. Reliabilitet handlar däremot om ifall det finns slumpmässiga fel i en undersökning eller mätning. Detta är något som man i studien inte kan påverka. Det är väldigt viktigt att vara medveten om det finns problem i studien samt att nämna dessa, då trovärdigheten blir mycket lägre om de försöker döljas (Lindstedt, 2017)

2.4 Metodreflektion

Då metoderna för att verkställa studiens syfte och dess frågeställningar har använts på plats på företaget av författarna ökar tillförlitligheten hos metoderna. En av svagheterna med metoden har varit användandet av sekundärdata från företagets affärssystem. Då data har varit dåligt uppdaterat i systemet och brist på tid för att utföra egna mätningar kan resultatet har påverkats av detta. Resultatet kan ytterligare ha påverkats av de intervjuer som har genomförts då dessa kan ha besvarats med personliga aspekter från respondenterna.

2.5 Analys och förbättringsförslag

Efter framtagning av nuläget samt insamling av data gällande nuläget har detta analyserats med utgångspunkt i teorin. Förbättringsförslaget bygger på teorierna i rapporten samt utvecklas med stöd av det andra steget i metoden värdeflödesanalys men även egna slutsatser utifrån observationer.

3. TEORETISK REFERENSRAM

I detta kapitel redogörs för den teori som ligger till grund för studien samt ger en introduktion till ämnesområdet.

3.1 Ledtid

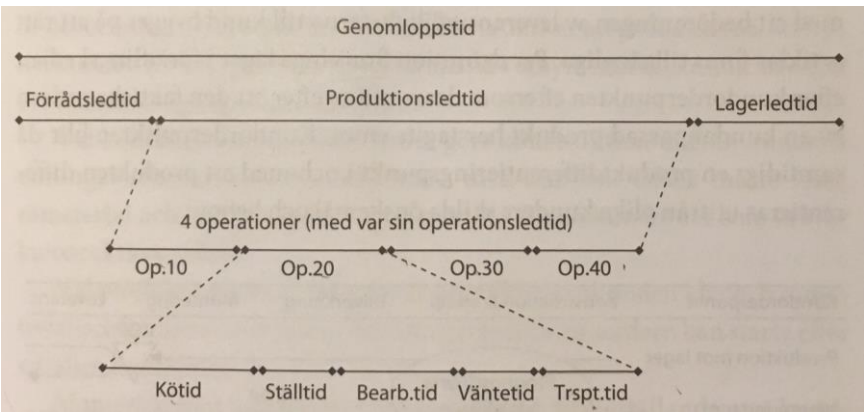
Begreppet ledtid kan i olika sammanhang ha skilda betydelser. En generell definition av ledtid är den tid som fortskrider från att ett behov av en aktivitet eller flera aktiviteter uppkommer tills dess att aktiviteten eller aktiviteterna har slutförts. Skillnader i hur definieringen sker beror på aktiviteten och perspektivet (Olhager, 2013).

Ledtiden kan delas in i flera mindre ledtider, vanligt är att de delas upp i produktutvecklingsledtid, leveransledtid och genomloppstid. Denna studie kommer endast att beröra genomloppstiden. Genomloppstiden är den tid som det tar för en produkt att gå igenom ett specifikt produktionsavsnitt, till exempel från att råmaterial tas ut från lager tills att produkten är färdig för leverans till kund (Oskarsson et al., 2003). Även genomloppstiden kan delas upp i mindre ledtider, se figur 3.1. Dessa mindre ledtider benämns enligt Olhager (2013) på följande sätt:

- *Förrådsledtid.*
  Avser den tid som råmaterialet och komponenter för produkten ligger i förrådet.

- *Produktionsledtid.*
  Består av den tid från att material eller komponenter tas ut ur förrådet tills dess att de efter förädling går in i ett färdigvarulager eller direkt levereras till kund. Tiden inkluderar alla typer av produktionsaktiviteter och den tid som materialet eller komponenterna ligger i mellanlager. Ett vanligt namn för komponenter och material i mellanlager är Produkter I Arbete, PIA.

- *Lagerledtid.*
  Den tid produkten befinner sig i färdigvarulagret. Vid direktleverans till kund är lagerledtiden noll.



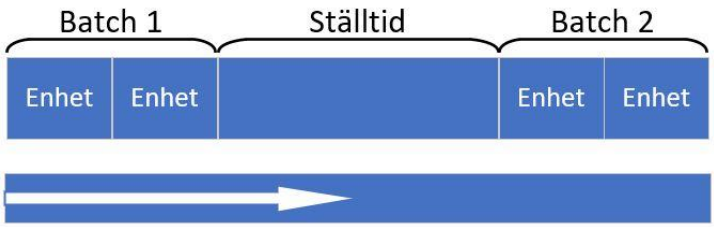
Figur 3.1. Ledtid och genomloppstid (Olhager, 2013).

Produktionsledtiden kan därefter ytterligare delas in i flera delar vilka benämns som operationer. Varje operation i produktionsledtiden har sin egen ledtid. Produktionsledtiden måste inte vara summan av de olika operationernas ledtider då operationerna till exempel kan utföras parallellt (Olhager 2013).

Varje operations ledtid kan vidare delas upp i fem grundläggande delar, vilka är: kötid, ställtid, cykeltid, väntetid och transporttid (Olhager, 2013).

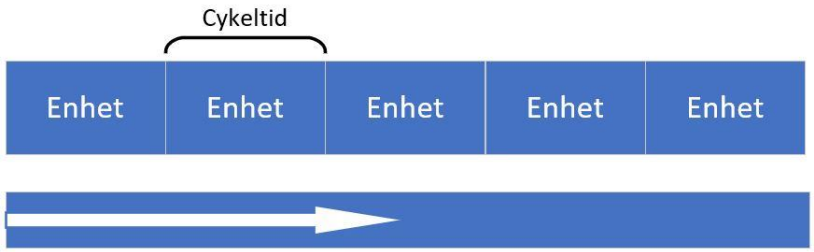
- *Kötid.*
  Ledtid som uppstår på grund av att material eller komponenter inte direkt kan gå in i en process.

- *Ställtid.*
  Är enligt Henry (2013) den totala tid som åtgår från det att den sista godkända enheten i en batch färdigställs vid normal hastighet och effektivitet, tills dess att den första enheten i efterkommande batch är färdigställd och godkänd vid normal hastighet och effektivitet, se figur 3.2.



Figur 3.2. Ställtid.

- *Cykeltid.*
  Den faktiska tid det tar att genomföra alla de moment som krävs för att färdigställa en detalj i en tillverknings- eller monteringsprocess innan nästa påbörjas (Rother & Shook, 2004), se figur 3.3.



Figur 3.3. Cykeltid fritt efter Rother & Shook (2004).

- *Väntetid.*
  Efter slutförd operation uppstår en väntetid då komponenterna väntar på transport för att gå vidare till nästa process eller för att lagerhållas på lagret.

- *Transporttid.*
  Den tid det tar att transportera material eller komponenter mellan olika processer, exempelvis från lager till en maskin.

3.2 LEAN

Lean har sitt ursprung i det japanska bilföretaget Toyotas produktionssystem (Liker, 2015). Lean handlar om att ständigt sträva efter att reducera slöserier i verksamheten. Genom att sätta kunden och dennes behov i centrum kan de värdeskapande delarna av verksamheten maximeras medan de icke värdeskapande minimeras. Vid arbetet med lean finns ett antal principer, metoder och verktyg till stöd för en utveckling mot en mer effektiv verksamhet (Sörqvist, 2013).

Ett sätt att illustrera principerna inom lean är att använda sig av leanhuset, se figur 3.4. Husets grund innefattar utjämning av produktion och standardisering av arbetssätt. Dessa två principer är förutsättningar för att lean-arbetet ska få en stabilitet att utvecklas från. De två pelarna representerar de två huvudprinciperna inom lean, Jidoka och Just-In-Time (JIT). Den första huvudprincipen Jidokas funktion är att uppnå hög och jämn kvalitet utan kontroller, som stöd finns två underprinciper: inbyggd kvalitet och stoppa vid fel. Den andra huvudprincipen är JIT och innebär att uppnå korta ledtider med stöd av tre underprinciper: takt, kontinuerligt flöde och dragande system. Taket på huset är en representation av en framtida vision som uppnås genom ett kontinuerligt arbete med husets övriga delar. (Petersson et al., 2015)

Figur 3.4. Leanhuset fritt efter Petersson et al. (2015).

3.2.1 Eliminering av slöseri

Samtliga aktiviteter som krävs för att framställa en produkt eller tjänst till en kund kan delas in i tre olika kategorier, värdeskapande, nödvändiga men icke värdeskapande och icke värdeskapande. De värdeskapande aktiviteterna är sådana som kunden är beredd att betala för, medan de nödvändiga men icke värdeskapande är sådan som inte ger något mervärde för kunden men är nödvändiga för att kunna genomföra de värdeskapande (Sörqvist, 2013).

Icke värdeskapande aktiviteter benämns även slöseri eller muda vilket är japanska för slöseri och är enligt Pascal (2007) de aktiviteter som kunden inte är villig att betala för.

De icke värdeskapande aktiviteterna kan enligt Liker & Meier (2015) delas in i sju plus en form av slöseri:

- *Överproduktion.*
  Att producera större volymer än nödvändigt eller att producera tidigare än vad ett behov finns kan klassificeras som det värsta slöseriet då det möjliggör de övriga slöserierna såsom exempelvis lager.

- *Väntan.*
  Genom att personal eller maskiner står och väntar på något att göra på grund av exempelvis flaskhalsar i produktion eller brist på material innebär ett slöseri. Detta till följd av att det då finns en överkapacitet som medför extra kostnader.

- *Transporter.*
  Den enda transport som för kunden tillför en produkt värde är leveransen av produkten. Övriga interna transporter mellan olika processer är rena förluster.

- *Överarbete.*
  Att producera något med högre noggrannhet än vad kunden kräver medför slöseri till följd av ökade tillverkningskostnader.

- *Lager.*
  Genom att ha mer i lager än nödvändig döljs problem i produktionen samtidigt som det binder stora mängder kapital som kan nyttjas till annat.

- *Onödiga rörelser.*
  Alla rörelser som inte tillför produkten något värde klassificeras som slöseri, vilket kan vara att hämta verktyg som är placerade på en annan avdelning.

- *Kassationer.*
  Att behöva kassera eller omarbeta en produkt tillför inget värde utan medför istället extra kostnader och tid.

- *Outnyttjad kreativitet.*
  Innebär att medarbetarnas kompetens och innovationsförmåga inte tas tillvara. Något som ökar risken för att personal slutar men även att förbättringar av verksamheten uteblir, vilket på sikt minskar ett företags utveckling.

3.2.2 Resurseffektivitet respektive flödeseffektivitet

Resurseffektivitet är ett prestationsmått som visar hur effektivt en tillgänglig resurs används under en specifik tidsperiod. Traditionellt sett är detta det vanligaste sättet att se på vad effektivitet är (Modig & Åhlström, 2015). I en verksamhet orienterad mot hög resurseffektivitet ligger fokus på resurserna och att förhållandet mellan nödvändiga och insatta resurser är väl matchade mot den efterfrågan som finns så att skillnaden mellan dessa blir minimal (Petersson et al, 2016). Alternativt kan det finnas en viss överbeläggning av resursen för att på så sätt säkerställa att denna inte riskerar stå utan arbete och därmed sänka effektiviteten.

Till skillnad från resurseffektivitet vars fokus ligger på resurserna så ligger fokus när det kommer till flödeseffektivitet på det som förädlas (Modig & Åhlström, 2015). Flödeseffektivitet kan definieras som summan av den värdeskapande tiden i förhållande till ledtiden. Där den värdeskapande tiden är den tid som genererar ett värde för kunden, Detta medför att i en verksamhet med hög flödeseffektivitet förflyttar sig en enhet som förädlas snabbt genom flödet med liten väntan vilket möjliggör snabb respons på kundens behov (Petersson et al, 2016). Möjligheten att nå en hög flödeseffektivitet och därmed en kort genomloppstid påverkas av tre olika lagar, Little´s lag, lagen om flaskhalsar och lagen om variationens inverkan (Modig & Åhlström, 2015).

- *Little´s lag.*
  Lagen är ett matematiskt samband som visar hur produkter i arbete och cykeltid påverkar genomloppstiden, se ekvation 3.1.

$$Genomloppstid = Cykeltid \times Produkter\ i\ arbete \qquad \textit{[Ekvation 3.1]}$$

- *Lagen om flaskhalsar.*
  Lagen innebär att genomloppstiden i ett flöde begränsas av den process som tar längst tid att genomföra. Denna process benämns för flaskhals och utmärks av att det bildas en kö innan processen medan efterföljande processer får brist på arbete.

- *Lagen om variationens inverkan.*
  Lagen säger att genomloppstiden i ett flöde ökar till följd av processvariationer och beroende på utnyttjandegrad. Olika typer av variationer som kan uppstå i ett flöde är till exempel att utrustning går sönder, monteringstiden av en produkt varierar på grund av montörens erfarenhet och produkter som tillverkas kan vara säsongsberoende.

3.2.3 Värdeflödesanalys

Värdeflödesanalys har sitt ursprung i det japanska bilföretaget Toyotas produktionssystem, där den kallas kartläggning av material- och informationsflöden (Rother & Shook, 2004). Syftet med metoden är att möjliggöra förbättring av material-, produkt- och informationsflödet genom att skapa fokus på flödeseffektivitet och att se till helheten istället för enbart till enskilda processer (Petersson et al, 2015). Ett värdeflöde innefattar enligt Rother & Shook (2004) samtliga aktiviteter som krävs för att kunna leverera en färdig produkt till kund, oberoende av om aktiviteten i sig är värdeskapande eller inte.

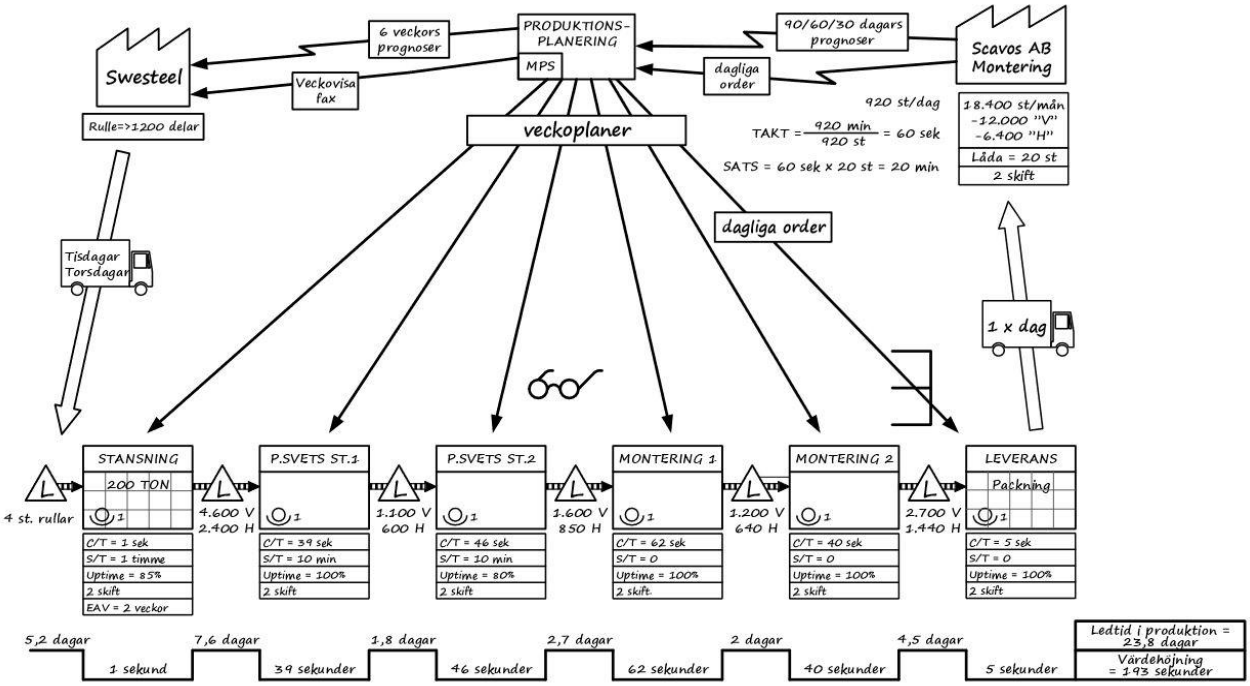
Vanligast är, enligt Petersson et al (2015), att metoden appliceras på flödesnivå i en verksamhet, vilket innebär att flödet följs från dörr till dörr. Vid kartläggning ska produktens väg följas uppströms i flödet vilket innebär från kunden till råmaterial. Flödet dokumenteras genom att det ritas upp med hjälp av papper och penna. Till hjälp finns ett antal grundläggande symboler som representerar processer med mera, se bilaga 5. En värdeflödesanalys består av fyra olika steg (Rother & Shook, 2004):

1. *Val av produkt eller produktfamilj.*
   Avgränsa valet av flöde till en viss produkt eller produktfamilj med likvärdiga processteg för att undvika att det blir för komplicerat.

2. *Kartläggning av nuvarande tillstånd.*
   Börja med att vandra genom flödet och gör en övergripande skiss med hjälp av papper och penna för att skapa en bild av hur flödet ser ut. Vandra därefter ytterligare en gång och samla in relevant data om varje processteg i flödet. Data som samlas in kan exempelvis vara cykeltid, ställtid, skifttyp och bemanning. Exempel på hur en karta över det nuvarande tillståndet kan se ut illustreras i figur 3.5.

3. *Ta fram karta över önskvärt framtida tillstånd.*
   Vid framtagning av kartan för det framtida tillståndet finns en guide bestående av åtta frågor att besvara som hjälper till att utforma flödet på ett effektivt och resurssnålt sätt, se bilaga 6.

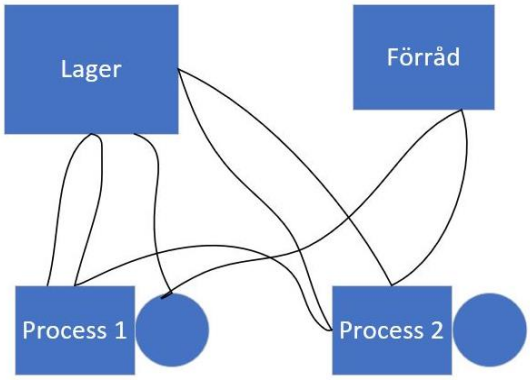
4. *Skapa handlingsplan.*
   För att lyckas med implementeringen av det framtida tillståndet bör en handlingsplan upprättas som anger vad som ska göras, vem som är ansvarig och när det ska vara färdigt.



Figur 3.5. Värdeflödeskarta: nuvarande tillstånd (Rother & Shook, 2004).

3.2.4 Spagettidiagram

Syftet med ett spagettidiagram är att tydliggöra och på ett visuellt sätt visa transporter, rörelser i processer och flöden. Metoden kan bland annat användas för att kartlägga materialflödet i en fabrik eller hur personalen rör sig på sin arbetsplats (Petersson et al., 2015). Vid användning av metoden så avbildas streck på en layout av verksamheten, se figur 3.6. Dessa streck återger varje fysisk förflyttning som har utförts av det som har valts att följas, exempelvis ett visst material. (Petersson et al., 2015).



Figur 3.6. Spagettidiagram.

3.2.5 5S

En av de metoder som innefattas i konceptet lean är 5S. Syftet med metoden, enligt Bergman & Klefsjö (2015), är att genom ordning och reda på arbetsplatsen underlätta arbetet med att identifiera och eliminera olika typer av slöseri. Namnet 5S kommer från att metodens uppbyggnad består av fem stycken olika moment som samtliga börjar på bokstaven S (Petersson et al., 2015):

1. *Sortera.*
   Arbetsplatsen rensas, där allt som är onödigt slängs eller skänks bort medan det som är nödvändigt för att kunna utföra uppgifterna sparas.

2. *Strukturera.*
   Tilldela de saker som inte rensats bort i det första steget en avsedd plats och märk upp denna.

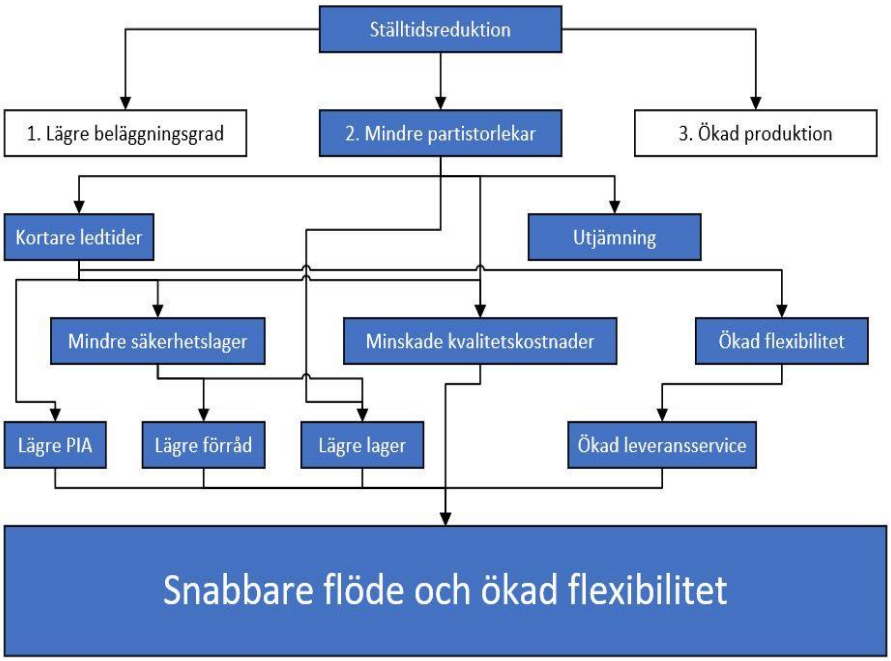
3. *Standardisera.*
   Skapa en standard genom uppmärkning och färgkodning för att tydligt visualisera eventuella avvikelser.

4. *Städa.*
   Rengör alla ytor så att det ser rent och fint ut, skapa därefter rutiner och dokumentera hur det ska se ut samt hur nivån ska upprätthållas.

5. *Se till.*
   Skapa vanor för att lyckas upprätthålla den ordning och reda de första stegen bidragit med. Detta steg klassas som det svåraste då det handlar om att bryta gamla vanor och ersätta dessa med nya.

3.2.6 SMED

Single Minute Exchange of Die eller SMED är en metod som används för att genom ett systematiskt tillvägagångssätt reducera ställtid. Genom att reducera ställtiden så kan enligt Sörqvist (2013) genomloppstiden reduceras. Detta möjliggör tillverkning av mindre partistorlekar vilket snabbar upp flödet, se figur 3.7. Om ställtiden halveras kan även partistorleken halveras utan att beläggningen påverkas. Anledningen är att två ställ då kan genomföras på samma tid som ett ställ ursprungligen tog. Metoden är uppbyggd av åtta steg som kan användas som stöd då man studerar hur ställtid kan reduceras. De åtta stegen är enligt följande, (1) Separera inre och yttre ställtid. Inre ställtid är den tid som en maskin måste stå still för exempelvis byte av verktyg medan den yttre ställtiden är den tid då förberedelser kan göras samtidigt som maskinen är igång. (2) Omvandla inre ställtid till yttre, (3) Funktionell standardisering, (4) Funktionella fästanordningar, (5) Förhandsjusterade fixturer, (6) Parallellisera operationer, (7) Eliminera justering och (8) Mekanisera (Petersson et al, 2015).



Figur 3.7. Ställtidsreduktion fritt efter Olhager, (2013).

3.3 Material- och produktionsstyrning

I tillverkande företag är det vanligt att olika planeringsnivåer upprättas för att få en viss struktur på arbetet. De fyra vanligaste nivåerna är enligt Jonsson och Mattsson (2016).

1. Sälj- och verksamhetsplanering
2. Huvudplanering
3. Orderplanering
4. Detaljplanering

Varje nivå har olika tidshorisonter, detaljeringsgrad, planeringsobjekt, periodlängd som planeringen sker för och tid för omplanering att ta hänsyn till.

3.3.1 Sälj- och verksamhetsplanering

Den översta planeringsnivån som enligt Jonsson & Mattsson (2016) är den nivå som har den längsta planeringshorisonten, mellan ett till två år. Planeringen bedrivs på verksamhetens ledningsnivå. Objektet är produktgrupper och målet är att arbeta fram övergripande planer för verksamheten (Jonsson & Mattsson, 2016). Dessa planer ska bland annat redogöra för hur styrning av material, kapacitet och tillverkning ska ske. Planerna ska grunda sig i företagets affärsidé (Olhager, 2013). Planeringen genomförs för periodlängder av kvartal eller månader och omplanering sker kvartalsvis eller månadsvis (Jonsson & Mattsson, 2016).

3.3.2 Huvudplanering

Andra planeringsnivån benämns huvudplanering enligt Jonsson & Mattsson (2016). Planeringshorisonten på denna nivå sträcker sig mellan ett halvår och ett år framåt. Planeringsobjekten på denna nivå är produkterna inom produktgrupperna. Exempel på mål med planeringen på denna nivå är att fastställa vilken tillgänglighet verksamheten ska ha på sina produkter. Till exempel om de ska ha ett färdigvarulager för att kunna leverera direkt till kund eller om de beslutar att inte ha det (Olhager, 2013). Detaljeringsgraden är något högre än tidigare nivå. Planeringsperioden är en månad eller vecka och man planerar även om varje månad eller vecka (Jonsson & Mattsson, 2016).

3.3.3 Orderplanering

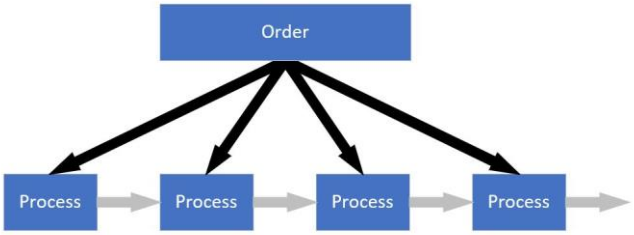
Tidshorisonten för den tredje planeringsnivå sträcker sig mellan en månad och ett halvår. Objekten som planerar för på denna nivå är de ingående artiklarna i produkten. Detaljeringsgraden är högre än förekommande nivå. Mål med planeringen är att säkerställa materialförsörjningen för produktionen. Planering genomförs med en periodlängd av en vecka eller en dag och omplanering sker veckovis eller dagligen (Jonsson & Mattsson, 2016).

Tryckande respektive dragande system

Materialstyrning kan delas in i två typer av system där det ena är tyckande system vilket innebär att materialet trycks igenom ett materialflöde. Det andra är det dragande systemet

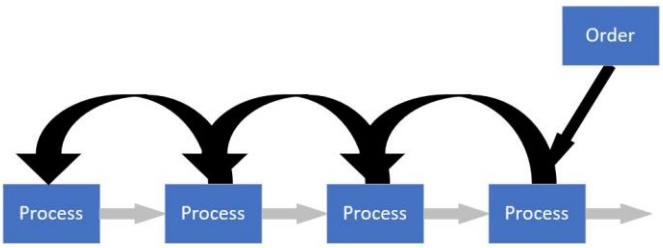
som i motsats till det tryckande skapar ett sug av material genom flödet (Jonsson & Mattsson, 2016).

Ett tryckande materialstyrningssystem är enligt Jonsson & Mattsson (2016) då produktion och materialförflyttning initieras i den tillverkande processen oberoende av den förbrukande processen. I det tryckande systemet sker tillverkning utefter en produktionsplan vilken baseras på prognoser. Genom att vid tillverkning utgå från denna plan blir hela flödet känsligt för störningar i de fall avvikelse från planen uppstår. Ett tryck skapas då i flödet där produkter trycks fram till nästkommande process oberoende av kundens faktiska behov (Sörqvist, 2013). Enligt Petersson et al (2015), är det även vanligt att processerna i ett tryckande system får sina order från en verksamhets affärssystem. Ett tryckande system exemplifieras i figur 3.8.



Figur 3.8. Tyckande system fritt efter Sörqvist (2013).

I ett dragande materialstyrningssystem initieras, enligt Jonsson & Mattsson (2016), produktion och materialförflyttning av den förbrukande processen i flödet, alltså den efterföljande processen. Detta innebär att i det dragande systemet sker ingen tillverkning av nya komponenter förrän den efterföljande processen signalerar ett behov (Liker, 2015). Behovet kan skapas av en kundorder som då sänder en signal uppströms i flödet om att påbörja tillverkningen. För att principen med dragande system ska fungera är några av förutsättningarna att partistorleken ska vara liten, ställtiderna korta och produktionsupplägget flödesorienterat (Sörqvist, 2013). Ett dragande system exemplifieras i figur 3.9.



Figur 3.9. Dragande system fritt efter Sörqvist (2013).

Materialstyrningsmetoder

För att styra material- och produktflöden finns ett antal materialstyrningsmetoder att tillgå. Dessa ger stöd åt planering av tillverknings- och inköpsorder samt underlättar att skapa balans mellan tillgång och behov (Jonsson & Mattsson, 2016).

Materialbehovsplanering
Materialbehovsplanering eller MRP (Material Requirements Planning) som den också benämns är en behovsinitierad metod där planering av nya inleveranser av material sker då ett nettobehov uppstår, alltså då tillgången på material beräknas bli negativ. (Jonsson & Mattsson, 2016).

En produktionsplan upprättas utifrån ett prognostiserat behov där hänsyn till ledtid och produkters strukturuppbyggnad tas vid planering av leverans och tillverkning. Utifrån uppkomna behov bestäms sedan varje produkts kvantitet samt när tillverkning eller beställning behöver påbörjas för att tidpunkten för leverans skall kunna mötas (Jonsson & Mattsson, 2016).

För att beräkna när ett materialbehov uppstår tas hänsyn till behov, innestående lager och planerade inleveranser, se figur 3.10. Utifrån det innestående lagret räknas materialbehovet för respektive period bort tills dess att lagersaldot blir negativt vilket då signalerar ett behov av en inleverans. För att kunna täcka det uppkomna behovet behöver en ny order planeras in, även ledtid behöver tas hänsyn till vid planering av nya order. Vid variationer och osäkerhet i de prognostiserade behoven kan säkerhetslager användas vid beräkningen. Skillnaden blir då att den innestående lagernivå inte får understiga en bestämd säkerhetsnivå utan inleveranser planeras vid tidpunkten då säkerhetsnivån nås (Jonsson & Mattsson, 2016).

Vecka	1	2	3	4	5	6	7
Prognos/Behov	15	15	15	20	20	20	20
Beräknat lager 40	25	70	55	35	15	55	35
Inleveranser		60				60	
Planerade order			60				

Figur 3.10. Beräkningsgång vid materialbehovsplanering fritt efter Jonsson & Mattsson (2016).

Beställningspunktsystem
Vid användning av beställningspunktssystem så sker en avstämning mellan tillgänglig lagernivå och en referensnivå som benämns beställningspunkt. Då lagernivån understiger beställningspunkten genomförs en beställning av nytt material för att fylla på lagret. Den kvantitet som beställningspunkten motsvarar baseras på den förväntade efterfrågan under ledtiden. För att beräkna beställningspunkten (BP) så används efterfrågan per period (E), säkerhetslager (SL), ledtiden i antal perioder (LT), se ekvation 3.2 (Jonsson & Mattsson, 2016).

$$BP = SL + E \times LT \qquad \text{[Ekvation 3.2]}$$

Kanban
Kanban är en materialstyrningsmetod som har utvecklats inom Toyotas produktionssystem. Metoden kan klassas som en direktavropsmetod vilket innebär att tillverkning av nya produkter initieras direkt mellan förbrukande och försörjande process då behov uppstår, till skillnad från andra typer av materialstyrningsmetoder som ofta kräver initiering via ett affärssystem. Detta innebär att kanban skapar ett dragande system där endast det som det finns behov av att tillverka kommer att tillverkas (Jonsson & Mattsson, 2016).

Metodiken bygger på att ett begränsat antal kanbankort cirkulerar mellan förbrukande och försörjande process i ett flöde och på så sätt tillåter att mängden material i flödet kontrolleras. Varje kort fungerar som en signal om att en uppgift ska utföras, till exempel att tillverkning av nya produkter ska påbörjas (Mattsson, 2002). På kanbankortet finns information om vilken produkttyp som ska tillverkas, till vilken förbestämd kvantitet och vart det ska levereras (Shiego, 1984).

Rent praktiskt fungerar metoden så att när produkter ur en behållare börjar plockas av en förbrukande process så frigörs ett kanbankort vilket skickas till den försörjande processen. Kortet är då en signal på att den försörjande processen ska påbörja tillverkning av den förutbestämda kvantitet som finns beskriven på kortet. När tillverkningen är klar och en behållare är fylld fästs kortet på denna som sedan transporteras tillbaka till den förbrukande enheten (Jonsson & Mattsson, 2016).

För att kunna beräkna det antal kanbankort (Y) som ska cirkulera i flödet behöver hänsyn tas till ledtid (L), efterfrågan under ledtiden (K), kvantitet per behållare (C) och en säkerhetsfaktor (α) som säkerställer ett säkerhetslager utefter de förhållanden som råder i flödet. Den matematiska formeln för att beräkna antal kanbankort beskrivs i ekvation 3.3 (Segerstedt, 2009).

$$Y = \frac{L \times K \times (1 + \alpha)}{C}$$ *[Ekvation 3.3]*

Det finns ett antal olika varianter av kanbansystem, de utgår från samma principer som beskrivits ovan men där skillnaderna främst består i hur mediet som hanterar beordringen ser ut. Några av dessa varianter beskrivs kort nedan.

- *Traditionell kanban (tvåkortskanban)*.
  Det traditionella kanbansystemet använder sig av kanbankort där det finns två typer av kort. Det ena kortet är ett tillverkningskanban vilket används för att signalera tillverkning av produkter. Det andra kortet är ett transportkanban vilket används för att signalera transport av behållare (Jonsson & Mattsson, 2016).

- *Enkortskanban.*
  Liknar den traditionella kanban men med skillnaden att kanbankortet fyller både funktionen för tillverkningskanban och transportkanban (Jonsson & Mattsson, 2016).

- *CONWIP.*
  Constant Work In Progress även kallat CONWIP är en variant på ett kanbansystem som sammankopplar första och sista processen i ett flöde. Till skillnad från traditionell kanban som använder sig av kanbankort mellan samtliga processer i ett flöde så använder CONWIP ett enda kort vilket följer en tillverkningsbatch hela vägen. Initiering av tillverkning sker då den sista processen förbrukat en batch och därmed frigjort ett kort vilket sänds till den första processen i flödet som då påbörjar tillverkning av en ny batch och därefter sänder den vidare nedåt i flödet (Bicheno, 2004).

- *Tvåbingesystem.*
  Vid användandet av ett tvåbingesystem så placeras två behållare vid förbrukande enhet. Då materialet i den ena behållaren tagit slut skickas denna till den försörjande för påfyllning medan den förbrukande enheten fortsätter plocka material ur den andra behållaren. När försörjande enhet fyllt upp behållaren de skickas den tillbaka till förbrukande enheten. Dimensionering av kvantiteten i behållarna bör vara tillräckligt stor för att täcka fyllnadstid och eventuell transporttid (Ortiz, 2016)

3.3.4 Detaljplanering

Detaljplanering är den lägsta planeringsnivån och den mest detaljerade nivån. Planeringen genomförs med en tidshorisont från en vecka upp till en månads tid. Planeringsobjektet för denna nivå utgörs av de operationer som krävs för att tillverka artikeln (Jonsson & Mattsson, 2016). Detaljplaneringens mål är att utföra den produktion och hålla de tider för leveranser som har planerats för i huvud- och materialplaneringen. Syfte är även att detaljplaneringen ska bestämma när tillverkningsorder ska verkställas i produktionen (Olhager, 2013). Planeringen sker för en periodlängd av en dag eller timme och omplanering sker dagligen (Jonsson & Mattsson, 2016).

Enligt Jonsson och Mattsson (2016) behövs en balans mellan tillgänglig kapacitet, inplanerade order och operationernas kapacitetsnivå för att både få ett högt kapacitetsutnyttjande och korta genomloppstider. De hävdar att huvuduppgifterna inom detaljplanering är:

- Släppa ut order i takt med kapacitetsmässiga förutsättningar för att kunna genomföra dem inom rimliga genomloppstider.

- Säkerställa att material finns tillgängligt då en order är planerad att starta.

- Order som släpps ut i tillverkningen genomförs i en ordningsföljd som är ordnad med avseende på leveranstidshållning och genomloppstider.

3.4 Kapacitetsplanering

Kapacitet mäter hur stor värdeförädling som produktionens resurser kan prestera. Den förknippas även med företagets kostnader oberoende om den maximeras eller som ett intäktsbortfall om det exempelvis finns en större efterfrågan än vad företaget kan tillgodose genom sina resurser. Genom kapacitetsplanering arbetar man med att balansera företagets kapacitetstillgångar och kapacitetsbehov (Jonsson & Mattsson, 2016).

Vanliga mått för att mäta kapacitet är enligt Jonsson och Mattsson (2016) bland annat mantimmar per period eller maskintimmar per period. Ytterligare mått kan vara antal, kilogram och kronor per period, men viktigast är att valet av mått anpassas efter verksamheten.

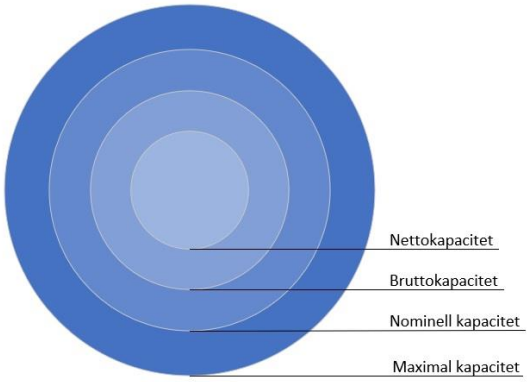
Det finns olika benämningar av kapacitet, vilka utvecklas nedan samt illustreras i figur 3.11, Mattsson & Jonsson, 2013:

- *Maximal kapacitet.*
  Kapaciteten som verksamheten har om produktionen är igång varje dag, dygnet runt.

- *Nominell kapacitet*.
  Den kapacitet som verksamheten beräknar att de har tillgänglig att använda. Nominell kapacitet beräknas genom fyra faktorer vilka är antal maskiner/produktionsenheter i gruppen, antal skift per dag, antal timmar per skift och antal arbetsdagar per planeringsperiod.

- *Bruttokapacitet.*
  Avser den nominella kapaciteten minus kapacitetsbortfall exempelvis i egenskap av maskinproblem, underhåll och väntetid på material.

- *Nettokapacitet.*
  Den kapacitet som kan användas för att utföra den planerade produktionen. Avser bruttokapaciteten minus ej planerad tillverkning som till exempel omarbetning.



Figur 3.11. Kapaciteter.

För beräkning av nettokapacitet i en produktionsgrupp kan dess utnyttjandegrad användas. Utnyttjandegraden är oftast en procentsats vilket visar hur stor andel av den nominella kapaciteten som man kan räkna med att kunna utnyttja i till exempel en produktionsgrupp. För beräkning av nettokapaciteten, se ekvation 3.4 (Mattsson & Jonsson, 2013).

$$Nettokapacitet = Utnyttjandegrad\ x\ Nominell\ kapacitet \qquad \text{[Ekvation 3.4]}$$

För att balansera verksamhetens kapacitetstillgångar och kapacitetsbehov finns olika tillvägagångssätt enligt Jonsson och Mattsson (2016):

- Öka eller minska tillgången på kapacitet.
- Omfördela den nuvarande kapaciteten.
- Öka eller minska behovet av kapacitet.
- Fördela om kapacitetsbehovet mellan olika perioder.

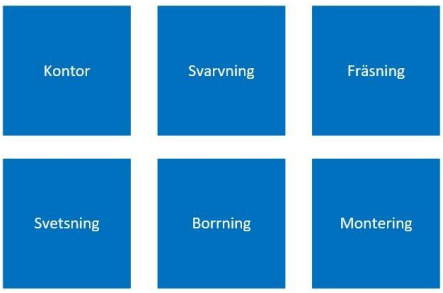
3.5 Layout

Layoututformningen är ett viktigt beslut då det påverkar verksamhetens både på kort och lång sikt gällande kostnader och effektivitet. Utformningen utgör exempelvis placering av byggnader, maskiner och andra resurser i verksamheten. Förändring av layouten är en kostsam process (Olhager, 2013).

3.5.1 Processorienterad layout

En processorienterad layout eller även kallad funktionellt produktionsupplägg, innebär att de olika processerna organiseras efter deras funktioner. Exempelvis placeras alla svarvar tillsammans, fräsar tillsammans och borrar tillsammans, se figur 3.12. Komponenterna i tillverkningen går därefter mellan de olika maskingrupperna för att bli en färdig produkt (Bellgran & Säfsten, 2005).

Fördelar med en processorienterad layout är att den skapar flexibilitet då den anpassar sig väl efter varierande produktionsmix och produktionsvolymer (Jonsson & Mattsson, (2016). Ytterligare fördel kan vara att kapacitetsutnyttjandet är högt (Bellgran & Säfsten, 2005). Nackdelar är att lager och långa genomloppstider uppstår som i sin tur leder till en hög kapitalbindning och låg leveranssäkerhet (Bellgran & Säfsten, 2005).

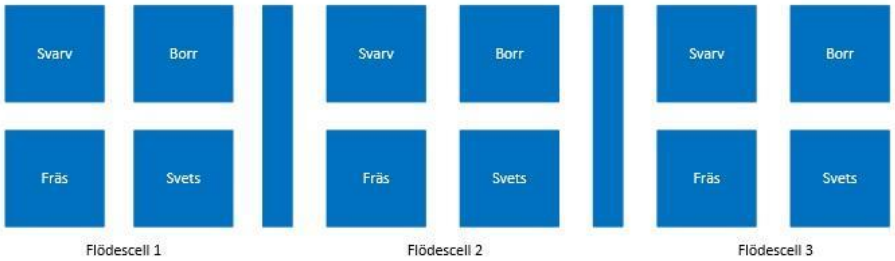


Figur 3.12. Processorienterad layout.

3.5.2 Produktorienterad layout (flödescell)

Principen för en produktorienterad layout är att gruppera artiklar som har en liknande operationsföljd. Därefter grupperas maskiner och andra arbetsplatser som krävs för tillverkningen och målet är att all tillverkning av artiklarna ska vara möjlig inom den så kallade flödescellen, se figur 3.13 (Jonsson & Mattsson, 2016).

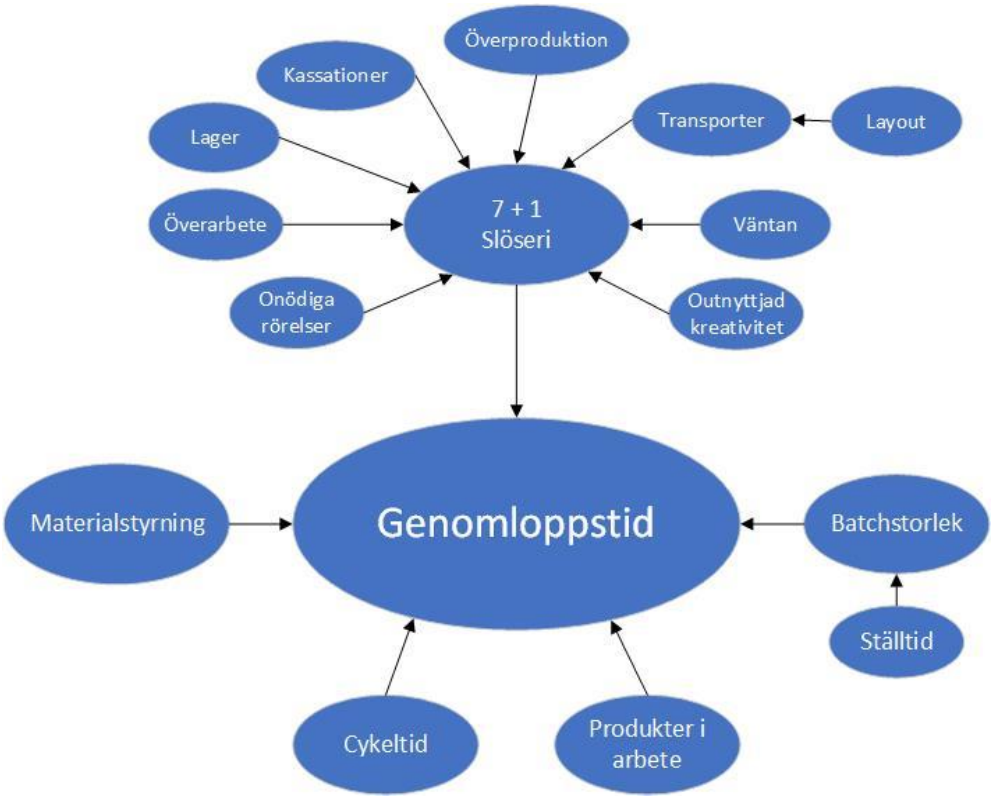
Fördelar med en produktorienterad layout är att genomloppstiderna är korta och att kapitalbindningen blir lägre (Bellgran & Säfsten, 2005). Nackdelar med layouten är att flexibiliteten försämras och att systemet är mer störningskänsligt än en processorienterad layout (Jonsson & Mattsson, 2016).



Figur 3.13. Produktorienterad layout.

3.6 Teoretisk analysmodell

Utifrån teorin har en analysmodell utformats där de faktorer som påverkar genomloppstiden och transportsträckan har identifierats, se figur 3.14.



Figur 3.14. Teoretisk analysmodell.

4. NULÄGESBESKRIVNING

Kapitlet beskriver verksamhetens nuläge. Inledningsvis beskrivs företaget överskådligt. Därefter redogörs för de studerade komponenterna och hur de förflyttar sig under produktionsprocessen. Vidare presenteras de olika processerna i produktionsavsnittet och deras placering i produktionsavsnittet. En värdeflödesanalys för det nuvarande tillståndet har även genomförts. Därefter beskrivs produktionsavsnittets beläggning och takten för produktionen.

4.1 Företaget

Verksamheten är belägen i västra Sverige och är en tillverkande industri. Företaget är uppdelat i tre olika produktionsavsnitt, där denna studie koncentrerar sig på produktionsavsnitt Alfa. Omsättningen för produktionsavsnittet är 77 procent av företagets totala omsättning på 165 miljoner kronor. Produktionsavsnittet har i huvudsak en kund som står för en majoritet av beställningarna. Kunden har även egen tillverkning av samma produkter som de köper in från företaget, men har ett större behov än vad det själva kan täcka. I dagsläget är efterfrågan från kunden två stycken order om 30 stycken produkter varje vecka vilket medför en takt av 60 stycken produkter per vecka.

Produktionsavsnittet har en nyligen utvecklad produktorienterad layoututformning, från att tidigare ha varit funktionellt utformad. Området består av processerna svarv, fräs, svets, penetrant, gradning, tvätt, provtryck samt kontroll. Produktionsavsnittet tillverkar en produkt i tre olika varianter. En av de tre varianterna tillverkas i en avsevärt större kvantitet än de två andra. Den dominerande varianten består av totalt 69 komponenter där denna studie fokuserar på tre av dessa.

Problematiskt för verksamheten är kravet på spårbarhet. Nästintill allt material som ingår i produkterna för produktionsavsnittet Alfa kräver kunden spårbarhet på. Spårbarheten säkerställs genom dokument som överlämnas till kunden vid leverans av de färdiga produkterna.

4.2 Studerade komponenter

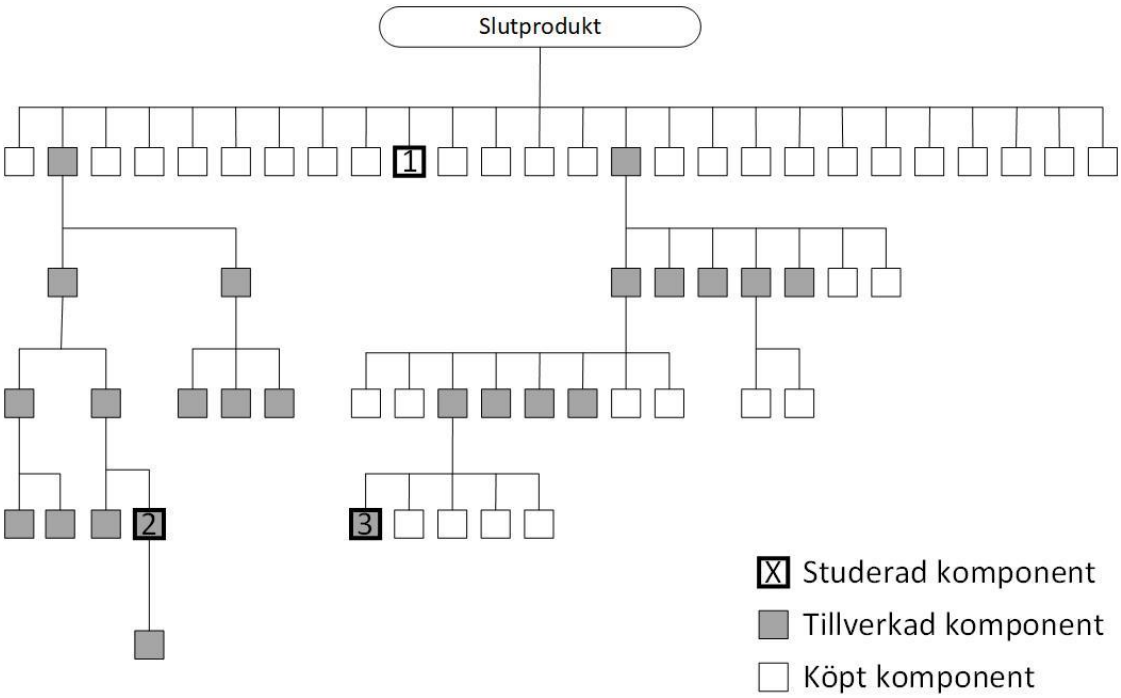
Den produktvariant som står för den största delen av de tre olika produkterna omfattar totalt 69 komponenter varav 24 komponenter tillverkas hos företaget och 45 komponenter köps in. Fokus i denna studie ligger på tre komponenter, vilka är:

- *Komponent 1.*
  Färdigtillverkad komponent som köps in från en extern leverantör.

- *Komponent 2.*
  Tillverkas från råmaterial i produktionsavsnittet. Komponenten sitter på den bakre delen av den färdiga produkten.

- *Komponent 3.*
  Tillverkas från råmaterial i produktionsavsnittet. Komponenten sitter på den främre delen av den färdiga produkten.

Strukturen för tillverkningen är uppbyggd så att bakdelen respektive framdelen av produkten tillverkas var för sig. I det sista steget i tillverkningen monteras dessa ihop tillsammans med fler inköpta komponenter, se strukturträd i figur 4.1.



Figur 4.1. Strukturträd för studerad produktvariant.

4.3 Fabriken

Tidigare har verksamheten varit funktionellt uppdelat, men har de senaste åren utvecklats till en produktorienterad struktur. Av de tre produktionsavsnitten är produktionsavsnittet, som fokuseras på i denna studie, helt uppbyggt som en flödescell. När produktionen ligger efter i tillverkningen används maskiner från en av de två andra produktionsavsnitten för att komma ikapp.

4.3.1 Produktionsavsnittets layout

I detta avsnitt beskrivs produktionsavsnittets fysiska layout inklusive, processer och lagringsplatser. Även specifika egenskaper för de olika processerna redovisas.

Lagringsplatser
Produktionsavsnittet har fyra lagringsplatser vilka markeras med bokstäverna A-D i figur 4.2. Ställage A är den lagerplats där hela företagets råmaterial förvaras. Ställaget B används som en första inkörsport för råmaterialet in i produktionsavsnittet och i ställage C förvaras

komponenter samt halvfabrikat mellan de olika operationerna. Lageryta D benämns Torget vilket också är en lagringsplats för komponenter och halvfabrikat mellan de olika operationerna i produktonsavsnittet. Torgets yta är 8 x 7,5 meter och är i dagsläget uppdelat i 9 stycken köer.

Logistikavdelning
All materialdistribution för företaget sker från ett område, vilket är företagets logistikavdelning och markeras med bokstav E i figur 4.2. På avdelningen finns ett antal datorer, en lyftanordning samt ytor för omplock och packning. Den dubbelsidiga pilen i logistikavdelningen, se figur 4.2, markerar den port där alla in- och utleveranser för produktionsavsnittet sker.

Processer
Produktionsavsnittet använder sig av flera olika processer vilka är ordnade efter Alfa-produkternas väg genom produktionen. Mellan produktionsavsnittet Alfa och produktionsavsnittet som svarv K och fräs L befinner sig i finns en nivåskillnad. Denna nivåskillnad försvårar transport med palldragare mellan de olika produktionsavsnitten. Följande processer används av produktionsavsnitt Alfa:

- *Svarvar.*
  De maskiner som utgör svarvar i produktionsavsnittet markeras med F-K i figur 4.2. Svarvarna F-I är grupperade till ett område i produktionsavsnittet och är de som till största del används. Svarv K tillhör ett av de tre andra produktionsavsnitten i företaget. Denna svarv utnyttjas endast för att stödja produktionavsnitt Alfa då de ligger efter i tillverkningen och för att justera längden på produkten innan slutkontroll. Alla svarvar som används i produktionsavsnittet kräver manuellt arbete vid till exempel inmatning av material. Svarv J är en manuell svarv, övriga är CNC-styrda.

  För komponent 3 krävs klockning av varje komponent i svarv I innan svarvningen kan starta. Med klockning menas uppmätning av kast med hjälp av en klocka. Vidare för komponent 3 krävs i svarv K att nya nollpunkter tas ut innan varje svarvning på grund av olika längder på komponenten efter svetsning. Den första svarvningen i svarv H för komponent 2 sker genom att en en-metersstång av råmaterial matas in i svaren och därefter kommer 17 stycken kapade och svarvade komponenter ut. Vid svarvning efter svetsning sätts komponenterna i fixturer innan de svarvas för att svetsarbetet inte ska skadas.

- *Fräsar.*
  De maskiner som utgör fräsar som används av produktionsavsnittet markeras med L och M i figur 4.2. Fräs M tillhör ett av de andra produktionsavsnitten. Fräsarna är utrustade med palettväxling. Fräs M har sju stycken paletter vilka kan laddas med en komponent per palett. Efter att fräsningen av en komponent är klar och den plockas ut laddas paletten direkt med en ny komponent. Fräs L har tillgång till tolv paletter där varje palett kan laddas med två komponenter.

- *Svets.*
  Svetsavdelningen markeras med N i figur 4.2. De olika typer av svetsning som utförs i produktionsavsnittet är nästning, rundsvets, robotsvets och manuell svetsning.

Avdelningen är uppbyggd i flera bås där olika typer av svetsning görs samt ett område precis utanför avdelningen där robotsvetsning sker. Robotsvetsningen markeras med O i figur 4.2. Rundsvetningen har en specifik plats i svetsavdelningen. Nästning och manuell svetsning har ingen specifik plats i svetsavdelningen utan utförs där det finns en ledig plats.

Rundsvetsning sker enbart på komponent 2. Innan den monteras för att svetsas sker nästning av olika delar samt att efter svetsningen sker en kontroll av maskinens svetsar.

Robotsvetsning sker enbart på komponent 3. Maskinen kan laddas med två stycken komponenter åt gången. Under operationstiden utförs manuellt arbete på de komponenter som har svetsats.

Manuell svetsning sker för både komponent 2 och 3 och inleds oftast med nästning av olika delar.

- *Penetrant.*
  Processen markeras med P i figur 4.2. Kontrollen sker i ett stängt rum på grund av att kontroll av svetsningarna kräver att det är mörkt. Arbetet sker manuellt av operatören.

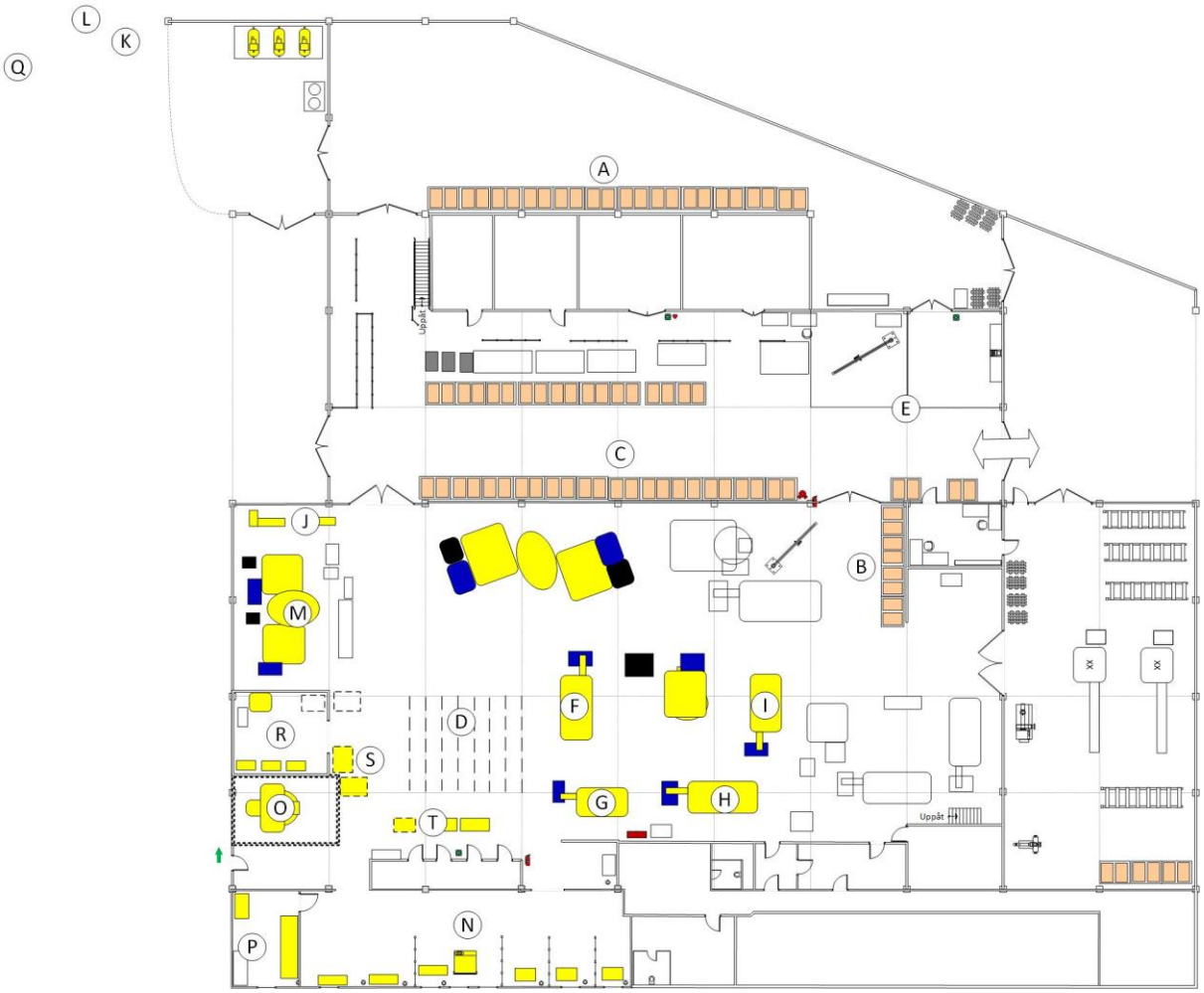
- *Måleri.*
  Måleriet är placerat på andra våningen i byggnaden, vilket markeras med Q i figur 4.2. En hiss används för att transportera komponenterna till måleriet. Personal från svetsavdelningen ansvarar för denna process. Målningen sker genom att två lager färg manuellt sprutas på komponenterna. Färgen har en torktid på cirka tio minuter efter varje sprutning av färg.

- *Gradning och tvätt.*
  Manuell gradning och automatisk tvättning sker i samma avdelning, markeras med R i figur 4.2. Gradning innebär att oönskade ojämnheter slipas bort eller jämnas till. Tvättningen sker i en automatisk tvätt.

- *Provtryck.*
  Provtryckningen består av ett bord på hjul där de verktyg som krävs för kontrollen finns, bordet är markerat med S i figur 4.2. Mellan olika svetsoperationer i slutskedet av tillverkningen krävs provtryck för att se om luft kan strömma fritt där de ska i produkten. Ett munstycke fästs på en ventil på överdelen av produkten. Därefter fästs ytterligare ett munstycke som mäter trycket i nederdelen av produkten. Lufttrycket mäts och trycket ska hållas konstant en viss tid för att svetsarna i produkten ska bli godkända.

- *Kontroll.*
  Montering och kontroll sker på ett monteringsbord i produktionsavsnittet, vilket är markerat med T i figur 4.2. I slutskedet av tillverkningen sker en första, mindre kontroll och syning av produkten. Efter en manuell svetsning sker märkning av artikel- och serienummer genom nålprägling. Efter detta sker en slutkontroll där ett dokument

med olika steg ska genomföras. Varje steg checkas av i ett mätprotokoll samt att vissa mått mäts och anges i protokollet.



Figur 4.2. Karta layout produktionsavsnittet Alfa.

4.4 Komponenternas förflyttning genom flödet

Detta avsnitt beskriver hur komponenterna rör sig mellan de olika processerna. Även den sträcka som de tre komponenter transporteras under tillverkningsprocessen redovisas.

De studerade komponenterna rör sig mellan logistikavdelningen och de olika processerna. De flesta processerna är belägna inom produktionsavsnittet men tre av dem (L, K och Q) ligger i andra delar i fabriken, se figur 4.2. Nedan beskrivs den förflyttning som komponent 2 genomgår under tillverkningsprocessen, jämför även med spagettidiagram för komponent 2 i figur 4.3. Förflyttningen som komponent 1 och 3 genomgår visualiseras i separata spaghettidiagram i bilaga 7 och 8.

- Råmaterialet till komponent 2 kommer in genom porten vid logistikavdelningen (E) och lagras i ställage A, vilket är hela företagets råmateriallager.

- Då behov av materialet uppstår plockas råmaterial om till en batch om 30 stycken komponenter vilket placeras i halvpallar av logistikavdelningens personal.

- Därefter transporteras materialet till ställage B, vilket är en samlingsplats för allt färdigkapat material som ska börja förädlas i produktionsavsnittet.

- Komponent 2 startar sin förädling i svarv H, lagerläggs därefter på torget (D) och genomgår sedan gradning och tvättning (R).

- Efter processerna skickas komponenterna till logistikavdelningen (E) som lagerlägger dem i ställage C.

- Vidare plockas ytterligare komponenter ihop av logistikavdelningen tillsammans med komponent 2. De ihop plockade komponenterna får en ny beteckning och lagerläggs därefter på torget (D).

- Från torget (D) förs komponenterna in i svetsavdelningen (N) för nästning, därefter ut på torget (D) igen för lagerhållning och sedan in i svetsavdelningen (N) igen för att svetsas i rundsvetsen.

- Efter rundsvetsen går de direkt in i svarv H. Därefter lagerläggs de ytterligare en gång på torget (D) och går sedan vidare in i penetranten (P).

- Efter penetranten transporteras komponenterna upp till andra våningen till måleriet (Q) där de målas. Därefter transporteras det ner igen och lagerläggs på torget (D).

- Ytterligare komponenter kittas tillsammans med den tidigare processade komponenten. Dessa får igen en ny beteckning.

- Komponenterna förflyttas in på svetsavdelningen (N) där manuell svetsning sker, därefter lagerläggs de på torget (D).

- Därefter transporteras de in i svetsavdelningen (N) igen för ytterligare svetsning i rundsvetsen. Efter svetsningen lagerläggs de på torget (D) igen.

- Vidare transporteras de in i penetranten (P) för kontroll. Sedan sker nästning i svetsavdelningen N och därefter lagerläggs komponenterna på torget (D).

- Återigen flyttas komponenterna in i svetsavdelningen (N) för rundsvetsning. Därefter transporterad komponenterna direkt till fräs L. Efter fräsning lagerläggs komponenterna på torget (D).

- Fler komponenter plockas samman på logistikavdelningen (E) och de får tillsammans med de tidigare komponenterna igen en ny beteckning. Komponenterna transporteras in till svetsavdelningen N för nästning samt manuell svetsning.

- Efter svetsningen lagerläggs komponenterna på torget (D) innan de transporteras till penetranten (P) för kontroll. Efter processen lagerläggs komponenterna på torget (D).

- Den processade komponenten kittas en sista gång tillsammans med fler komponenter. Dessa komponenter är bland annat det två andra studerade komponenterna. Detta betyder att de tre studerade komponenterna följer samma ordning i tillverkningsprocessen i slutskedet. De kittade komponenterna får en ny beteckning. Den nya beteckningen är även samma som produktens artikelnummer ut till kund.

- De kittade komponenterna transporteras från torget (D) till monteringsbordet T för kontroll och syning.

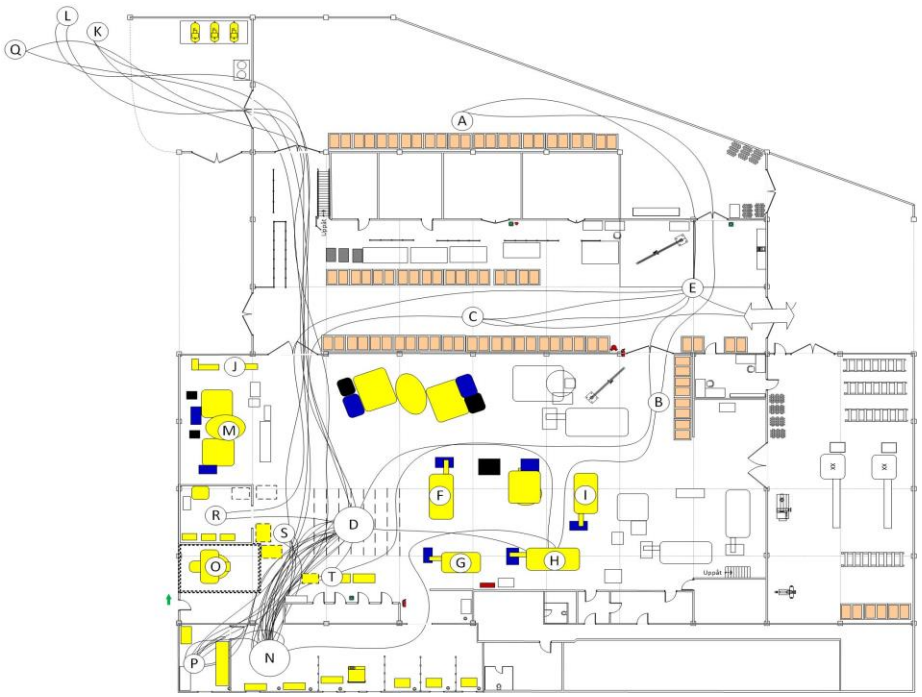
- Därefter sker manuell svetsning i svetsavdelningen (N) som följs av nålprägling vid monteringsbordet T. Vidare går komponenterna direkt in i nästa process som är svarvning i svarv K, eller lagerläggs vid svarv K om svarven redan används.

- Efter svarvningen transporteras komponenterna in i svetsavdelning (N) där de loopar två gånger mellan manuell svetsning i svetsavdelningen (N) och provtryckning (S). Loopingen avslutas med ytterligare en manuell svetsning i svetsavdelningen (N).

- Vidare transporteras komponenterna direkt efter svetsningen till monteringsbordet T där montering sker och lagerläggs därefter på torget (D).

- Transport sker från torget (D) in till pentranten (P) och därefter sker ett fåtal manuella svetsningar i svetsavdelning (N).

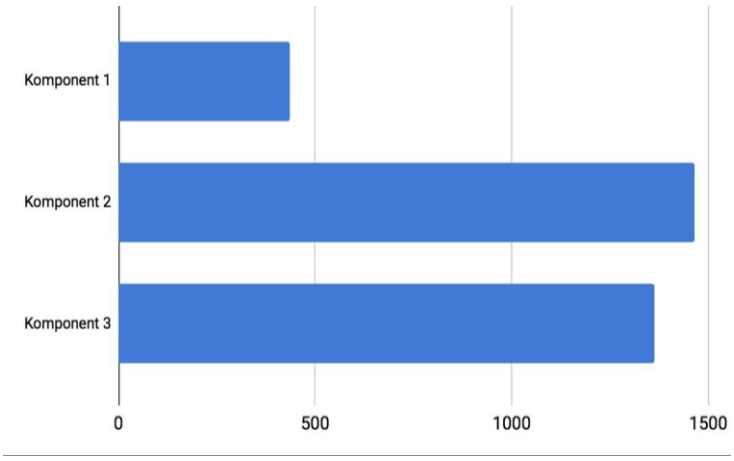
- Avslutningsvis sker en slutkontroll av produkten vid monteringsbordet T. Därefter transporteras godkända produkter till logistikavdelningen (E) där de vid behov lagerläggs i ställage C, om inte leverans sker direkt till kund.



Figur 4.3. Spagettidiagram komponent 2.

Komponent 2 och 3 har liknande förflyttningar förutom att komponent 3 skickas iväg till ett annat företag för att få en extern behandling. Anledningen till att en investering av sådan behandling inte har genomförts är att det är kostsamt och att det enligt personal på företaget är en svår teknik att bemästra. Då komponent 3 kommer tillbaka från den externa behandlingen går alla tre studerade komponenterna tillsammans in i samma tillverkningsprocesser, vilket är i slutskedet av tillverkningen.

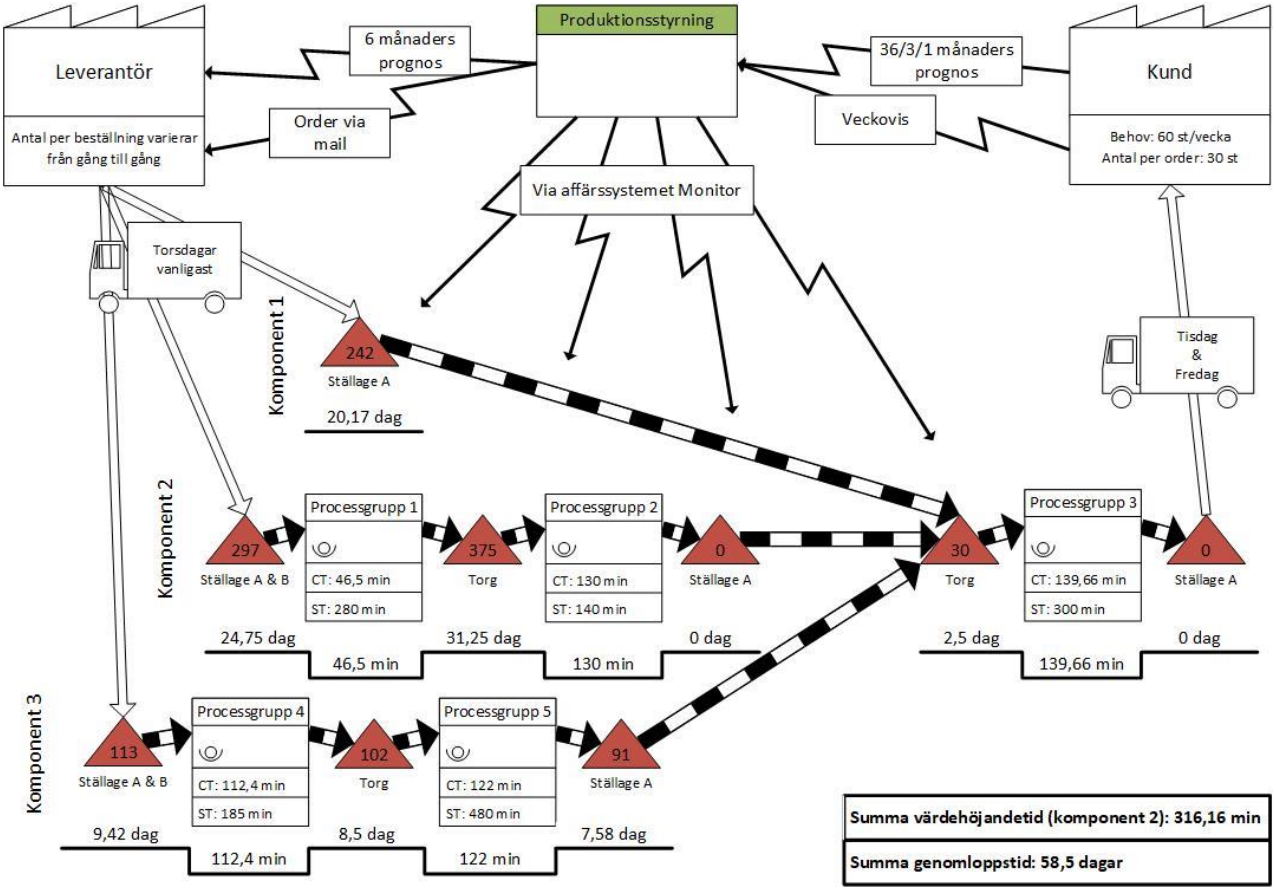
De tre komponenternas förflyttning utgör tillsammans en sträcka av 3 262 meter. Den sträcka i slutet av tillverkningsprocessen då de tre studerade komponenterna genomgår samma processer motsvarar 384 meter. Totala transportsträckan för de olika komponenterna är för komponent 1 en sträcka på 435 meter, för komponent 2 en sträcka på 1 464 meter upp samt för komponent 3 en sträcka på 1 363 meter, se figur 4.4. Komponent 2 transporteras med hjälp av hiss en våning upp till måleriet Q och tillbaka, vilket är extra tidskrävande på grund av hissen. Komponent 3 transporteras till ett externt företag som utför en viss behandling, denna sträcka har ej tagits hänsyn till vad gäller transportsträcka.



Figur 4.4. Transportsträcka per studerad komponent.

4.5 Värdeflödesanalys - Nuvarande tillstånd

En värdeflödesanalys har genomförts för de tre komponenter för att ge en övergripande bild av hur det nuvarande tillståndet ser ut i produktionsavsnittet. Varje komponents flöde har först kartlagts enskilt fram tills dess att flödena konvergerar vid produktens slutmontering. Då flödet är komplext har en förenklad värdeflödeskarta utformats där ett flertal processer och lager har sammanfogats för enkelhetens skull, se figur 4.5. Värdeflödesanalys nuvarande tillstånd för respektive komponent återfinns i bilaga 9, 10 och 11.



Figur 4.5. Förenklad värdeflödeskarta - nuvarande tillstånd

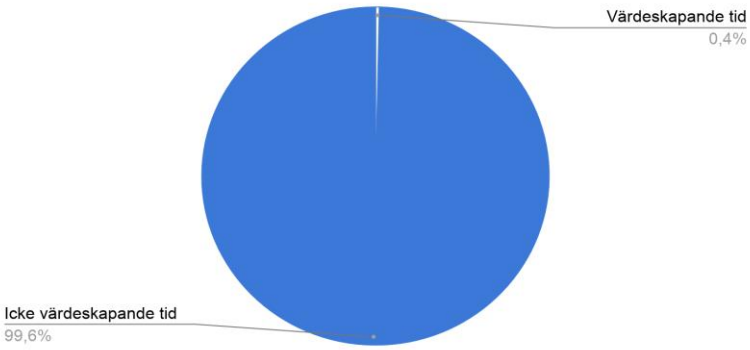
.

4.5.1 Genomloppstid och värdeskapande tid

Kartläggningen av det nuvarande tillståndet visar att genomloppstiden vid tillfället för datainsamlingen var 58,5 arbetsdagar vilket motsvarar cirka tolv arbetsveckor. Dessa veckor avser från det att råmaterialet inkommer till företaget tills dess att produkten lämnar företaget. Företaget har sedan tidigare sagt att deras genomloppstid är omkring åtta veckor från det att första processen påbörjas tills dess att produkten lämnar företaget. Detta stämmer ganska väl överens med vad kartläggningen visar då lagret för råmaterialet räknas bort, genomloppstiden blir då cirka sju veckor.

Den komponent som i dagsläget är styrande för genomloppstiden är komponent 2 som genererar en tid på cirka tolv veckor. Komponent 1 har en genomloppstid på cirka fyra och en halv vecka och komponent 3 cirka åtta veckor.

Det värdeskapande arbetet för komponent 2 blir 316 minuter. Vilket motsvarar en flödeseffektivitet på 0,4 procent av genomloppstiden, se figur 4.6.



Figur 4.6. värdeskapande tid.

4.5.3 Informationsflödet

I detta avsnitt beskrivs hur informationsflödet ser ut i det nuvarande tillståndet, se figur 4.5.

Information mellan kund och företaget
Kunden skickar via mail en excelfil till företaget som innehåller en prognos med en tidshorisont på 36 månader. Varje månad får företaget en ny uppdaterad 36 månaders prognos. Enligt företagets key account manager är prognosen endast relativt säker upp till tre månader innan order, eftersom kunden ibland ändrar vilken variant av produkten som den har behov av.

Företaget får veckovis skarpa beställningsorder från kunden där orderstorleken alltid är 30 stycken per order. Leverans till kund ska sedan ske sju veckor senare och produkterna levereras alltid från företaget på tisdagar och fredagar.

Information mellan företaget och leverantör
Företaget skickar i nuläget via mail en tolvmånadersprognos på materialbehov till sina leverantörer två gånger per år. Detta sker för materialet till komponent 2 och komponent 3, medan det för komponent 1 inte skickas någon prognos utan där skickas en skarp beställningsorder direkt till leverantören vid behov.

Som hjälp för att bestämma kvantitet vid beställning av material använder sig företaget av en materialbehovsberäkning i deras affärssystem Monitor. Men vid faktisk order till leverantör går de på känsla vad gäller kvantiteten enligt en av företagets inköpare.

Behovet av material genereras då marknadsavdelningen bekräftar en skarp kundorder och produktionsplaneringen skapar en tillverkningsorder.

Leverans av råmaterial till företaget sker främst på torsdagar då de har upphandlat med leverantören om fraktfria leveranser på just torsdagar.

Information inom företaget
När en beställningsorder från kund registreras i företagets affärssystem Monitor genereras tillverkningsorder för samtliga ingående komponenter. Systemet planerar automatiskt i vilken ordning tillverkningen ska ske genom att varje operation får ett startdatum. Operatörerna får därmed information om vad som ska tillverkas och i vilken ordning via Monitor, där respektive maskin- /produktionsgrupp har sin egen körplanering. Detta upplägg medför att varje process är sin egen planeringspunkt och att initiering av tillverkningen sker via företagets affärssystem. Att företaget har detta upplägg visar enligt Petersson et al (2015), på att de i dagsläget har ett tryckande system i produktionen vilket även värdeflödesanalysen visar på då mycket material ligger i lager och PIA. Då företaget inte har ett effektivt flöde krävs ändå extra handpåläggning vid planering av tillverkningen för att komponenter ska tillverkas i rätt tid.

4.5.4 Processdata

Varje processgrupp i värdeflödesanalysens nuvarande tillstånd, figur 4.5, innehåller en sammanslagning av ett antal processer. Data för dessa processer varierar med avseende på processtyp, antal operatörer, cykeltid (CT), antal maskiner, ställtid (ST) och antal skift. I figur 4.7. redovisas en sammanställning av processdata för samtliga av de tre komponenterna i det nuvarande tillståndet, fördelat per processgrupp. I figuren framgår även vilka processer som ingår i respektive processgrupp. Den data som samlats in och redovisas här kommer till stor del från företagets affärssystem Monitor men även från samtal med operatörer.

Processgrupp:	Process:	Operatör (skift):	Skift:	Maskinantal:	Cykeltid (min):	Ställtid (min):
Processgrupp 1	Svarv (H)	0,5	2-skift	1	14	180
	Tvätt (R)	1	Dagtid	1	1	0
	Svets (N)	2	2-skift	1	18	20
	Svarv (H)	0,5	2-skift	1	6,5	60
	Penetrant (P)	1	Dagtid	-	4	10
	Manuellt arbete (Q)	Vid behov	Dagtid	-	3	10
Processgrupp 2	Svets (N)	2	2-skift	-	35,5	20
	Penetrant (P)	1	Dagtid	-	5	10
	Svets (N)	2	2-skift	-	6,5	20
	Fräs (L)	1	2-skift	1	10	60
	Svets (N)	2	2-skift	-	65	20
	Penetrant (P)	1	Dagtid	-	8	10
Processgrupp 3	Kontroll (T)	1	Dagtid	-	1	30
	Svets (N)	3	2-skift	-	8,33	30
	Manuellt arbete (T)	1	Dagtid	-	1,5	30
	Svarv (K)	1	2-skift	1	11	30
	Svets (N)	3	2-skift	-	35,33	30
	Manuellt arbete (S)	1	2-skift	-	8	0
	Svets (N)	3	2-skift	-	20,33	30
	Manuellt arbete (S)	1	2-skift	-	8	0
	Svets (N)	3	2-skift	-	14,83	30
	Manuellt arbete (S)	1	2-skift	-	8	0
	Penetrant (P)	1	Dagtid	-	7,67	30
	Svets (N)	3	2-skift	-	2,67	30
	Slutkontroll (T)	1	2-skift	-	13	30
Processgrupp 4	Svarv (F)	0,5	2-skift		11,3	60
	Svarv (G)	0,5	2-skift	1	7,1	60
	Fräs (M)	1	2-skift	2	45	15
	Gradning (R)	3	Dagtid	-	26	0
	Tvätt (R)	1	Dagtid	1	1	0
	Svets (N)	2	2-skift	-	21	30
	Svarv (J)	Vid behov	Dagtid	1	6	10
	Svets (N)	2	2-skift	-	2	10
Processgrupp 5	Penetrant (P)	1	Dagtid	-	2	10
	Robotsvets (O)	1	2-skift	1	25	30
	Svarv (I)	1	2-skift	1	10	60
	Robotsvets (O)	1	2-skift	1	11	30
	Svarv (K)	1	2-skift	1	25	210
	Fräs (L)	1	2-skift	1	40	120
	Penetrant (P)	1	Dagtid	-	9	20

Figur 4.7. Komponenternas processdata.

4.6 Takt och beläggning

I detta avsnitt presenteras företagets tillgängliga produktionstid, efterfrågan och takt samt hur beläggningen ser ut i det nuvarande tillståndet.

4.6.1 Tillgänglig tid

Företaget använder sig av olika typer av skiftgång för operatörerna beroende på vilken process de arbetar i. För de processer med lägre beläggning används vanligen dagtid där operatörerna arbetar 06:30 - 15:45 måndag till torsdag och 06:30 - 12:45 på fredagar med 55 minuter rast per dag. I processer med högre beläggning som därmed kräver mer produktionstid använder sig företaget av tvåskift där operatörerna alternerar mellan förmiddagsskift och eftermiddagsskift på veckobasis. Förmiddagsskiftet arbetar måndag till fredag mellan 06:00 - 14:09 medan eftermiddagsskiftet arbetar 13:54 - 23:57. På tvåskiftet

har operatörerna 30 minuter rast per dag. Den nominella kapaciteten för dagtid respektive tvåskift under en vecka blir därmed 2320 minuter respektive 4587 minuter, se figur 4.8.

Skift	Dag	Nominell kapacitet per dag (min)	Nominell kapacitet per vecka (min)
Dagtid	Mån - Tors	500	2320
	Fre	320	
FM (tvåskift)	Mån - Fre	459	4587
EM (tvåskift)	Mån - Tors	573	

Figur 4.8. Nominell kapacitet per skifttyp och vecka.

Företaget räknar idag med en utnyttjandegrad på 80% för de processer som ingår i flödet. Innebörden av detta blir att den tid som finns tillgänglig för produktion är 80% av den nominella kapaciteten vilket motsvarar 1856 minuter för dagtid och 3670 minuter för tvåskift per vecka.

Då varje process har olika typer av skiftgång kombinerat med olika antal operatörer som utför arbetet så medför detta att den tillgängliga produktionstiden varierar beroende på skifttyp och antal operatörer.

4.6.2 Efterfrågan & takttid

Företaget har en jämn orderingång över året då kunden beställer två order á 30 stycken varje vecka vilket medför en efterfrågan av 60 stycken slutprodukter per vecka. Det som kan variera när kunden lägger nya order är vilken variant av de tre slutprodukterna som beställs.

Eftersom efterfrågan är jämnt fördelad över året kan takttiden enkelt beräknas genom att den tillgängliga produktionstiden divideras med takten, alltså det antal som kunden efterfrågar per tidsenhet. Detta visar med vilken frekvens företaget behöver färdigställa en produkt för att tillfredsställa kundens behov. För de processer som producerar under dagtid så blir takttiden 31 minuter medan för tvåskift så blir takttiden 61 minuter.

4.6.3 Beläggning

I de tillverkningsprocesser som ingår i produktionsavsnittet tillverkas, utöver de tre komponenter som den här studien behandlar, ytterligare ett flertal olika komponenter som behövs för att färdigställa en komplett produkt. Detta medför att varje process beläggs till en viss grad beroende på hur mycket tid varje komponent i processen kräver för att färdigställas. Den tid som beläggningen består av är varje komponents sammanlagda cykeltid och andel av ställtid. Då kunden beställer en fast kvantitet om 60 stycken produkter per vecka så beskrivs den totala beläggningen per process i det här avsnittet för den kvantiteten. Beläggningen presenteras i enheten minuter och är den tid det skulle ta att tillverka 60 stycken komponenter i en process.

Vid beräkning av beläggning har en genomsnittstid använts (se ekvation 4.1) då de produktvarianter som finns tar olika lång tid att tillverka, samtidigt som kunden beställer

dessa olika frekvent. Variant 1 står för 75 procent och tar kortast tid att tillverka medan variant 2 står för 25 procent och tar längst tid. Den tredje varianten bortses ifrån då den är snarlik variant 1 och det tillverkas endast ett fåtal per år.

$$Genomsnittlig\ beläggning\ per\ process\ = \frac{(Tid\ för\ variant\ 1 \times 3) + (Tid\ för\ variant\ 2)}{4}$$

[Ekvation 4.1]

För att kunna beräkna den tid som varje process beläggs med har hänsyn tagits till samtliga komponenter som belägger processen. Cykeltiden för respektive komponenttyp har multiplicerats med det antal som krävs för att tillverka 60st produkter vilket är den kvantitet som levereras till kund varje vecka. Därefter summeras tiden för att få den totala cykeltiden. Vidare har även ställtiden summerats för varje tillverkningsbatch och multiplicerats med två då varje batch består av den kvantitet som krävs för 30st produkter vilket medför två ställ per komponenttyp och vecka. Hänsyn har även tagits till det antal maskiner och operatörer som arbetar i respektive process. Beräkningsgången exemplifieras för processen robotsvets (O) i figur 4.9. Fullständig komponentdata gällande ST och CT i de processer som komponent 1, 2 och 3 passerar, redovisas i bilaga 12.

Indata robotsvets (O)

Variant	Komponent	ST	CT	Behov per vecka (st)	60
Variant 1	Komponent 22	30	25	Batchstorlek (st)	30
	Komponent 24	30	11	Antal komponenter till 60 produkter (st)	60
Variant 2	Komponent 3B	30	25	Antal maskiner (st)	1
	Komponent 3C	30	11	Antal operatörer per skift (st)	1

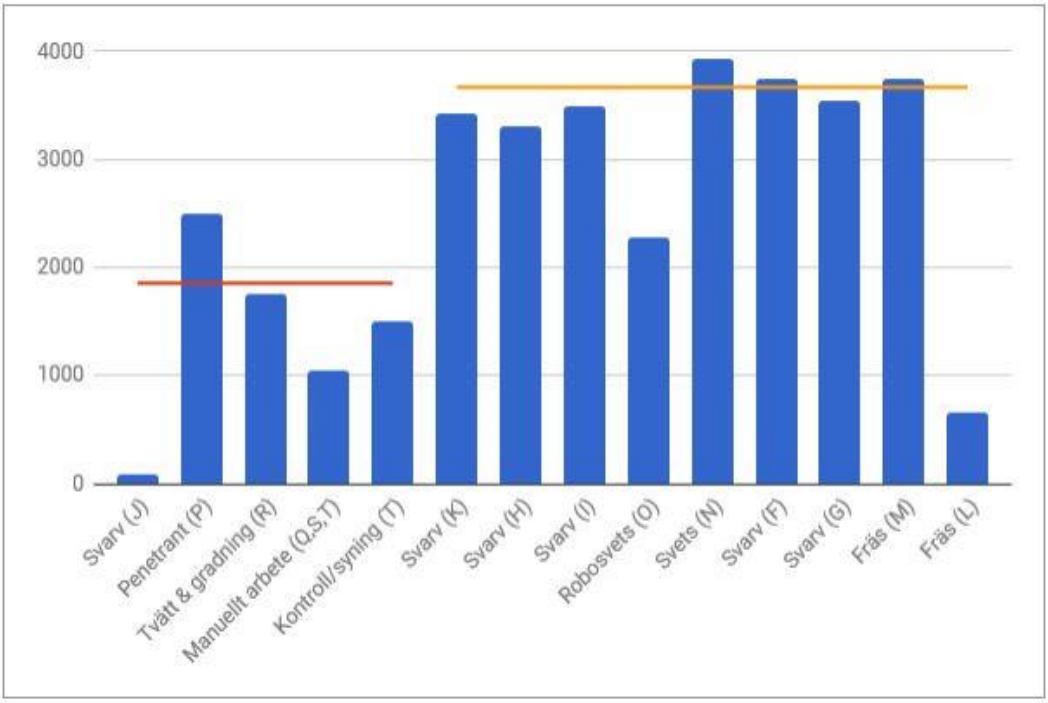
$$\text{Beläggning pga variant 1} = \frac{\sum(\text{CT * Antal till 60 produkter}) + \sum(\text{ST}) \text{ * (Behov per vecka / batchstorlek)}}{\text{Antal maskiner * Antal operatörer per skift}} = 2280 \text{ min}$$

$$\text{Beläggning pga variant 2} = \frac{\sum(\text{CT * Antal till 60 produkter}) + \sum(\text{ST}) \text{ * (Behov per vecka / batchstorlek)}}{\text{Antal maskiner * Antal operatörer per skift}} = 2280 \text{ min}$$

Figur 4.9. Beräkning av beläggning i process robotsvets (O).

Den genomsnittliga beläggningen per process med hänsyn tagen till antal maskiner och antal operatörer presenteras i figur 4.10 och de processer som ingår är endast de som komponent 1, 2 och 3 passerar under tillverkning. De två horisontella strecken representerar den tillgängliga nettokapaciteten under en vecka, där den övre gula linjen motsvarar kapaciteten för ett tvåskift och den nedre röda motsvarar kapaciteten för dagtid.

Som framgår av figuren så är den genomsnittliga beläggningen i de olika processerna väldigt varierande. Med ett spann från 95 minuter i Svarv (J) till 3931 minuter i Svetsprocessen (N). Penetrant (P) är den process som har högst beläggning i förhållande till tillgänglighet och klarar inte den tid som finns tillgänglig på skiftet.



Figur 4.10. Genomsnittlig beläggning per process under en vecka.

4.7 Spårbarhet

Företaget har ett krav från kunden att kunna uppvisa spårbarhet 15 år tillbaka i tiden. Tillvägagångssättet vid arbetet med spårbarheten är sådant att råmaterialet kommer in och stämplas med ett intygsnummer. Detta nummer bygger på olika certifikat för materialet som bland annat visar hur det har tillverkats. Intygsnumret scannas därefter in i ett dokument i datorn så att alla i företaget har tillgång till detta nummer. Numret kopplas därefter till de ordernummer för de olika “30-batcherna” som materialet ingår i. När sedan ett ordernummer söks på i dator erhålls alla intygsnummer och materialet som ingår i de färdiga produkterna kan spåras.

Vid leverans till kund skickas en digital fil på cirka 300 sidor med dokument om spårbarheten. Dokumentationen består av olika typer av mätprotokoll för produkten, protokoll från penetranten, protokoll från det externa företaget samt materialcertifikat. Filerna med intygen plockas manuellt ihop till dokumentationen, det sköts alltså inte automatiskt i datorn. Batcherna som tillverkas om 30 stycken produkter kan innehålla material från olika tillfällen, dock tillkommer mer dokumentation då detta görs.

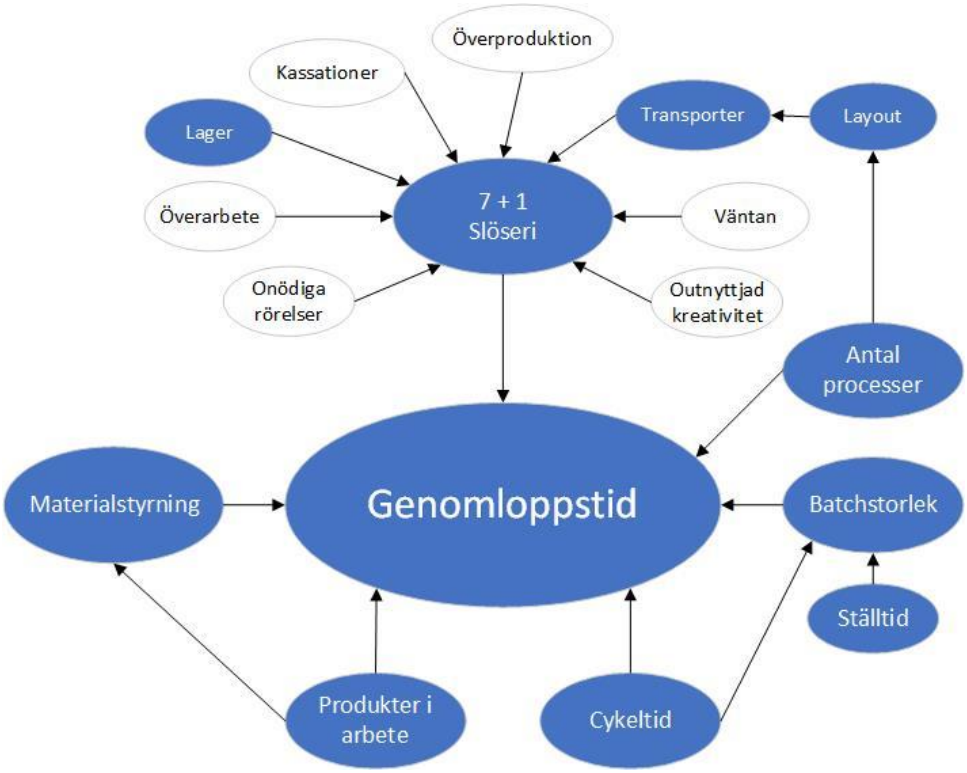
Hos företaget arkiveras dokument såsom exempelvis signerade operationsberedningar i 15 år och tas fram vid behov eller förfrågning från kund.

5. ANALYS

I detta kapitel analyseras och beskrivs de faktorer som påverkar genomloppstiden och transportsträckan. Förslag till förbättring presenteras även för respektive faktor för att möjliggöra reduktion av genomloppstid och transportsträcka vilket är studiens syfte.

5.1 Genomloppstid

Med hjälp av teori och data från det nuvarande tillståndet har ett antal faktorer identifierats som påverkar genomloppstiden och möjligheten att reducera den. Med genomloppstid menas den tid det tar för en komponent att passera genom produktionsavsnittet (Oskarsson et al., 2003). De huvudsakliga faktorerna är företagets materialstyrning, deras val av batchstorlek, deras nivåer av lager och produkter i arbete samt hur transporterna av material sker i fabriken. De faktorer som vi anser påverkbara i denna studie och deras problematik kommer beskrivas i kommande avsnitt tillsammans med förbättringsförslag. För påverkningsbara faktorer se markerade områden i figur 5.1. I de förslag som presenteras kommer inte alla aspekter tas upp utan vissa delar kommer behöva vidare utredning innan eventuell implementering.



Figur 5.1. Reviderad analysmodell.

5.1.1 Materialstyrning

Processerna i det berörda produktionsavsnittet får i dagsläget information om vad som ska tillverkas via företagets affärssystem Monitor. Då en kundorder registreras i systemet så skapas en tillverkningsorder för samtliga ingående komponenter. De processer som komponenterna passerar har en egen körplan. Detta innebär att varje process blir en planeringspunkt som själv initierar tillverkning av de order som finns tillgängliga i systemet oberoende av det faktiska behovet. Detta är enligt, Petersson et al (2015) och Mattsson & Jonsson (2016) definitionen av att ett tryckande system används då tillverkning just initieras av den tillverkande enheten och där varje enhet är en egen planeringspunkt.

Problematiken med det tryckande systemet är att det medför höga nivåer av produkter i arbete då material trycks fram till nästa process. Företaget har idag ett högt PIA vilket framgår av värdeflödesanalysens nuvarande tillstånd, se figur 4.5, som till exempel visar att PIA för komponent 2 är 375 stycken vilket motsvarar 6,25 veckor i genomloppstid. Enligt Little´s lag (se ekvation 3.1) skulle en reduktion av företagets produkter i arbete skulle få en positiv effekt på genomloppstiden.

Förbättringsförslag materialstyrning

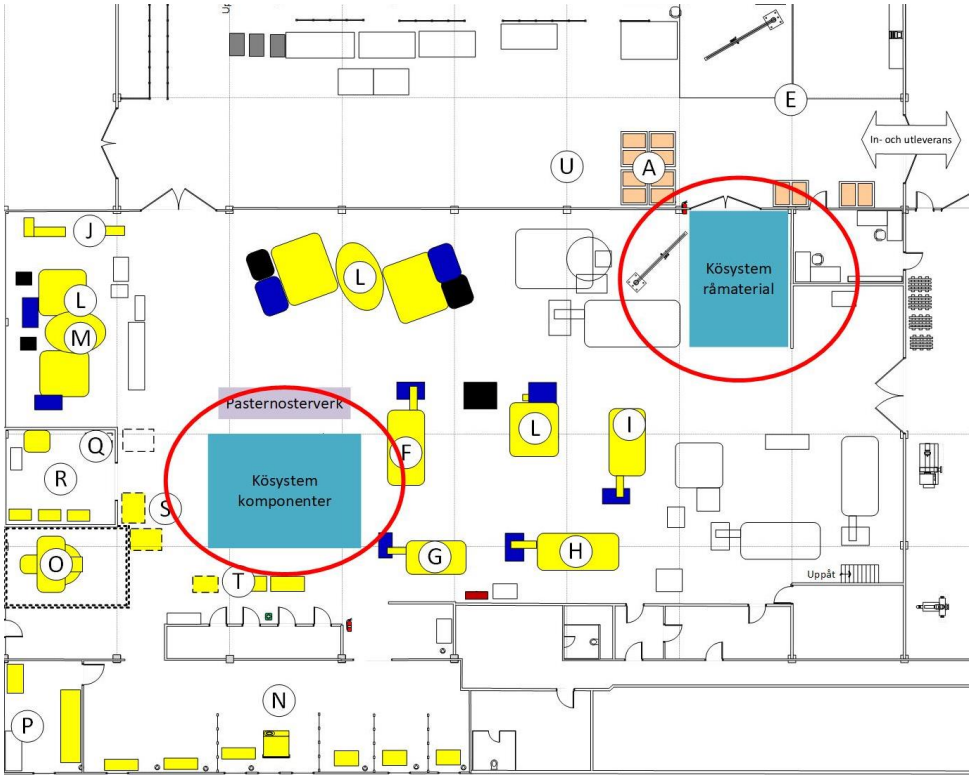
Rekommendationen är att företaget övergår till ett dragande system där initiering av tillverkningen i hela flödet styrs från en planeringspunkt. Genom att endast styra tillverkningen från en punkt kommer samtliga processer i flödet att begränsas till att enbart tillverka det som finns ett behov av. Samtidigt kommer tidsåtgången för planering av processerna underlättas då antalet planeringspunkter reduceras kraftigt. Något som idag är mycket tidskrävande enligt företagets produktionsplanerare.

Förslaget med införandet av ett dragande system bygger här på ett kösystem med två stycken köområden, se markeringar i figur 5.2. Det ena är till för råmaterial och det andra är till för kittade komponenter. Varje process erhåller en processkö där material i rätt kvantitet och korrekt tillverkningsordning placeras. Operatörerna får därmed information om vad som ska tillverkas. Då en batch har färdigställts placeras den i kön för efterkommande process. Detta upprepas tills dess att färdiga produkter kan lagerläggas för leverans.

Som signal för initiering av tillverkningflödet används leverans av produkter till kund, när detta sker placerar logistikavdelningens personal nytt material i kösystemet på råmaterial vilket ger operatörerna information om att starta tillverkning.

För att principen med dragande system ska fungera tillfredställande finns det enligt Sörqvist (2013) ett antal förutsättningar som bör vara uppfyllda och dessa är att partistorleken ska vara liten, ställtiderna hos processerna i flödet bör vara korta och produktionsupplägget produktorienterat. Dessa kriterier kommer behandlas separat under egna avsnitt.

Vid utformning av förslaget till det dragande systemet har på grund av tidsbrist inte hänsyn tagits till om någon speciell ordning krävs vid tillverkning av komponenter. Hänsyn har inte heller tagits till hur lastbärarna bör utformas för att fungera så effektivt som möjligt. Innan förslaget implementeras bör vidare studier genomföras för att säkerställa huruvida någon specifik tillverkningsordning av komponenter krävs samt hur lastbärare bör utformas.



Figur 5.2. Produktionsavsnittets layout efter förbättringsförslag vid dragande system. Markerade områden visar två olika kösystem, ett för råmaterialet och ett för komponenterna mellan processerna.

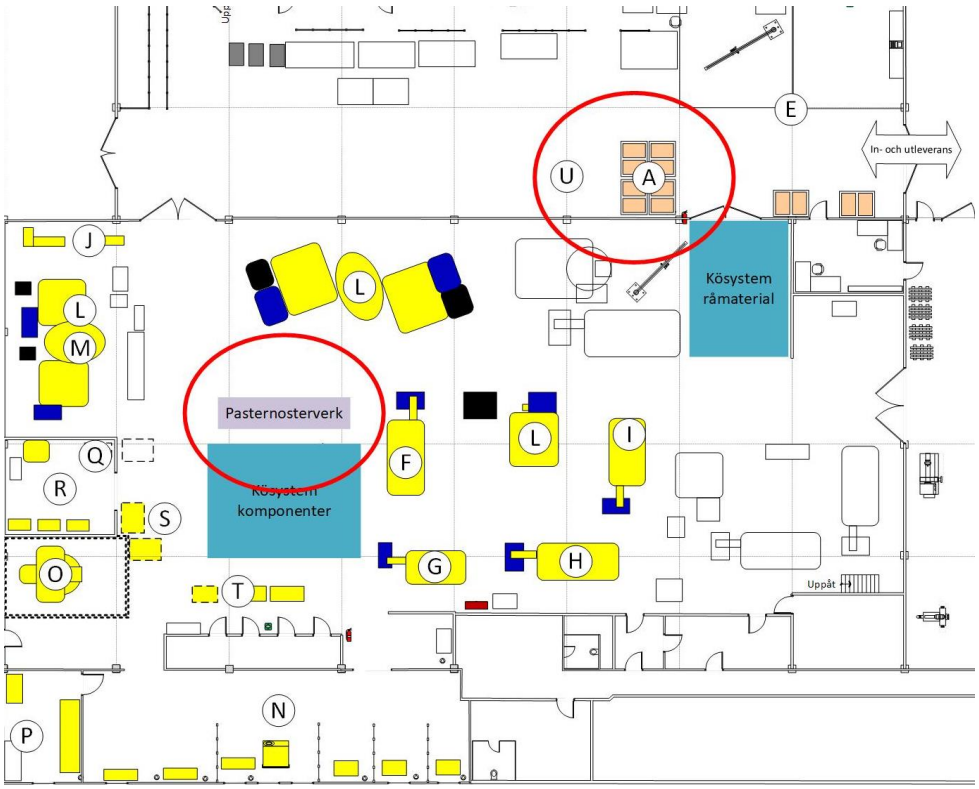
5.1.2 Lager

Det material som levereras till företaget lagerläggs i deras råmateriallager (ställage A) eller komponentlager (ställage C) i väntan på att ett behov uppkommer. För komponent 2 är råmateriallagret enligt den genomförda värdeflödesanalysen 297 stycken vilket motsvarar en genomloppstid på cirka 5 veckor. Lager är ett av de sju plus en slöserierna som på grund av höga nivåer medför en särskild problematik då det döljer problem i tillverkningen i form av exempelvis felaktiga processer (Petersson et al., 2016). Samtidigt som lager likt PIA påverkar genomloppstiden negativt då det tar längre tid för en komponent att passera hela flödet. Att ha stora lager tar ofta mycket plats i anspråk där värdeskapande verksamhet skulle kunna bedrivas. Produktionsavsnittets pallställ är placerade utanför själva produktionsavsnittet vilket gör att kittning inför tillverkning sker skilt från övrig produktion. Detta medför att personal får gå och fråga efter material vid tillfällen då kittning inte hunnit genomföras eller material saknas.

Förbättringsförslag lager

Rekommendationen är att företaget reducerar råmateriallagret genom att effektivisera sin materialstyrning när det kommer till inköp. Eftersom studien fokuserar på hur materialet rör sig inom fabriken bör ytterligare studier genomföras för att hitta ett mer optimalt sätt att reducera råmateriallagret. Den del av ställage (A) som används av produktionsavsnittet bör efter minskning av lagernivåerna flyttas till kösystemet för råmaterial (A), se figur 5.3.

Företaget föreslås även införskaffa ett paternosterverk för lagring av komponenter till kittning inför tillverkning. Placeringen av detta bör ligga i anslutning till kösystemet (se figur 5.2.) för komponenter (D) för att på så sätt få ett effektivare flöde där komponenterna inte behöver lämna produktionsavsnittet för hantering. Dessutom bör ett område för färdiga produkter beredas vilket föreslås vara beläget vid U i figur 5.3.



Figur 5.3. Produktionsavsnittets layout efter förbättringsförslag för lager. Markerade områden visar råmateriallager (A), paternosterverk och färdigvarulager (U).

5.1.3 Batchstorlek

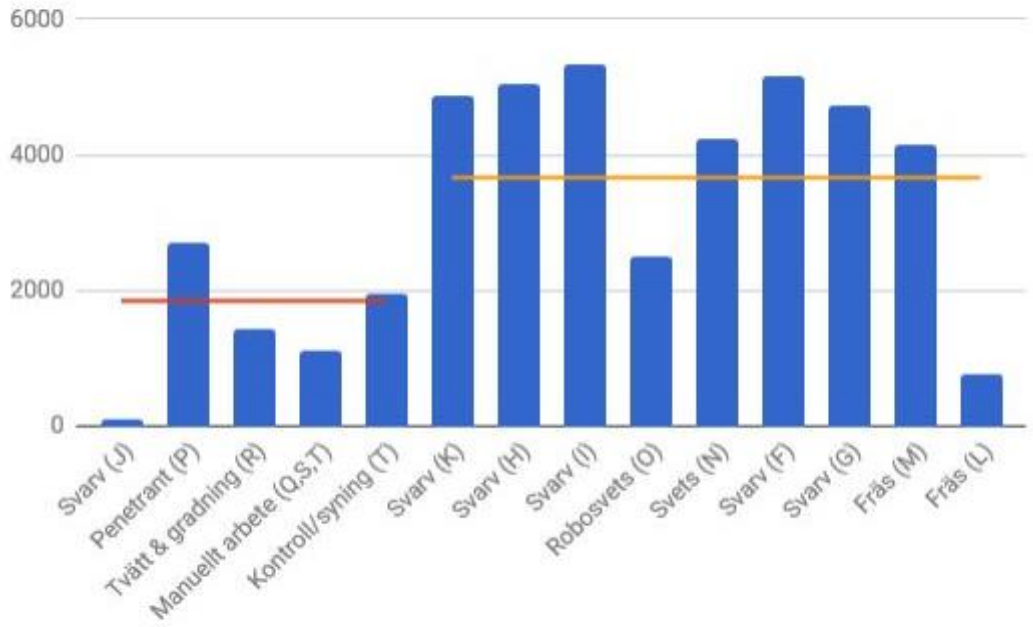
Företaget använder sig idag av en standardstorlek på sina tillverkningsbatcher där antalet är anpassat efter den kvantitet som krävs för 30 stycken produkter. Anledningen är att detta antal korrelerar med det antal som kunden beställer i varje order. Problemet vid användning av större batchstorlekar är att det påverkar genomloppstiden negativt eftersom det krävs att hela batchen färdigställs innan komponenterna kan gå vidare i flödet. Detta medför att för en batch innehållande 30 stycken blir väntetiden 29 gånger längre innan nästa process kan påbörjas, vilket kan jämföras med enstyckstillverkning där komponenten kan gå direkt till nästa process. Beroende av cykeltid och ställtid varierar den totala tiden det tar för en batch att färdigställas.

Förbättringsförslag batchstorlek

För att snabba upp flödet och möjliggöra ett effektivare dragande system rekommenderas att företaget reducerar den nuvarande standardstorleken på tillverkningsbatcherna. För att ta reda på vilken batchstorlek som fungerar bäst och är praktiskt möjlig att använda bör vidare

studier genomföras då detta ej tagits hänsyn till vid utformning av förbättringsförslaget. Vid beskrivning av förslaget kommer därför en kvantitet om tio stycken per batch att användas för att exemplifiera vad som krävs för att en mindre batchstorlek ska vara möjlig.

Om företaget idag skulle reducera batchstorleken till tio stycken utan att genomföra några ytterligare förändringar skulle den genomsnittliga beläggningen per veckan komma att öka till följd av att de enskilda processernas sammanlagda ställtider skulle bli tre gånger längre. Detta skulle resultera i en genomsnittlig beläggning enligt figur 5.4. Ökningen skulle medföra att den nominella kapaciteten inte räcker till. Som figur 5.4 tydligt visar är det främst beläggningen i produktionsavsnittets svarvar som överstiger den nominella kapaciteten vid batchstorlekar om tio stycken men även svets och penetrant.



Figur 5.4. Genomsnittlig beläggning med batchstorlek 10 st.

För att minska batchstorlek utan att öka beläggningen så föreslås att företaget på ett systematiskt och strukturerat sätt påbörjar ett arbete med att reducera ställtider, som stöd kan metoden SMED användas. Genom att reducera ställtiden kan beläggningsgraden bibehållas då en reducering till en tredjedel möjliggör en minskning av batchstorleken med det samma. För företaget skulle det betyda att de går från 30 stycken till tio stycken per batch utan påverkan på beläggningen, se figur 4.10.

5.2 Transportsträcka

Ett tidskrävande moment för operatörerna samt för personalen på logistikavdelningen är förflyttning av råmaterial eller komponenter och lagerhantering av dessa. Råmaterial och komponenter rör sig mellan olika avdelningar under tillverkningen och transporteras in till logistikavdelningen för att lagerläggas mellan de olika operationerna. Totalsträcka som de studerade komponenterna rör sig är för komponent 1 en sträcka av 435 meter, för

komponent 2 en sträcka av 1 464 meter och för komponent 3 en sträcka av 1 363 meter. Totalt under tillverkningen rör de sig tillsammans en sträcka av 3 262 meter.

5.2.1 Layout

De tre produktionsavsnitten i verksamheten är uppdelade i olika hallar för deras respektive tillverkning. Produktionsavsnittet som fokuseras på i denna studie har i dagsläget inte all produktion inom det egna produktionsavsnittet. Svarv K och fräs L är belägna i en annan hall, se figur 4.2. I figuren benämns även lagringsplatsen torget (D). Respektive transportsträcka från torget (D) till svarv K motsvarar 59 meter och till fräs L motsvarar 85 meter. Ytterligare process som är belägen utanför produktionsavsnittet är måleriet Q. Denna process är placerad på andra våningen och har en sträcka till torget (D) som motsvarar cirka 80 meter. Då den är placerad på andra våningen krävs att en hiss används, vilket är en tidskrävande.

På grund av att processerna är belägna i andra produktionsavsnitt medför detta onödiga transporter av material och komponenter som då flyttas mellan dessa. Vilket enligt Pettersson et al (2015) är ett slöseri. Ytterligare problem av detta är att det ger en sämre överblick över produktionen. Enligt Petersson et al (2015) försämras produktionens visualitet då all tillverkning inte sker inom samma område. Detta kan till exempel leda till att material eller komponenter tappas bort i produktionen.

Förbättringsförslag transportsträcka
Företaget rekommenderas att utesluta eller flytta på de processer som befinner sig utanför det studerade produktionsavsnittet. Detta för att reducera transportsträcka av material och komponenter. Det skapar även en bättre överblick av produktionen i produktionsavsnittet då alla processer är samlade till ett område.

En process och maskin som i princip kan uteslutas är korrigeringen av längden på produkten. Processen utförs i slutskedet av tillverkningsprocessen i svarv K. Det är den enda process som sker i svarv K. Genom att stabilisera rundsvetsens process kan kontrollen istället ske här eller om processen blir tillräckligt stabil så kan kontrollen helt uteslutas. Stabila processer är önskvärt enligt en av huvudprinciperna i lean, Jidoka (Petersson et al. (2015). Jidoka innebär bland annat att bygga in kvalitet i produkten. Man bör sträva efter att göra rätt från början och inte låta fel gå vidare i tillverkningsprocessen. Detta kan göras genom kvalitetssäkrade processer.

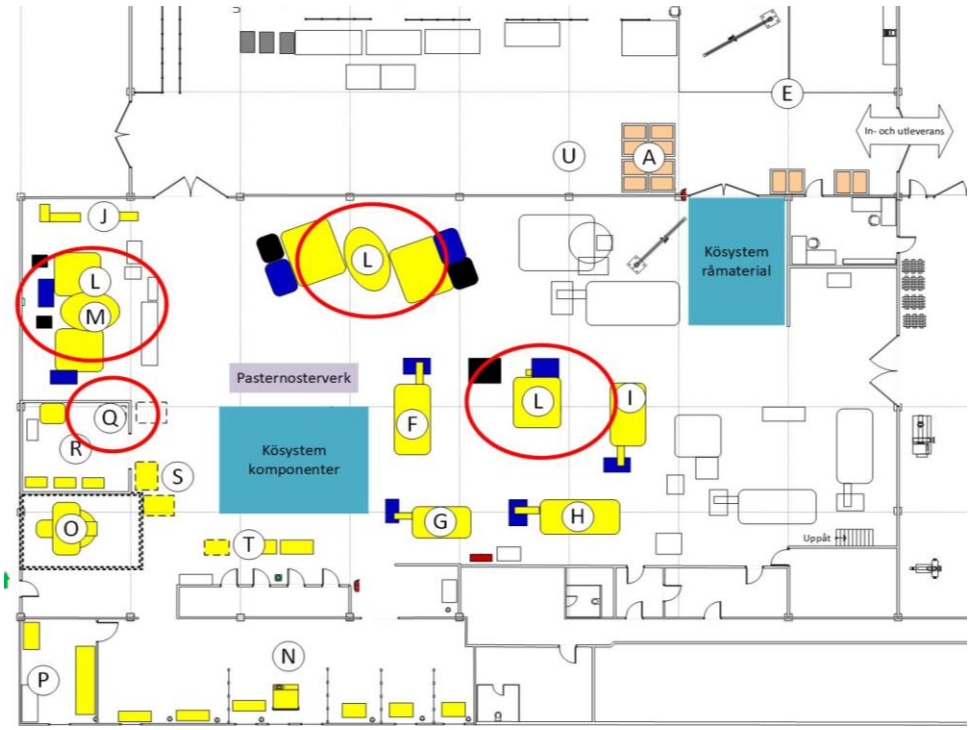
Ytterligare en maskin som kan exkluderas är fräs L. Då det finns två fräsar förutom fräs K och fräs M, finns möjligheten att belägga dessa mer och utesluta fräs L från tillverkningsprocessen. För att beläggningen ska vara möjlig krävs att de kvarvarande fräsarna körs obemannade under nätter eller helger. De operationer som är mest tidskrävande är de som bör prioriteras under denna tid. För att bearbetningen ska vara möjlig bör någon typ av jourhavande operatörer införas. Hur beläggningen av fräs L ska fördelas på fräsarna i produktionsavsnittet har inte tagits hänsyn till på grund av tidsbrist. En noggrannare studie om detta rekommenderas att utföras.

Måleriet som befinner sig på andra våningen rekommenderas att flyttas ner och placeras inne i produktionsavsnittet. Lämplig placering är i avdelningen för gradning och tvätt. Under

studiens gång har företaget valt att placera måleriet på ovan nämnda ställe vilket medför att denna del av lösningsförslaget redan implementerats.

Ovan nämnda layoutförändringar skulle reducera transportsträckan för komponent 1 med 156 meter, för komponent 2 med 524 meter och för komponent 3 med 337 meter. Total reduceringen av transportsträckan blir 1017 meter, av den från början totala sträckan på 3 262 meter. Den nya totala transportsträckan för de tre komponenterna blir 2 245 meter.

Efter genomförda förbättringsförslag för att reducera transportsträckan under tillverkningsprocessen ändras layouten för produktionsavsnittet, se markeringar i figur 5.5. Fräsarna L representerar möjliga fräsar att belägga inom produktionsavsnittet, var av två fräsar tidigare inte har inkluderats i studien.



Figur 5.5. Produktionsavsnittets layout efter förbättringsförslag för reducerad transportsträcka. Markerade områden visar möjlig beläggning av fräs L och ny placering av måleriet (Q).

6. SLUTSATS OCH DISKUSSION

I detta kapitel ges en sammanfattande bild av hur syfte uppfyllts och hur de formulerade frågeställningarna besvarats. Verksamhetens problemområden summeras och rekommendationerna punktas upp. Som avslutning diskuteras även de resultat som presenterats.

6.1 Slutsatser

Syftet med studien var att presentera förslag till hur företaget kan effektivisera flödet av material och komponenter genom fabriken med avseende på transportsträcka och genomloppstid. För att precisera syftet har följande frågeställningar formulerats:

- Hur ser materialflödet ut idag?
- Vilka beståndsdelar består genomloppstiden av för de studerade komponenterna?
- Hur kan de olika beståndsdelarna i genomloppstiden reduceras?

En beskrivning av det nuvarande tillståndet har tagits fram för att ge förståelse för hur material och information rör sig genom företaget i dagsläget. Utgångspunkten har vid utformning av beskrivningen varit tre komponenter som är representativa för övriga ingående komponenter. Mycket tid har lagts på genomförandet av en värdeflödesanalys, spagettidiagram, inhämtande av data och intervjuer. Resultatet har genererat en tydlig bild av materialflödets nuläge i produktionsavsnittet.

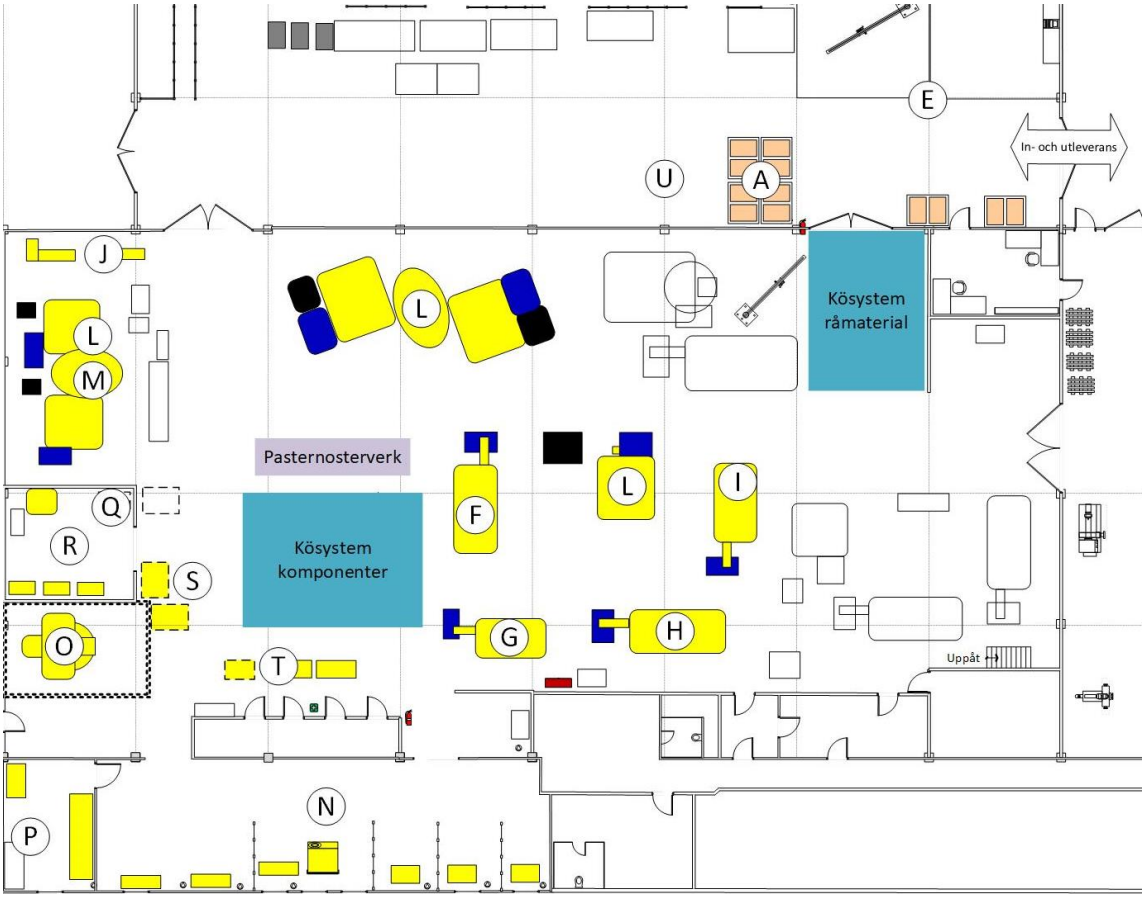
Med hjälp av den framtagna nulägesbeskrivningen och teori har de olika beståndsdelarna för genomloppstiden identifierats, vilka sammanfattas i en analysmodell, se figur 5.1. Där fokus i denna studie har legat på materialstyrning, batchstorlek, lager och transporter.

Genom analys av ovan nämnda faktorer har följande brister identifierats: flera olika planeringspunkter används för styrning av produktionsavsnittets processer och att tillverkning sker oberoende av nästkommande process. Vilket i sin tur resulterar i ett tryckande system med höga nivåer av PIA. Företaget har även ett stort råmateriallager som påverkar genomloppstiden negativt. Genomloppstiden ökar även på grund av batchstorleken. En ytterligare brist som har identifierats är att vissa processer som används av produktionsavsnittet är utspridda i verksamheten. Detta ökar transportsträckan för komponenterna. För att reducera ledtiden och transportsträckan för komponenterna har följande rekommendationer givits:

- Inför ett dragande system med endast en planeringspunkt där ett kösystem används.
- Minska nivåerna i råmateriallagret.
- Reducera batchstorlekarna med hjälp av metoden SMED.
- Uteslut svarv K från produktionen och använd rundsvetsen för kontroll av längd.
- Uteslut fräs L från produktionen och för över dess beläggning till fräsar inom produktionsavsnittet.
- Flytta ner måleriet till produktionsavsnittet.

Vid genomförande av förbättringsförslagen för reducering av transportsträckan (de tre nedersta punkterna), beräknas sträckan som de tre studerade komponenterna transporteras reduceras med cirka 30 procent.

Efter genomförande av föreslagna förbättringsförslag sker förändringar av layouten i produktionsavsnittet, se figur 6.1.



Figur 6.1. Produktionsavsnittets layout efter genomförande av samtliga förbättringsförslag.

6.2 Diskussion

Det koncept med rekommendationer som föreslås för bristerna i verksamhetens materialflöde anses vara genomförbara och vara väl grundade i företagets problembild. För att konceptet ska bli lyckat krävs vidare studier för att det ska anpassas efter detaljer inom verksamheten. En av grundpelarna i konceptet är införandet av ett dragande system istället för det tidigare tryckande systemet. Detta anses vara genomförbart men kommer att kräva utbildning samt att tidigare vanor bryts hos de anställda. Ledningen bör sträva efter att personalen arbetar med att se helheten av verksamheten för att en större förståelse av systemet ska fås.

De mindre komplexa rekommendationerna som layoutförändringar för att reducera transportsträckan anses vara enklare att genomföra. Däremot bör planering och vidare studier utföras innan de rekommenderade förslagen tas i bruk.

Det studerade materialflödet är komplex och på grund av tidsbrist har inte alla detaljer för faktorer för flödet varit möjliga att studera. En större tidsram hade möjliggjort en djupare analys. Även data baserad på egna mätningar istället för sekundärdata från företagets affärssystem hade möjliggjort mer korrekta beräkningar. Detta i sin tur hade givit en mer korrekt nulägesanalys vilken rekommendationerna är grundade i.

6.3 Rekommendationer till fortsatt arbete

Efter genomförd studie finns möjlighet att utveckla förbättringsförslagen mer genom ett fortsatt arbete. Ytterligare anpassning av lösningsförslagen för verksamheten kan utvecklas då studien mer har tagit fram en konceptuell lösning. Vid införande av en styrpunkt och ett kösystem för råmaterialet att gå in i produktionen bör vidare arbete ske för att se vilken som är den optimala ordningen att utföra tillverkningen i. Vidare bör utformningen av lastbärarna ses över för att de ska fungera väl i produktionen. Efter genomförandet av värdeflödesanalysen för nuvarande tillstånd upptäcktes att produktionsavsnittet har ett högt PIA, speciellt i råmateriallagret. Vidare arbete bör ske för att reducera råmateriallagret och även PIA, vilket kan leda till att det bundna kapitalet i produktionsavsnittet minskar. Lösningsförslagen i studien tar även upp möjligheten att minska batchstorleken för att snabba upp flödet och möjliggöra ett effektivare dragande system. Vidare arbetet bör ske för att hitta den optimala batchstorleken för produktionsavsnittet. För att minska batchstorleken krävs även arbete med att minska ställtiderna i maskinerna. Till sist bör även vidare studier ske för att se över beläggningen i fräs L och fördela ut denna på övriga fräsar i produktionsavsnittet.

REFERENSER

Befring, E. (1994). *Forskningsmetodik och statistik.* Lund. Studentlitteratur AB.

Bell, J., Waters, S. (2015). *Introduktion till forskningsmetodik*. Lund. Studentlitteratur AB.

Bellgran, M., Säfsten, K. (2005). *Produktionsutveckling: Utveckling och drift av produktionssystem.* Lund. Studentlitteratur.

Bergman, B. Klefsjö, B. (2015). *Kvalitet: från behov till användning*. Lund. Studentlitteratur AB.

Bicheno, J. (2004). *The new lean toolbox: Towards fast, flexible flow.* Buckingham. PICSIE Books.

Denscombe, M. (2016). *Forskningshandboken: för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. Lund. Studentlitteratur AB

Ejvegård, R. (2009). *Vetenskaplig metod*. Lund. Studentlitteratur AB.

Henry, J, R. (2013). *Achieving Lean Changeover: Putting SMED to work.* Hämtad från: http://library.books24x7.com.proxy.lib.chalmers.se/toc.aspx?site=Y7V97&bookid=51893.

Jonsson, P. Mattsson, S, A. (2016). *Logistik: Läran om effektiva materialflöden*. Lund. Studentlitteratur AB.

Liker, K, J. (2015). *The Toyota Way: Lean för världsklass.* Stockholm. Liber AB.

Liker, K, J. Meier, D. (2015). *The Toyota way fieldbook: A practical guide for implementing Toyota's 4Ps.* New York. The McGraw Hill companies.

Lindstedt, I. (2017). Forskningens hantverk. Lund. Studentlitteratur AB.

Mattsson, S, A. (2002). *Logistik i försörjningskedjor*. Lund. Studentlitteratur.

Mattsson, S,A, Jonsson, P. (2013). *Material- och produktionsstyrning.* Lund. Studentlitteratur AB.

Modig, N. Åhlström, P. (2015). *Detta är lean: lösningen på effektivitetsparadoxen.* Stockholm. Rheologica publishing.

Olhager, J. (2013). *Produktionsekonomi: Principer och metoder för utformning, styrning och utveckling av industriell ekonomi*. Lund. Studentlitteratur AB.

Ortiz, C. (2016). The kanban playbook: A step-by-step guideline for the lean practitioner. Hämtad från: http://library.books24x7.com.proxy.lib.chalmers.se/toc.aspx?site=Y7V97&bookid=112162

Oskarsson, B., Aronsson, H., Ekdahl, B. (2003). *Modern logistik: För ökad lönsamhet.* Malmö. Liberg AB.

Pascal, D. (2007). *Lean production simplified*. New York. Productivity Press.

Petersson, P., Olsson, B., Lundström, T., Johansson, O., Broman, M., Blücher, D., Alsterman, H. (2015). *Lean: Gör avvikelser till framgång!* Bromma. Part Media.

Rother, M. Shook, J. (2004). *Lära sig se: Att kartlägga och förbättra värdeflöden för att skapa mervärden och eliminera slöseri.* Upplaga 1.2. Brookline: The lean enterprise institute.

Segerstedt, A. (2009). *Logistik med fokus på -material- och produktionsstyrning*. Malmö. Liber AB.

Shiego, S. (1984). *Den nya Japanska produktionsfilosofin*. Stockholm. MYSIGMA Education AB.

Sörqvist, L. (2013). *Lean: Processutveckling med fokus på kundvärde och effektiva flöden*. Lund. Studentlitteratur.

Intervjufrågor inköpsavdelning

Bilaga 1

1. Prognoser till leverantörer:
   1.1. Hur långt innan skickar ni dem, hur ofta och vilken är den generella kvantiteten?
   1.2. Hur säkra är era prognoser till leverantörerna?
   1.3. I vilken form skickar ni era prognoser? Till exempel mail, Edi eller annat sätt.

2. Vad har ni för beställningssystem?

3. Hur ofta får du nya tillverkningsorder från produktionen?

4. Beställningsorder till leverantörer:
   4.1. Hur långt innan blir de säkra order, hur ofta beställer ni och vilken är den generella kvantiteten för material till följande komponenter:
      4.1.1.Komponent 1
      4.1.2.Komponent 2
      4.1.3.Komponent 3

   4.2. I vilken form skickar ni era order till era leverantörer? Till exempel mail, Edi eller annat sätt.

   4.3. Hur ofta ändrar ni en säker order till era leverantörer?

5. Leveranser från leverantörer till företaget:
   5.1. Hur ofta får ni leveranser av material till följande komponenter:
      5.1.1.Komponent 1
      5.1.2.Komponent 2
      5.1.3.Komponent 3

Intervjufrågor marknadsavdelning

Bilaga 2
sid. 1 (1)

1. Prognoser från kund:
   1.1. Hur långt innan skickar kunden och hur ofta? Alltid samma batchstorlek i varje orderprognos?
   1.2. Hur säkra är prognoserna?
   1.3. I vilken form får ni prognoserna? Till exempel mail, Edi eller annat sätt.

2. Beställningsorder från kund:
   2.1. Hur långt innan blir de säkra order och hur ofta får ni en order?
   2.2. I vilken form får ni orderna? Till exempel mail, Edi eller liknande?

3. Hur ofta ändras en säker order av kunden?

4. Leveranser till kund:
   4.1. Hur ofta och på vilket sätt levererar ni de färdiga produkterna? Till exempel om ni har några bestämda dagar i veckan och transportsätt.

Intervjufrågor produktion

Bilaga 3
sid. 1 (1)

1. Hur signaleras beredningen i tillverkningen ut? Till exempel genom visuella signaler eller personer som säger till vad som ska tillverkas.

2. Är det samma i hela produktionsavsnittet?

3. Vad för system använder ni som produktionssignal? Till exempel dragande eller tryckande system?

4. Reducering av cykeltid och ställtid:
   4.1. Vilka maskiner eller operationer fokuserar ni på för att reducera cykeltider och ställtider, samt hur mycket tid avser ni att reducera?
   4.2. Hur har ni fått fram dessa tiderna?
   4.3. När planerar ni att dessa tider blir verkliga?

Intervjufrågor spårbarhet

Bilaga 4
sid. 1 (1)

1. Vad menas med spårbarhet på detta företag? Till exempel hur går ert arbete med spårbarheten till under det dagliga arbetet.

2. Var kommer kravet på spårbarhet från?

3. Vilka ISO-certifikat har ni på grund av spårbarheten?

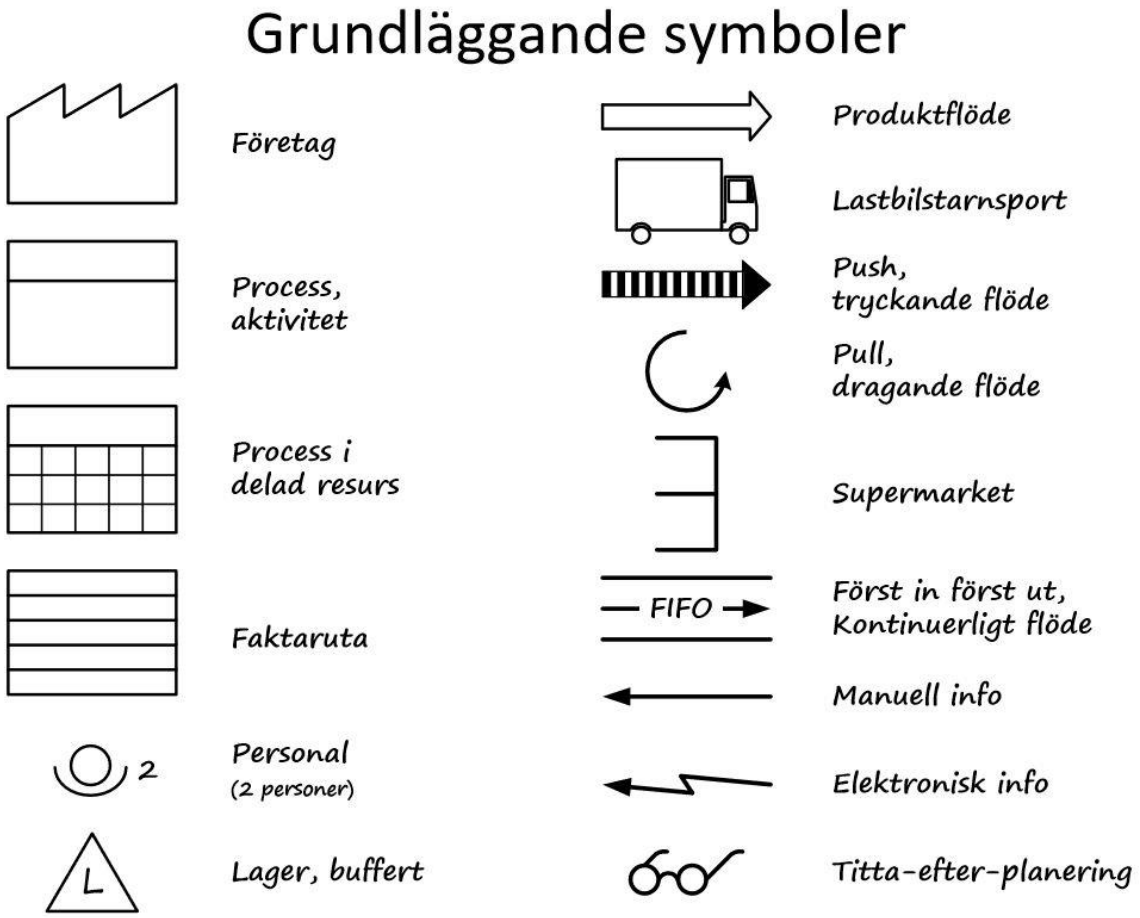
4. Hur dokumenteras och levereras spårbarheten till kunden?

5. Vilka ingående komponenter i den färdiga produkten har krav på spårbarhet?

6. Kräver kunden att samtliga komponenter i den färdiga produkten i en kundorder tillverkas från samma materialbatch? (Inköpt material från samma tillfälle)

7. Har det hänt att ni har behövt använda sårbarheten till följd av fel hos kund?

8. Hur garanterar ni att spårbarheten följs i produktionen?



Källa: (Rother & Shook, 2004).

Värdeflödesanalys, åtta frågor

Bilaga 6
sid. 1 (1)

1. Vad är det verkliga kundbehovet? Vilken takt har vi?

2. Kommer vi tillverka för direkt leverans eller till en supermarket med färdiga produkter?

3. Var kan vi ha ett kontinuerligt produktionsflöde?

4. Var måste vi ha en supermarket i det dragande systemet?

5. Från vilken punkt i kedjan kommer flödet att styras?

6. Hur ska vi jämna ut produktionsmixen i processerna?

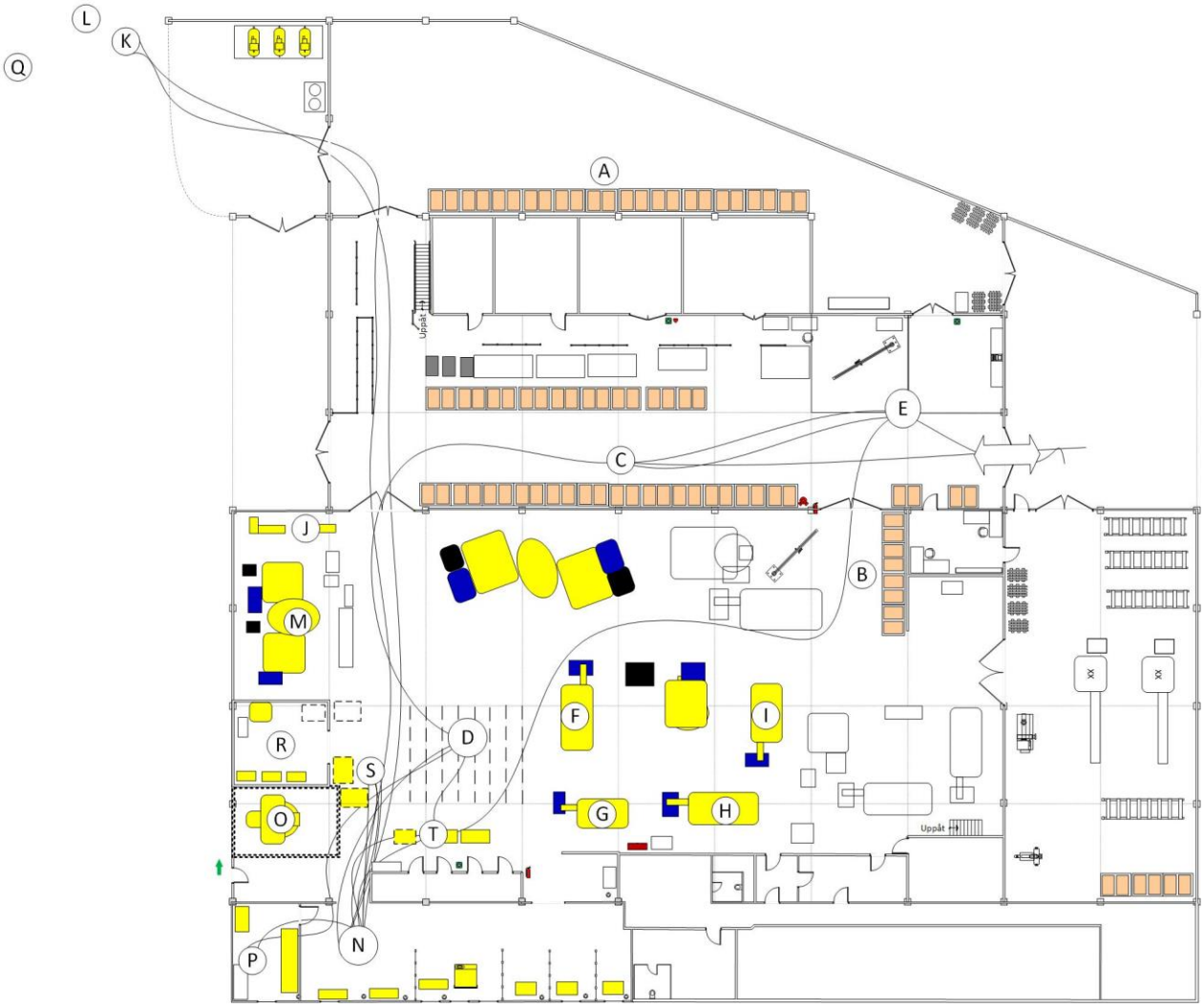
7. Hur skapar vi taktkänsla i alla processer? dvs. vilka batchstorlekar kommer vi regelbundet att ta ut?

8. Vilka processförbättringar blir nödvändiga?

Källa: (Rother & Shook, 2004).

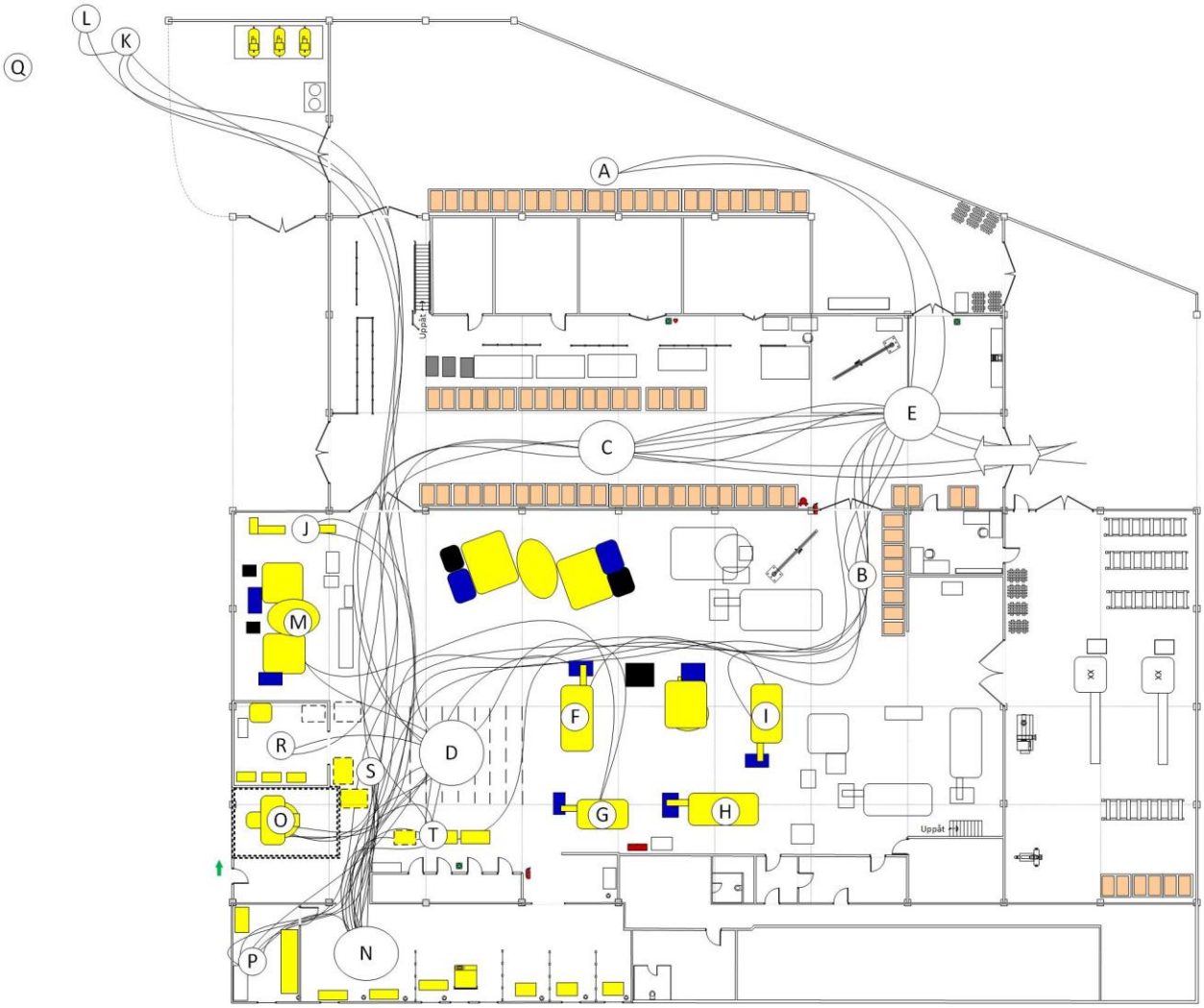
Spagettidiagram komponent 1

Bilaga 7
sid. 1 (1)



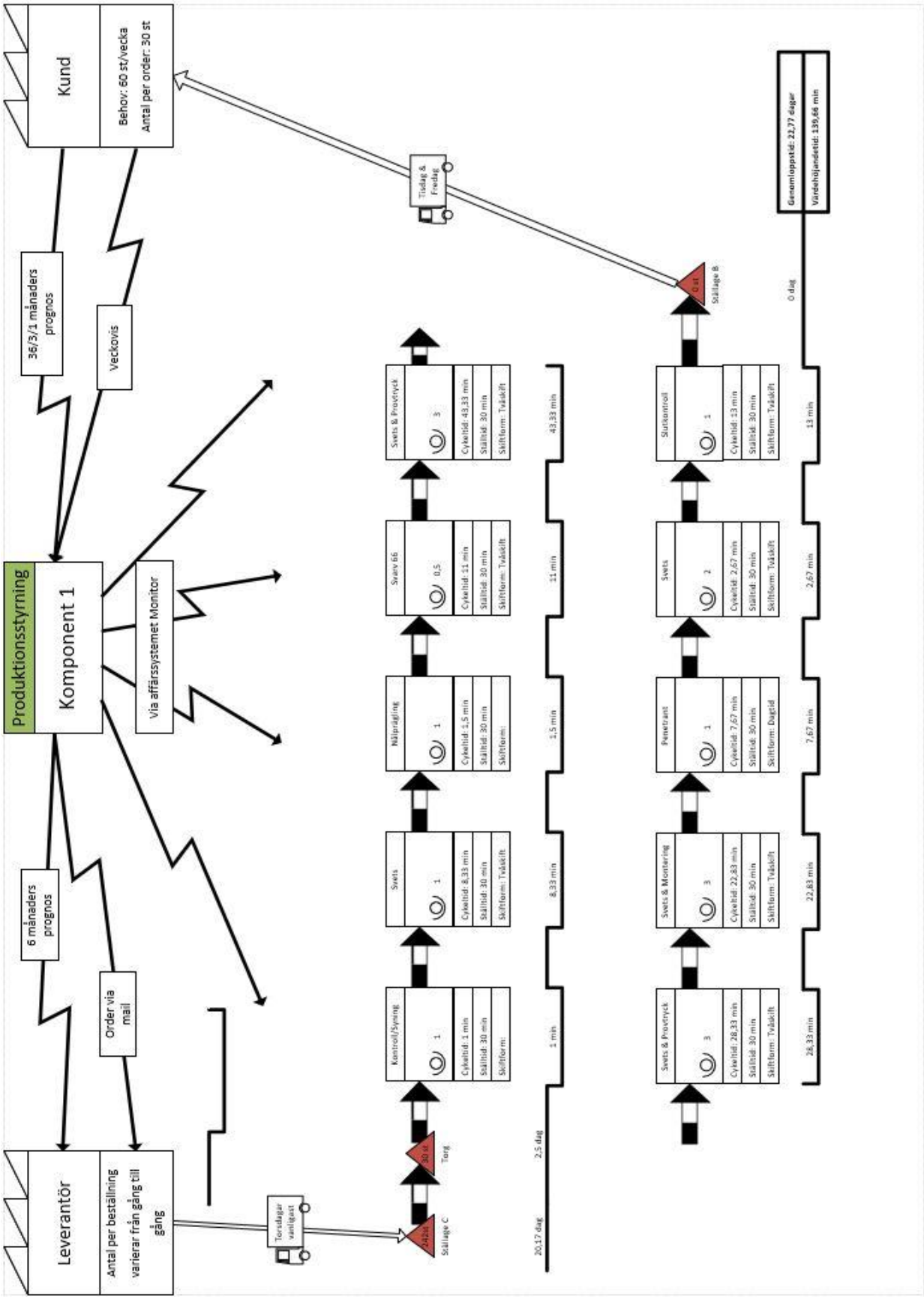
Spagettidiagram, komponent 3

Bilaga 8
sid. 1 (1)



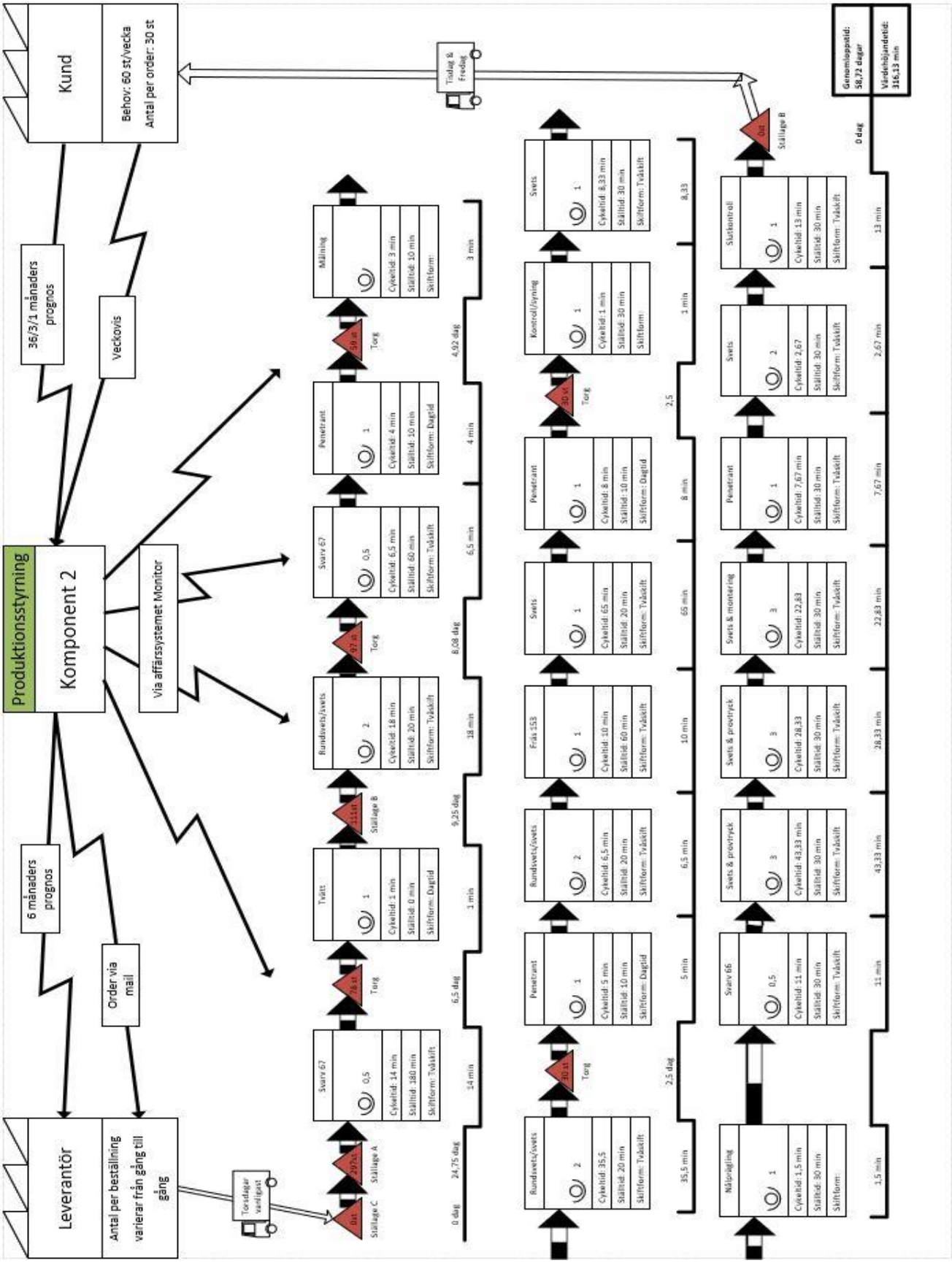
Värdeflödesanalys - nuvarande tillstånd, komponent 1

Bilaga 9
sid. 1 (1)

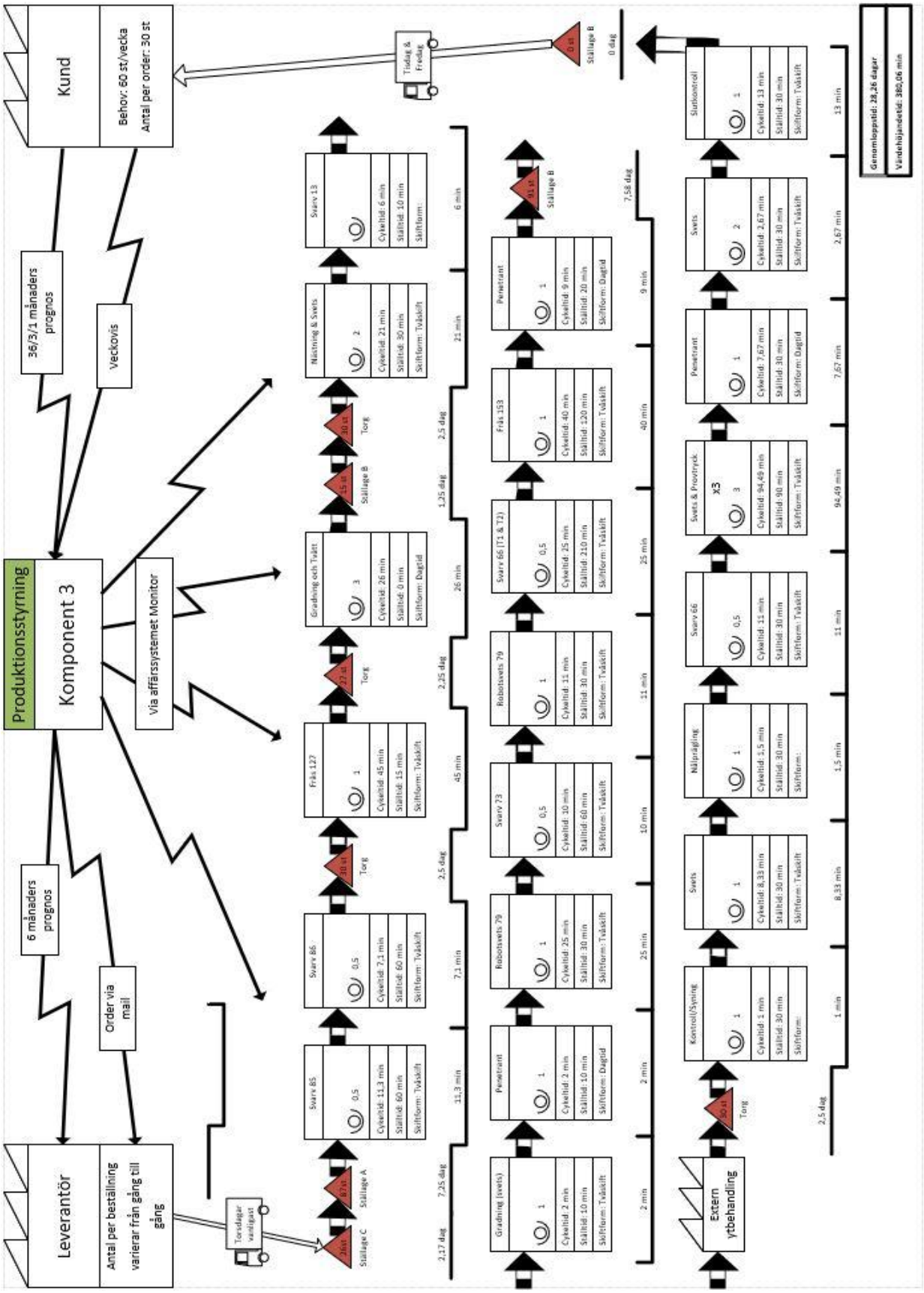


Värdeflödesanalys - nuvarande tillstånd, komponent 2 Bilaga 10

sid. 1 (1)



Värdeflödesanalys - nuvarande tillstånd, komponent 3 Bilaga 11



Komplett komponentdata

Bilaga 12
sid. 1 (1)

Process:	Tid:	Komponent:	Komponent 10	Komponent 11	Komponent 3	Komponent 12	Komponent 13	Komponent 14	Komponent 15	Komponent 16	Komponent 17	Komponent 18	Komponent 19	Komponent 20	Komponent 3B	Komponent 21	Komponent 22	Komponent 23	Komponent 3C	Komponent 24	Komponent 25	Komponent 123	Komponent 26	Komponent 27	Komponent 2	Komponent 28	Komponent 29	Komponent 2A	Komponent 3A	Komponent 30	Komponent 31	Komponent 32	Komponent 2C	Komponent 2B	Komponent 33	Komponent 34	Komponent 35	Komponent 36
Antal som ingår i en produkt:			**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**2**	**1**	**4**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
Svarv (J)	ST																												10									
	CT																												6									
Penetrant (P)	ST																		20	0	0	10						10	10				10	10	10	10	10	10
	CT																		9	10	12	15						4	2				8	5	1,5	6	5	4
Tvätt & gradning (R)	ST		0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0			0	0					0	5	0	0	0			0		0						
	CT		8	5	26	26	1	1	2	1		1	7	7			2	2					1	16	1	1	1			3		5						
Manuellt arbete (Q,S,T)	ST																				0	30						10										10
	CT																				10	26						3										3
Kontroll/syning (T)	ST																				120	90																
	CT																				20	25																
Svarv (K)	ST																		210	210	180	60																
	CT																		25	25	20	20																
Svarv (H)	ST						120	120																	180			60										
	CT						13	12																	14			6,5										
Svarv (I)	ST		60	60							60	60	60	60	60	30	60	60						60		60	60											
	CT		6	10							5	5	5	5	10	8	5	5						4		5	3,5											
Robosvets (O)	ST														30	30			30	30																		
	CT														25	25			11	11																		
Svets (N)	ST																				90	90						20	40		20		20	40	20	20	40	20
	CT																				116	208						18	23		67		65	42	9	47	42	18
Svarv (F)	ST				60	60					60	60	60	60									60			60	50											
	CT				11,3	12					5	7	10	10									15			4	4,5											
Svarv (G)	ST		120	120	60	60																	60	60														
	CT		26,5	30	7,1	7,2																	7,5	7														
Fräs (M)	ST				15	60			0	150	15	15	20	35										15						20				60			120	
	CT				45	40			12	25	7	6	24	25										13						12				10			10	
Fräs (L)	ST																		120																			
	CT																		40																			