



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Lunds universitet

Institutionen för teknisk ekonomi och logistik  
Avdelningen för teknisk logistik

Examensarbete för masterexamen inom  
maskinteknik, 2011



Tetra Pak Dairy & Beverage Systems AB

# Värdeflödesanalys på Tetra Pak Dairy & Beverage Systems AB

---

– en materialflödesstudie ur ett  
värdeadderande perspektiv

Författare: Simon Byström  
Isac Salman

Handledare: Everth Larsson, Teknisk Logistik, Lunds Tekniska Högskola  
Toni Eklund, Logistikchef, Tetra Pak Dairy & Beverage Systems AB



## Sammanfattning

Tetra Pak Dairy & Beverage Systems AB (TP D&B) är ett bolag inom koncernen Tetra Pak som är beläget i Lund och som tillverkar processanläggningar för livsmedelsindustrin. I varje sådan ingår en stor mängd rörledning av rostfritt stål. På grund av den stora mängden tillval och optioner ritas varje processanläggning kundorderspecifikt och konsekvensen är att mängden rör och sammansättningen varierar kraftigt. Då TP D&B själva står för förädlingen av rören krävs det stor flexibilitet i tillverkningen för att kunna uppfylla de krav som ställs. Rören skickas från leverantör i Tyskland till TP D&B i Lund. Från TP D&B skickas rören vidare till EMV Stainless AB (EMV) där de kapas. De skickas tillbaka till TP D&B för vidare förädling och slutmontering.

Rapportens syfte är att skapa större förståelse för komplexiteten i materialflödet av rörledning från leverantör till processanläggning. Syftet är vidare att utvärdera TP D&B:s potentiella besparingar förknippade med en förändring av materialflödet och materialhanteringen. För att uppnå detta sattes följande tre mål upp:

1. Kartlägga materialflödet ur ett värdeskapande perspektiv
2. Identifiera brister och problemområden
3. Presentera en handlingsplan med åtgärder

Det första målet uppnåddes genom en kartläggning av flödet ur ett värdeskapande perspektiv enligt vad som kallas för Value Stream Mapping (VSM), värdeflödeskartläggning. Med utgångspunkt i VSM:en identifierades råvarulagringen av rör i metervara som det område med störst förbättringspotential. Problemet analyserades och rekommendationer arbetades fram som angriper orsakerna: råvarulagring på två ställen, saldofel och bristande rutiner.

Författarna föreslår en flytt av råvarulagringen av rör i metervara i syfte att minska antalet överlämningar och effektivisera den omfattande materialhanteringen. Utöver detta rekommenderas att kapningsförfarandet hos EMV optimeras med hjälp av ett av författarna utvecklat dataprogram som inte bara reducerar andelen spill utan även visualiserar den verkliga förbrukningen. Tillsammans med avgörande rutinmässiga förändringar i affärssystemets koppling till det fysiska lagret kan saldofel i råvarulagret minimeras.

Kombinationen av dessa åtgärder möjliggör en nydimensionering av säkerhetslagret som minskar kapitalbindningen med 50 procent. Genom att investera i en ny kapningsmaskin som på ett effektivare sätt utnyttjar rörlängden kan andelen spill i denna operation uppskattningsvis minskas med mellan 80 och 90 procent. Återbetalningstiden bedöms vara mindre än ett år och författarna anser att den sammanlagda årliga besparingen kommer att överstiga en halv miljon kronor.

## Abstract

Tetra Pak Dairy & Beverage Systems AB (TP D&B) is a company within the Tetra Pak corporation located in Lund, Sweden, which manufactures processing equipment designed for the dairy and beverage industry. A large amount of stainless steel piping is a necessary part of every unit. As an effect of the great quantity of options the customer can choose from, the piping of each unit is designed according to customer order. The actual amount of piping required for each unit is consequently under influence of substantial variation. Since TP D&B itself refines the pipes to fit these specifications, it is essential for the production to be flexible. The pipes are manufactured by a supplier in Germany and dispatched to TP D&B in Lund in lengths of six meters. They are sent on to EMV Stainless AB (EMV) for cutting and then returned to TP D&B for further refinement and final assembly.

The purpose of this thesis is to create a greater understanding of the complexity of the material flow of the piping, from supplier to final assembly. Furthermore, the purpose is to evaluate the potential savings associated with reorganization of the material flow and handling. To realize this purpose, the following goals were set:

1. Map the material flow from a value adding perspective
2. Identify deficiencies and problem areas
3. Present an action plan with measures

The first goal was reached by mapping the flow from a value adding perspective by what is called Value Stream Mapping (VSM). Based on the VSM, the stock of raw materials was identified as the area with the most potential for improvement. The problem was analyzed and recommendations were generated to attack the causes: stock of raw material pipes in two locations, discrepancies between book and physical inventory, and deficient routines.

The authors suggest moving the stock of raw material pipes to EMV in order to reduce the number of handovers and render the extensive material handling more effective and efficient. In addition, the cutting procedure at EMV could be optimized by the implementation of a computer program developed by the authors. This not only reduces the amount of waste, but also depicts the real consumption of goods. Together with substantial changes in how the business system is connected to the physical stock, the discrepancies in stock can be controlled.

The combination of these measures enables a new dimensioning of the safety stock, which reduces the overall tie-up of capital in stock by 50 percent. By investing in a new pipe-cutting machine that utilizes the pipe length in a more effective and efficient manner, it is possible to achieve an estimated reduction of waste of 80 to 90 percent. The pay-back time is estimated to be less than a year; the authors consider that the total amount of savings each year will exceed 50 000 euros.

## Förord

För cirka fem år sedan påbörjade vi våra studier på Lunds Tekniska Högskola. Dessa fem år av intensiva studier har kulminerat i ett examensarbete vilket består av en studie och en tillhörande rapport. Rapporten håller ni i er hand. Denna utgör alltså slutet av vår civilingenjörsutbildning och på många sätt början på våra yrkesliv.

Vi vill ta tillfälle i akt att tacka personer som har hjälpt oss på ett eller annat sätt med vår utbildning och i synnerhet med examensarbetet. Först vill vi tacka våra två handledare för deras utomordentliga stöd de givit oss under examensarbetet. Ett stort tack tillägnas således Everth Larsson och Toni Eklund. Everth har främst bistått med handledning gällande studiens upplägg och rapportskrivning. Detta stöd har visat sig vara ovärderligt och vi är väldigt tacksamma för alla synpunkter vi har mottagit. Toni, vår handledare tillika logistigchef på Tetra Pak Dairy & Beverage Systems AB (TP D&B), har väglett oss genom informationsdjungeln på Tetra Pak och gjort vårt arbete smidigare. Detta, tillsammans med hans varma bemötande samt hans öppna sinne för det okända, ska han ha ett enormt tack för. Harry Selin och Jan Nordanger, chefer på TP D&B, ska även de ha ett stort tack. Utan deras beundransvärda välvilja att satsa på unga människor med ny kunskap hade inte ett examensarbete på TP D&B varit möjligt. Det faller också på sin plats att tacka all produktionspersonal på TP D&B för att de har stått ut med vårt ideliga frågande.

Vidare vill vi tillägna ett stort tack till våra familjer som har försett oss med enorm kärlek sedan födsel och format oss till kloka och kärleksfulla individer. Isac vill tillägna ett särskilt tack till hans tvilling Mona för hennes glada och säregna personlighet vilket har skänkt Isac ofantlig värme genom åren. Ett speciellt stort tack går från Simon till Caroline Sjödahl för hennes stora tålamod och fantastiska stöd genom examensarbetets sena kvällar och långa nätter.

Slutligen vill vi tacka varandra för ett gott samarbete med ett mycket gott resultat.

Lund, april 2011

.....  
Simon Byström

.....  
Isac Salman

## Läsanvisningar

Detta arbete är tämligen omfattande och har många olika ingående delar vilka alla inte är relevanta för alla typer av läsare. För att effektivisera läsarens orientering i rapporten beskriver vi här kortfattat vad läsaren kan förvänta sig av nämnda delar.

## Inledning

Detta kapitel fungerar som en introduktion till arbetet. Här presenteras kortfattad information om företaget som arbetet är kopplat till men framför allt återfinns arbetets frågeställningar, syfte samt mål. Dessa är av ytterst vikt för att kunna tillgodogöra sig de fortsatta kapitlen och därför rekommenderas alla som har intresse av att läsa hela eller delar av rapporten att även läsa inledningen.

## Metod

Här presenteras arbetets metodteoretiska underlag vilka ämnar ge en förståelse för teorin bakom tagna beslut. Metoder utöver de som har använts i arbetet presenteras här, men kapitlet avslutas med att urskilja de metoder som examensarbetarna har nyttjat sig av. Det sistnämnda kan läsas av personer med måttligt intresse i metodteori medan läsare som vill sätta sig in i metoder som även gallrats ut kan läsa hela kapitlet. Läsare utan intresse i metodteori kan hoppa över detta kapitel utan att förlora rapportens innebörd.

## Teoretisk referensram

I detta kapitel presenteras teorier som utgör underlaget till examensarbetet. Dessa har använts i stor utsträckning i rapporten och därför bör läsaren som vill ta del av mer än bara det som teorierna har kulminerat i även läsa detta kapitel.

## Empiri

Detta är ett omfattande kapitel och är viktigt för läsaren som vill sätta sig in i verksamheten hos Tetra Pak Dairy & Beverage Systems. Kapitlet inleds med att återge endast grundläggande information om verksamheten, således kan läsare som jobbar på Tetra Pak Dairy & Beverage Systems hoppa över kapitlets inledning. I kapitlets senare delar återfinns information som kan vara nytt även för den mest rutinerade anställda på företaget, och bör därför läsas av även denne. Ett stort stycke går åt till att beskriva tillvägagångssättet som använts för att definiera vad som är representativt för produktionen och går därför väldigt långt in på djupet.

## Problemidentifiering

Med utgångspunkt från studiens empiri presenteras i detta kapitel de allvarligaste problem som examensarbetarna har identifierat. Kapitlet avslutas med att framföra problem som inte är direkt knutna till studiens förarbete men som likväl kan anses vara av intresse för Tetra Pak Dairy & Beverage Systems. Detta kapitel bör läsas av personer som vill sätta sig in de problem som företaget står inför.

## Analys

I detta omfattande kapitel knyts de två föregående kapitlen, empiri och problemidentifiering, samman och analyseras ingående med hjälp av teorin. En viss mindre del teori är även presenterad under detta kapitel då det har nära anknytning till vad som analyseras. Personer som söker en djupare förståelse för hur resultaten har genererats har mest intresse av detta kapitel, men det kan

även vara intressant för personer som bara vill ta del av uträkningar och intresseväckande nyckeltal och tabeller.

### **Slutsatser och rekommendationer**

Detta kapitel utgör kulmen i studien. Här presenteras mycket koncist de resultat och slutsatser examensarbetarna har kommit fram till. Personer med minsta intresse för studien bör läsa detta kapitel då det är kortfattat men innehållsrikt.

## Begreppslista

### Standardavvikelse

Standardavvikelse är ett begrepp som används bland annat inom sannolikhetslära och ger ett statistiskt mått på hur mycket de olika värdena i en population avviker från medelvärdet. En låg standardavvikelse innebär att värden ligger samlade kring medelvärdet medan en hög standardavvikelse tyder på att värdena ligger spridda långt över eller långt under medelvärdet.

### Dragande system

Ett dragande system är en slags produktionsstyrning och innebär att materialbehovet styrs nedströms flödet, det vill säga av föregående processteg. Med andra ord avropas material till föregående processteg och på så sätt skapas ett sug i produktionen, och överproduktion kan således undvikas. Ett sätt att åstadkomma detta är med hjälp av kanban.

### Takttid

En förutsättning för ett kontinuerligt flöde är att processerna håller takttiden. Denna räknas ut genom följande formel:

$$\text{takttid} = \frac{\text{tillgängliga arbetstiden per dag}}{\text{genomsnittliga efterfrågan per dag}}$$

Den tillgängliga arbetstiden per dag är skifttiden minus planerade avbrott som exempelvis raster, möten och maskinunderhåll. Om cykeltiden för ett processteg är större än takttiden uppstår en flaskhals.

### Rörhäck

Rör tillverkas i sexmeterslängder hos leverantör och placeras i lådor. Dessa är mer eller mindre standardiserade och kallas för rörhäckar eller rörlådor. Det är i dessa som rören transporteras med lastbil från tillverkaren till kund. Rörhäckarna har samma mått oavsett diameterstorlek på rören vilket innebär att antal meter rör minskar när rördiametern ökar.

### Specialmontage

Detta är ett område där BPU:er av diverse skäl inte anses lämpliga att monteras i montagelinjen. BPU:er här byggs upp från grunden på ett och samma ställe och flyttas inte förrän de är färdiga.

### Kragning

En operation där ett hål först borrar i ett rör, därefter tillämpas ett särskilt verktyg för att tvinga upp materialet runt hålet till en cirkelformad upphöjning. Avslutningsvis planas den nyskapade kanten med ett planingsverktyg.



## Innehållsförteckning

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Inledning .....   | 1  |
| 1.1   | Bakgrund .....  | 1  |
| 1.2   | Problemformulering.....                                 | 1  |
| 1.3   | Syfte .....   | 2  |
| 1.4   | Mål .....   | 2  |
| 1.5   | Avgränsningar och fokus.....                            | 2  |
| 1.6   | Målgrupp.....   | 2  |
| 2     | Metod.....  | 3  |
| 2.1   | Fallstudier.....  | 3  |
| 2.2   | Metodsynsätt.....                                       | 6  |
| 2.2.1 | Förstå och förklara .....                               | 7  |
| 2.2.2 | Analytiskt synsätt .....                                | 7  |
| 2.2.3 | Systemsynsätt .....                                     | 7  |
| 2.2.4 | Aktörssynsätt .....                                     | 7  |
| 2.3   | Kvantitativa och kvalitativa forskningsmetoder .....    | 8  |
| 2.4   | Förklarings- och förståelseansatser .....               | 8  |
| 2.4.1 | Induktion.....  | 8  |
| 2.4.2 | Deduktion.....  | 8  |
| 2.4.3 | Abduktion.....  | 9  |
| 2.5   | Analysmetoder.....                                      | 9  |
| 2.5.1 | GAP-analys .....  | 9  |
| 2.5.2 | SWOT-analys .....                                       | 9  |
| 2.5.3 | Logiskt resonemang .....                                | 10 |
| 2.6   | Informationsinsamling .....                             | 11 |
| 2.6.1 | Metodsynsättens inverkan på informationsinsamling ..... | 11 |
| 2.6.2 | Intervjuer .....  | 12 |
| 2.6.3 | Enkäter .....   | 12 |
| 2.6.4 | Observationer .....                                     | 12 |
| 2.6.5 | Facklitteratur.....                                     | 13 |
| 2.7   | Val av metod .....                                      | 13 |
| 3     | Teoretisk referensram .....                             | 15 |
| 3.1   | Value Stream Mapping .....                              | 15 |
| 3.1.1 | Tillvägagångssätt.....                                  | 19 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 3.1.2  | För- och nackdelar.....                               | 21 |
| 3.2    | Lean Manufacturing.....                               | 22 |
| 3.2.1  | Kaizen .....  | 23 |
| 3.2.2  | Kanban .....  | 23 |
| 3.2.3  | Just-in-time .....                                    | 24 |
| 3.2.4  | 5S.....   | 24 |
| 3.3    | Agile Manufacturing.....                              | 24 |
| 3.3.1  | Kundorderpunkt.....                                   | 25 |
| 3.3.2  | Pareto-principen .....                                | 25 |
| 3.3.3  | Separering av stabil och varierande efterfrågan ..... | 25 |
| 3.4    | Processorientering .....                              | 25 |
| 3.4.1  | Processer.....  | 26 |
| 3.4.2  | Kundbehov .....                                       | 26 |
| 3.4.3  | Huvudprocesskarta .....                               | 27 |
| 3.4.4  | För- och nackdelar.....                               | 27 |
| 4      | Empiri.....   | 29 |
| 4.1    | Övergripande om verksamheten .....                    | 29 |
| 4.1.1  | Detaljnivå för studien.....                           | 29 |
| 4.1.2  | EMV Stainless AB.....                                 | 29 |
| 4.1.3  | Branded Processing Unit.....                          | 29 |
| 4.1.4  | Rördimensioner.....                                   | 30 |
| 4.2    | Layout.....   | 31 |
| 4.3    | Nulägesbeskrivning .....                              | 35 |
| 4.3.1  | Konstruktör .....                                     | 35 |
| 4.3.2  | Leverans av rör.....                                  | 35 |
| 4.3.3  | Kapning .....   | 36 |
| 4.3.4  | Bockning.....   | 37 |
| 4.3.5  | Mätning.....  | 39 |
| 4.3.6  | Kragning och borrning.....                            | 40 |
| 4.3.7  | Avstickning .....                                     | 41 |
| 4.3.8  | Svetsning .....                                       | 42 |
| 4.3.9  | Slipning.....   | 44 |
| 4.3.10 | Brister.....  | 45 |
| 4.4    | Övergripande om orderstatistik.....                   | 45 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.4.1  | Produktionsorder och tillverkningsnummer.....                         | 46 |
| 4.4.2  | Typer av produktionsorder .....                                       | 47 |
| 4.4.3  | Kaplista.....   | 48 |
| 4.4.4  | Svetslista .....  | 50 |
| 4.5    | Orderstatistisk rådata .....  | 53 |
| 4.6    | Ordervolym .....  | 54 |
| 4.7    | Produktfamilj .....   | 55 |
| 4.7.1  | Representativt underlag .....   | 55 |
| 4.7.2  | Val av produktfamilj.....   | 57 |
| 4.7.3  | Validering av vald produktfamilj.....                                 | 58 |
| 4.8    | Representativ medelproduktionsorder .....                             | 59 |
| 4.8.1  | Tidsstudie.....   | 60 |
| 4.8.2  | Arbetsmoment.....   | 63 |
| 4.8.3  | Värdeadderande tid .....  | 63 |
| 4.8.4  | Ledtid .....  | 65 |
| 4.8.5  | Cykeltid.....   | 66 |
| 4.9    | Lager.....  | 67 |
| 4.10   | Lagernivåer.....  | 68 |
| 4.10.1 | Lagerhållning av okapade rör i metervera .....                        | 68 |
| 4.10.2 | Lagerhållning av kapade rör i rörsatser .....                         | 69 |
| 4.10.3 | Tid i lager.....  | 69 |
| 4.11   | Value stream mapping.....   | 70 |
| 4.11.1 | VSM 1: Från Butting via EMV till TP D&B, detaljnivå rörsats .....     | 70 |
| 4.11.2 | VSM 2: Från bockning till montagelinje, detaljnivå rörsats .....      | 71 |
| 4.11.3 | VSM 3: Från bockning till montagelinje, detaljnivå enskilda rör ..... | 73 |
| 5      | Problemidentifiering .....  | 77 |
| 5.1    | Stora råvarulager .....   | 77 |
| 5.2    | Råvarulagring i flera steg .....                                      | 77 |
| 5.3    | Ledtid för enskilda rör i förhållande till värdeadderande tid.....    | 77 |
| 5.4    | Lagring mellan varje processteg .....                                 | 77 |
| 5.5    | Övriga problem som identifierats .....                                | 78 |
| 5.5.1  | Avsaknad av verktyg för DIN-standard .....                            | 78 |
| 5.5.2  | Bristhantering .....  | 78 |
| 5.5.3  | Lastbärare .....  | 78 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 5.5.4 | Kassationer hos EMV och saldo fel .....  | 78  |
| 6     | Analys .....   | 81  |
| 6.1   | Storlek på råvarulager .....   | 81  |
| 6.1.1 | Dimensionering av säkerhetslager .....   | 81  |
| 6.1.2 | Beräkning av säkerhetslager för TP D&B .....   | 83  |
| 6.1.3 | Råvarulager hos TP D&B, kaplager hos EMV .....   | 84  |
| 6.1.4 | Råvarulager endast hos EMV .....   | 85  |
| 6.1.5 | Jämförelse .....   | 86  |
| 6.1.6 | Potentiell besparing i materialhanteringskostnader .....   | 87  |
| 6.2   | Kassationer hos EMV .....  | 88  |
| 6.2.1 | Javaprogram .....  | 89  |
| 6.3   | Rutinmässiga förändringar .....  | 93  |
| 7     | Resultat .....   | 95  |
| 7.1   | Rekommendationer och slutsatser .....  | 95  |
| 7.2   | Förslag till fortsatt arbete .....   | 96  |
| 7.2.1 | Flytta specialmontage till EMV, kapa hemma .....   | 97  |
| 7.2.2 | Samma person mäter, borrar, kragar, sticker och sköljer .....  | 97  |
| 7.2.3 | 5 S på rörvagnar .....   | 97  |
| 7.2.4 | Greenwood- och Shanghaiorder kapas och bockas hos EMV..... <b>Fel! Bokmärket är inte definierat.</b> |     |
| 7.3   | Felkällor .....  | 98  |
| 8     | Källförteckning .....  | 101 |
| 9     | Bilagor .....  | 105 |
| 9.1   | Bilaga 1 .....   | 105 |
| 9.2   | Bilaga 2 .....   | 105 |
| 9.3   | Bilaga 3 .....   | 106 |

# 1 Inledning

*I detta kapitel presenteras kortfattad information om företaget som examensarbetet är kopplat till samt information om företagets filial. Här ställs även arbetets primära frågeställningar upp vilket mynnar ut i syfte och mål. Sist nämns områden som utgör arbetets fokus samt områden som inte är relevanta för studien och som således inte ingår i arbetet.*

## 1.1 Bakgrund

Tetra Pak är en världsledande aktör och ett välkänt varumärke inom process- och förpackningslösningar för livsmedel. Koncernen har 21 000 anställda i 170 länder varav 4 000 är stationerade i Sverige. AB Tetra Pak är moderbolag för verksamheten i Sverige och ett av bolagen i koncernen är Tetra Pak Dairy & Beverage Systems AB (TP D&B) med omkring 300 anställda i Sverige och runt 500 i världen. Detta bolag är förlagt på en av två anläggningar i Lund och tillverkar och monterar processutrustning för mejeri- och dryckesindustrin.

TP D&B producerar en variation av processutrustningar vilka benämns som Branded Processing Units (BPU). Varje BPU består av en stor mängd rörledning och följaktligen är materialflödet av rör en betydande angelägenhet.

De senaste åren har många ändringar genomförts med avseende på hur processutrustning tillverkas och monteras. För tio år sedan bestämde TP D&B att börja bocka rör i den egna fabriken och fem år senare formades en linje där även svetsning av kopplingar och ventiler utfördes. Utvecklingen gick vidare och medförde en förändring även för processutrustning; för omkring tre år sedan utformades layouten i verkstaden om från enhetsproduktion till en mer linjeorienterad montering.

Den totala ledtiden för en BPU under enhetsproduktionstiden var runt fem till sex veckor för tillverkning och montering. Med dagens linjeorientering däremot, är ledtiderna approximativt en dag för tillverkning av rör och fem dagar för fullständig montering av en BPU. Innan en BPU kan packas måste den testköras och för det krävs en så kallad montering inför test, vilket tar två dagar.

TP D&B har ett nära samarbete med en extern aktör kallad EMV Stainless AB (EMV) som ligger cirka en mil sydväst om Sjöbo. Dit förläggs två sorters uppdrag, framförallt rörkapning men även produktion av vissa typer av BPU:er. Den produktion som utförs innefattar cirka fem typer av processanläggningar som ännu inte har fått en plats i TP D&B:s implementerade montagelinje. Dessa anläggningar förses med tillhörande komponenter från TP D&B:s komponentlager. Anläggningarna debiteras av EMV med antingen fast pris eller i lösa timmar. Rörkapning innefattar all kapning av 6-metersrör då TP D&B i princip inte kapar någonting själva. Dessa rör är orderunika och dess längd varierar alltså från order till order och från rör till rör. För övrigt nyttjas EMV även då orderböckerna hos TP D&B har fyllts, på så sätt fungerar EMV som ett dragspel för beläggningen.

## 1.2 Problemformulering

Till följd av de omfattande förändringarna i produktionen har materialflödet och materialhanteringen av rör och andra artiklar successivt anpassats till de nya förutsättningarna, dock inte optimerats utan enbart utvecklats för att tillgodose de primära behoven. Materialflödet är idag tämligen överskådligt och ter sig på vissa ställen till synes slumpmässigt. Det är inte optimerat vare sig inom produktionen eller mellan TP D&B och dess leverantörer. Utifrån dessa premisser och tillsammans med den bakgrund som presenterats kan några frågeställningar formuleras:

1. Kan materialflödet på något sätt förändras inom TP D&B för att minska materialhanteringskostnaderna?
2. Vilka investeringar behöver göras för att minska dessa kostnader?
3. Vilka besparingar kan TP D&B göra genom att optimera materialflödet?

### 1.3 Syfte

Detta examensarbete syftar till att ge en ökad förståelse för materialflödet och materialhanteringen hos TP D&B. Det syftar även till att belysa och skapa insikt i vilka i sammanhanget relevanta materialhanteringskostnader som är möjliga att påverka med förbättringsåtgärder.

### 1.4 Mål

Målet är att besvara i 1.2 *Problemformulering* uppställda frågeställningar genom att:

4. Kartlägga materialflödet ur ett värdeskapande perspektiv
5. Identifiera brister och problemområden
6. Presentera en handlingsplan med åtgärder

### 1.5 Avgränsningar och fokus

Med materialflöde menas flödet av rör från leverantör till TP D&B, mellan TP D&B och EMV, samt inom TP D&B:s produktionsanläggning. Det menas även till viss del flödet av komponenter som svetsas på rören eller på annat vis förenas med dessa innan montage på processanläggning. Det sistnämnda görs i en hall kallad ÖC och detta område ligger i arbetets fokus. Området kallat "montage inför test", vilket är ett område där modulerna provkörs, ligger, på grund av den ökande komplexiteten som tillkommer med detta, utanför arbetets ramar och betraktas således inte.

Vidare analyseras de ekonomiska aspekterna på den framtagna handlingsplanen endast på en övergripelig nivå och mycket kortfattat.

### 1.6 Målgrupp

Rapporten är främst avsedd att läsas av anställda på TP D&B samt studerande på en teknisk högskola. Dock är alla nya termer som inte anses självklara för gemene man beskrivna antingen i direkt anslutning till termen i fråga eller i begreppslistan tidigt i rapporten. Således är tanken att det ska vara fullt möjligt att förstå rapporten och följa alla resonemang som presenteras oavsett bakgrund.

## 2 Metod

*I detta kapitel presenteras arbetets metodteoretiska underlag vilket ämnar ge en förståelse för teorin bakom tagna beslut. Detta går igenom ur en generell synvinkel. Avslutningsvis framförs metoder som har valts genom motiverade val utifrån arbetets premisser.*

### 2.1 Fallstudier

För detta avsnitt har endast Yins (2007) verk använts som källa eftersom Yin anses vara en framträdande och erkänd forskare inom området.

Fallstudier är en vanlig forskningsstrategi inom många områden, exempelvis psykologi, statsvetenskap samt ekonomi. De avslutas ofta med en skriftlig artikel, rapport eller bok.

Vi inleder med att ge Yins (2007, p.31) definition på en fallstudie:

*”En fallstudie utgör en empirisk undersökning som studerar en aktuell företeelse i dess verkliga kontext, framförallt då gränserna mellan företeelsen och kontexten är oklara.”*

Det vill säga att undersökningen ska vara inriktad på ett specifikt och förutbestämt område och att dess omgivning inte ska ha manipulerats.

Vilken typ av forskningsstrategi som bör användas för en studie beror på tre betingelser:

- vilken typ av forskningsfråga som formulerats
- den grad av kontroll som forskaren har över det konkreta skeendet
- om fokus ligger på aktuella eller historiska skeenden

Dessa tre betingelser avgör alltså vilken forskningsstrategi studien bör bedrivas med, till exempel fallstudier, experiment, analys av källor eller historiska studier. Typen av forskningsfråga eller problemformulering kan förenklat sägas vara vilken eller vilka av frågorna ”Vem?”, ”Vad?”, ”Var?”, ”Hur?” och ”Varför?” som är mest aktuella. För fallstudier är frågorna *hur* och *varför* många gånger mest lämpade då de är ofta av förklarande karaktär. Yin (2007) poängterar dock att varje forskningsstrategi kan användas för tre olika syften, vilka är explorativa, deskriptiva och förklarande. Vidare menar Yin (2007) att de olika forskningsstrategierna inte går att rangordna eller kategorisera under var sitt syfte. Många samhällsvetare är fortfarande djupt övertygande om exempelvis att fallstudier endast kan användas under en explorativ fas av en undersökning och att experiment endast kan användas för förklarande studier, något som Yin (2007) alltså bestrider. Fallstudier kan således även användas för att pröva hypoteser eller propositioner och utgör följaktligen inte endast en inledande forskningsstrategi.

Den grad av kontroll forskaren har över processen i fråga, eller tillgång till processen, är en annan betingelse som avgör vilken typ av forskningsstrategi som bör användas. Fallstudier är lämpliga att använda då forskaren är intresserad av aktuella och observerbara händelseförlopp samt då forskaren har möjlighet att intervjua personer som är en del av nämnda händelseförlopp. Den stora fördelen med fallstudier och som samtidigt utmärker forskningsstrategin är variationen på empiriskt material som kan hanteras, något som inte är lika självklart för till exempel experiment eller historiska studier.

När forskaren har tagit ett bärkraftigt beslut på att en undersökning ska bedrivas som en fallstudie gäller det att utforma en god *forskningsdesign*. En sådan finns, till skillnad från för vissa andra forskningsstrategier, inte "färdig för användning" utan är lite mer komplicerad att generera. Vidare finns förvånansvärt lite litteratur om fallstudier och dess forskningsdesign vilket gör bra underlag för sådant besvärligt att hitta. Vi fortsätter med att ge Yins (2007, p.39) förklaring på en forskningsdesign:

*"I dagligt tal är en forskningsdesign en logisk plan för hur man ska ta sig från 'här' till 'där'. 'Här' kan definieras som den initiala uppsättning frågor som ska besvaras och 'där' är en eller annan uppsättning slutsatser eller svar som rör dessa frågor".*

En forskningsdesign är med andra ord en logisk sekvens som används för att koppla samman inledningsfasen i en fallstudie med dess slutfas. Inledningsfasen är här föga förvånande studiens initiala frågeställning och slutfasen består av forskarens slutsatser. Länken mellan dessa är ofta studiens empiriska data.

Yin (2007) lyfter fram fem komponenter som är av huvudsaklig betydelse i en forskningsdesign:

1. Undersökningens frågeställningar (problemformulering)
2. Dess hypoteser (om det finns några sådana)
3. Dess analysenhet(er)
4. Den logiska kopplingen mellan data och hypoteser
5. Kriterier för att tolka resultaten

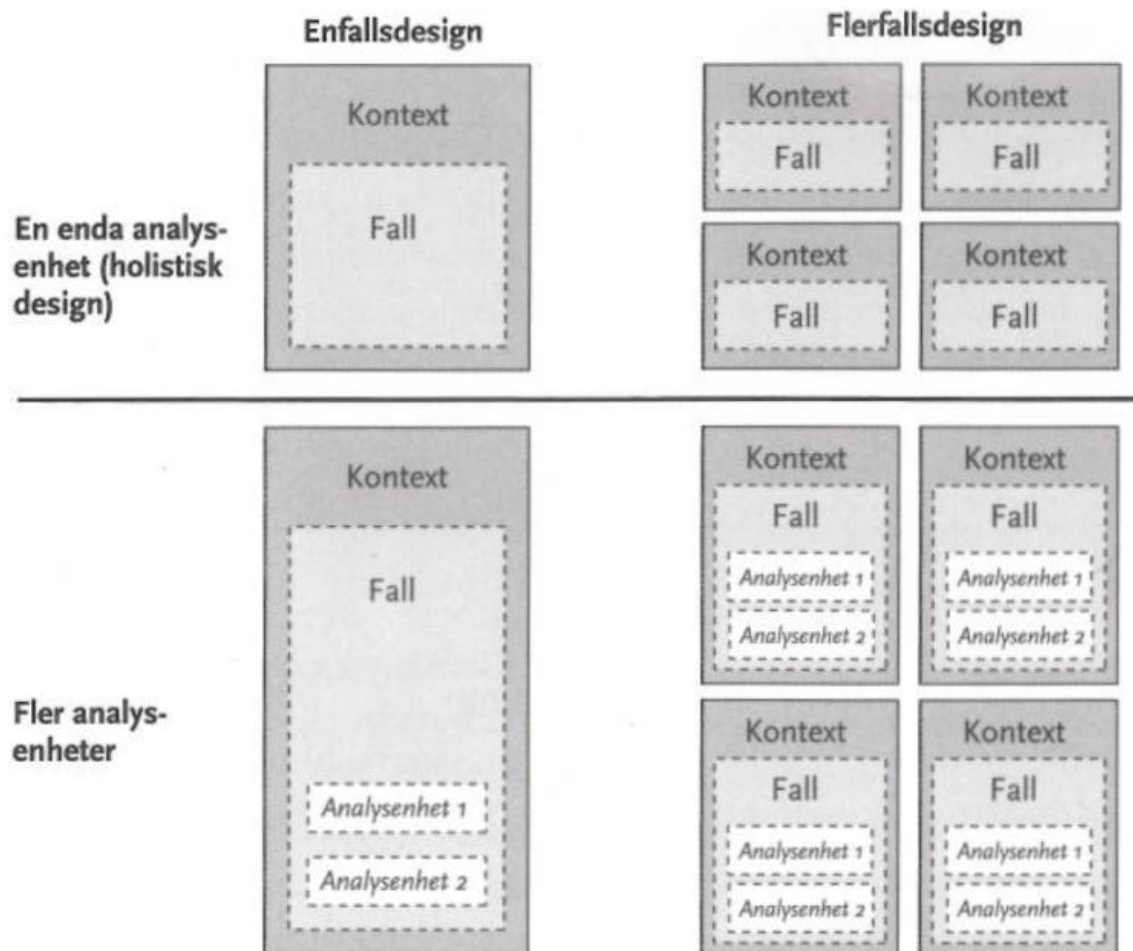
Som tidigare nämnts lämpar sig fallstudier bäst för undersökningar som har frågeställningar av karaktären *hur* och *varför*; till exempel *hur* arbetet har bedrivits för att förhindra personskador och förbättra arbetsmiljön, eller *varför* ledtiden för en specifik produkt har minskat stadigt i ett halvt decennium men stagnerat det senaste året. Det är alltså viktigt att klarlägga vilken typ av problemformulering studien kretsar kring för att avgöra om fallstudie som forskningsstrategi är rätt väg att gå.

Till skillnad från tidigare då *hur* och *varför* låg i fokus är det i punkt 2 lämpligt att fråga sig *vad* som ska studeras. För att göra detta och komma åt relevanta empiriska data kan det underlätta att forma en eller flera hypoteser. De tenderar att leda studien på rätt väg och göra gränsen mellan relevant data och data som ligger utanför studiens periferi något tydligare. Utan hypoteser ökar risken för att forskaren ska frestas att behandla information som täcker "allting", vilket är ogenomförbart. Vidare menar Yin (2007) att det blir lättare att hålla studien inom tids- och kostnadsramar då det ställts upp precisa och välformulerade hypoteser.

När det talas om analysenheter söks en definition på vad "fallet" i fallstudien egentligen innebär. Detta är långt ifrån trivialt och har enligt Yin (2007) plågat många forskare i början av deras studier. "Fallet" kan för enkelhetens skull betraktas som att den utgörs av en individ, med individen som den primära analysenheten för studien. På så sätt framgår det tydligt vad studien innefattar och gränserna mellan relevant information och annan information är distinkt. Självklart kan en studie baseras på något mindre påtagligt, till exempel ett beslut eller händelse. Då ligger svårigheten i att avgöra var fallet börjar och var det slutar. Valet av analysenhet behöver därför ibland omprövas. Arbetet sker på så sätt emellanåt iterativt; nytt material i datainsamlingen ger nya förutsättningar.



Den preliminära definitionen av analysenheten är generellt sett kopplad till studiens problemformulering. Problemformuleringen är troligtvis för vag om den inte tillåter ett val av en viss analysenhet framför en annan. Observera att en fallstudie nödvändigtvis inte bara behöver innehålla en analysenhet utan kan utgöras av flera. Figur 1 visar möjliga sammansättningar av analysenheter och fall.



Figur 1. Vad möjliga sammansättningar av fall och analysenheter har för inverkan på en fallstudie (Yin, 2007, p.60).

Då en studie innehåller flera fallstudier, vilket också är fullt möjligt, handlar det om en flerfallstudie.

Fjärde och femte punkten i Yins (2007) fem komponenter, *Den logiska kopplingen mellan data och hypoteser* samt *kriterier för att tolka resultaten*, är enligt Yin (2007) inte lika välutvecklade som de andra komponenterna i fallstudieforskning. De bär emellertid information om vad som ska göras med de empiriska data som samlats in och hur den fortsatta processen i forskningsarbetet ser ut.

Yin (2007) tar också upp sätt att bedöma kvaliteten på en fallstudie, eller närmare bestämt kvaliteten på fallstudiens forskningsdesign. I figur 2 visas exempel på fyra mycket vanliga kriterier som används för att göra detta: begreppsvaliditet, intern validitet, extern validitet samt reliabilitet. Det framgår också när och hur de ska tillämpas.

| Kriterier                | Fallstudietillämpning  | Den undersökningsfas då tillämpningen blir aktuell                                       |
|--------------------------|--|--|
| <b>Begreppsvaliditet</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Använda flera källor när det gäller data och belägg.</li> <li>• Formulera en beviskedja.</li> <li>• Låta nyckelinformanter läsa igenom utkast till forskningsrapporten.</li> </ul>        | Datainsamlingen.<br><br>Datainsamlingen.<br>Sammanställningen av rapporten.              |
| <b>Intern validitet</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jämföra olika mönster med varandra ("pattern matching").</li> <li>• Bygga upp förklaringen.</li> <li>• Ta upp rivaliserande förklaringar.</li> <li>• Använda logiska modeller.</li> </ul> | Analysen av data.<br><br>Analysen av data.<br>Analysen av data.<br><br>Analysen av data. |
| <b>Extern validitet</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Använda teori vid enfallsstudier.</li> <li>• Använda replikationslogik vid flerfallsstudier.</li> </ul>   | Forskningsdesign.<br><br>Forskningsdesign.   |
| <b>Reliabilitet</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Använda regelverket för fallstudier.</li> <li>• Utveckla en databas för fallstudien.</li> </ul>   | Datainsamlingen.<br><br>Datainsamlingen.   |

Figur 2. Olika sätt att bedöma en fallstudies kvalitet och hur de är tillämpbara (Yin, 2007, p.54).

Fördelen med en fallstudie är samtidigt dess nackdel; på grund av dess ofta specifika inriktning kan den skapa stor och användbar förståelse för situationen som studeras; dock är kunskapen som hämtas ur en sådan studie tämligen svår att generalisera och därmed tillgodogöra sig av i andra områden.

## 2.2 Metodsynsätt

Alla individer har en fundamental föreställning om verkligheten som är avgörande för hur de uppfattar omgivningen och sedan agerar i olika situationer. Detta gör att verklighetsuppfattningen avgör vilken metod en individ väljer för att uppnå ett visst syfte. Två personer med skilda uppfattningar om verkligheten väljer med stor sannolikhet olika metoder för att uppnå samma syfte. Inom vetenskapliga studier görs därför ett aktivt val av metodsynsätt för att i viss mening definiera och göra antaganden om hur verkligheten ser ut. Det är således viktigt att vara medveten om hur valet av metodsynsätt påverkar och präglar iakttagelser, tolkningar och resultat.

Arbnor & Bjerke (1994a) ringar in tre metodsynsätt som är relevanta och erkända inom företagsekonomisk forskningsmetodik:

- Analytiskt synsätt
- Systemsynsätt
- Aktörssynsätt

Dessa synsätt är väsentligt avvikande från varandra i sin karaktär och ligger därmed som grund för hur verkligheten ska angripas i en vetenskaplig studie. Ingen av dessa kan sägas vara bättre än den andre, utan val av metod bör baseras på studiens natur och individens egen livsuppfattning.

### 2.2.1 Förstå och förklara

Innan en djupare beskrivning ges på de olika synsätten bör en avgörande skillnad mellan de båda likartade begreppen *förstå* och *förklara* utredas. Inom vetenskapen är det viktigt att sära på dem då det är en väsentlig skillnad på de kunskapare som syftar till att förklara någonting, och de som syftar till att förstå någonting. Explanatiker kallas de som med hjälp av naturvetenskapens lagar i anpassad form söker förklara samhällsvetenskapliga och sociala fenomen. De som hävdar att de naturvetenskapliga lagarna inte är tillämpbara i sociala sammanhang och inom samhällsvetenskapen kallas istället för hermeneutiker. De har som syfte att istället förstå och tolka kulturen (Arbnor & Bjerke, 1994a).

### 2.2.2 Analytiskt synsätt

Generellt kan det analytiska synsättets bild av verkligheten sammanfattas som att summan av delarna är lika med helheten och att den lärdom som frambringas under detta synsätt ska vara objektiv och baserad på bestyrkta hypotetiska antaganden. Visar sig antaganden vara felaktiga eller bristfälliga skall dessa förkastas och sökandet efter en bättre teori ta vid. På så sätt är det analytiska synsättet cykliskt, och detta är en väsentlig karakteristika. Vidare söker analytiska synsättet efter absoluta sanningen och kunskaparen ska göra detta utan att påverka objektet i fråga. Kunskapen som det analytiska synsättet söker är i sin natur förklarande (Arbnor & Bjerke, 1994a).

### 2.2.3 Systemsynsätt

Ur ståndpunkten att det analytiska synsättets verklighetsbild är alltför trivial grundar sig systemsynsättet, vilket istället antar att helheten är avvikande från summan av delarna till följd av synergieffekter dem emellan. Synsättet syftar till att förstå delarna utifrån helhetens egenskaper. Kunskapen och lärdomen som härur alstras är således också beroende av systemet som studeras. Något som systemsynsättet och analytiska synsättet har gemensamt är strävan efter att utveckla modeller av den objektiva verkligheten. Systemsynsättet är, till skillnad från det analytiska synsättet, mer pragmatisk i sin natur och strävar efter en praktisk lösning på ett givet problem. För att lyckas med detta krävs att kunskaparen dyker djupt in i problemet och påverkar studieobjektet, något som det analytiska synsättet som sagt strider mot. Systemsynsättet är huvudsakligen förklarande, dock i vissa sociala avseenden även förstående (Arbnor & Bjerke, 1994a).

### 2.2.4 Aktörssynsätt

Aktörssynsättet skiljer sig i hög grad åt från de tidigare nämnda synsätten beträffande hur verkligheten betraktas. Verkligheten är med aktörssynsättet tillämpat, en social konstruktion framställd av observatören och denna verklighet är således på alla sätt subjektiv. Utifrån den enskilda individens uppfattning är verkligheten, och därmed det studerade objektet, unik eller delvis

unik för varje individ. Eftersom aktörssynsättet endast används i sociala sammanhang är detta i sin natur förstående (Arbnor & Bjerke, 1994a).

## 2.3 Kvantitativa och kvalitativa forskningsmetoder

De forskningsmetoder som använder sig av numeriska mätningar och kvantifierbar data brukar kallas kvantitativa. De är starkt förknippade med vad som kallas logisk positivism, en filosofi som avser strävan att basera tänkandet på fakta. Metoderna söker förklara fenomen genom att utveckla logiska och matematiska samband och modeller (Arbnor & Bjerke, 1994a). Resultaten som produceras är ofta lämpliga att presentera i statistiska sammanhang.

När forskningen istället baseras på icke kvantifierbar information brukar den kallas kvalitativ. Ofta bedrivs datainsamlingen genom djupintervjuer och så kallad deltagande observation för att få en nära anknytning till det studerade objektet. Den information och data som tas fram i den här typen av studier är inte generaliserbar då forskningen vanligtvis inriktar sig på en djupare förståelse av specifika fall (Arbnor & Bjerke, 1994a).

## 2.4 Förklarings- och förståelseansatser

När man talar om ansatser till förklaring och förståelse kan tre olika typer urskiljas, deduktion, induktion samt abduktion. Likt methodsynsätten är alla besläktade, men var och en har specifika egenskaper som skiljer dem från varandra.

### 2.4.1 Induktion

Induktivt förfaringssätt används ofta av vetenskapsmän och går ut på att generera slutsatser i form av hypoteser och teorier, ur en serie observationer eller empiriska erfarenheter. Dock behöver dessa slutsatser per definition inte nödvändigtvis vara sanna (Alvesson & Sköldberg, 2008). Vi exemplifierar detta:

*Alla brevbärare som vi har observerat hittills är rädda för hundar. Därför kan vi forma hypotesen att alla brevbärare är rädda för hundar.*

Detta exempel visar hur en slutsats genereras baserad på en serie observationer. Observera att slutsatsen inte behöver vara riktig. Alvesson & Sköldberg (2008) påpekar svagheten att de teorier som genereras är generaliserade och i många fall måste avvikelser i observationer bortses från.

### 2.4.2 Deduktion

Motsatsen till induktion kan till viss del anses vara deduktion. Resonemanget innebär att antagna premisser och teorier appliceras på ett visst fall med en slutsats som resultat. Ofta testas dessa slutsatser därefter under empiriska förhållanden för att avgöra sanningshalten och konformiteten med teorierna (Alvesson & Sköldberg, 2008). Vi fortsätter på det tidigare givna exemplet:

*Alla brevbärare är rädda för hundar. Tobbe är brevbärare, alltså är Tobbe rädd för hundar.*

Notera att premisserna inte behöver vara sanna. Sådana situationer kan resultera i att även om resonemanget i sig är riktigt kan slutsatsen vara falsk, och det är denna sanningsgrad som testas med empiri från det specifika fall som är aktuellt. Den kunskap som genereras utifrån denna ansats fastställer, enligt Alvesson & Sköldberg (2008), endast sanningshalten i den antagna teorin, istället för att förklara den.

### 2.4.3 Abduktion

Det tredje tillvägagångssättet syftar till att generera en möjlig förklaring till vad som förorsakat ett visst scenario. Utifrån empiri antas teorier som sedan ligger till grund för vad som kan vara orsaker och förutsättningar. Den antagna bakomliggande teorin kan vara framtagen genom induktion och för att sedan testa slutsatser är deduktion lämpligt. Detta innebär att abduktion i viss mening kan ses som en kombination av de två föregående ansatserna med utgångspunkt i teori för att sedan generera ny, förklarande och förstående teori (Alvesson & Sköldberg, 2008). Återigen används exemplet med brevbäraren:

*Alla brevbärare är rädda för hundar. Tobbe är rädd för hundar, alltså är Tobbe brevbärare.*

Det är fullt möjligt att Tobbe är brevbärare men så behöver inte vara fallet. Eftersom det kan finnas ett flertal möjliga förklaringar till en observation kan det abduktiva förhållningssättet bli tidsödande. Abduktion anses av Alvesson & Sköldberg (2008) vara mer realistisk eftersom den söker pröva både bakomliggande och genererande teorier.

## 2.5 Analyismetoder

### 2.5.1 GAP-analys

GAP i GAP-analys syftar till gapet mellan ett företags nuvarande tillstånd och företags önskade tillstånd. Analysen kan göras över hela företaget men kan även vara mer specifik, till exempel kan den göras över kundnöjdhet, ledtider i produktion eller personalens kompetens. Analysen är ett hjälpmedel för att minska detta gap och nå utsatta och önskade mål. Den genomförs i sex steg enligt Karlöf & Lövingsson (2010):

1. Definiera området för analysen (exempelvis intern effektivitet, kompetens eller informationssystemens prestanda).
2. Beskriv den befintliga situationen. Komplettera gärna med mätningar.
3. Beskriv den önskade situationen. Ställ gärna upp mätbara mål.
4. Analysera på vilket sätt den önskade situationen skiljer sig från den befintliga.
5. Besluta om åtgärder för att sluta gapet.
6. Följ upp och genomför vid behov korrigerande åtgärder.

Dessa steg mot att nå ett önskat tillstånd är väldigt snarlika de fem stegen som genomförs i en värdeflödesanalys, beskrivet under kapitel 3.1 *Value Stream Mapping*. Ordningen för tillvägagångssättet är inte identiska och en del steg är uppdelade i flera eller hopsatta till en. Vidare ritas inte en karta i GAP-analys vilket görs i en värdeflödesanalys.

### 2.5.2 SWOT-analys

Ordet SWOT är en akronym och står för de engelska orden *Strengths, Weaknesses, Opportunities* och *Threats*. Analysens syfte är att belysa de olika styrkor, svagheter, möjligheter och hot eller risker ett företag har eller står inför. Det är ett tämligen vanligt hjälpmedel vid beslutstagande och kan förutom företag användas av exempelvis idrottsföreningar, skolläringar, icke vinstdrivande organisationer eller till och med enskilda personer. Analysen används för att genomföra en strategisk planering för framtiden; detta görs genom att utvärdera om det utsatta målet är nåbart med utgångspunkt från sin SWOT. Anses målet inte vara inom räckhåll ska ett nytt lägre mål sättas. Ett annat sätt att använda en SWOT är att utveckla ett konkurrensmässigt övertag genom att matcha

styrkor med möjligheter och på så sätt realisera dem. Nedan ges ett exempel på hur en SWOT-analys för ett företag kan se ut.

### Styrkor

- Kompetent personal
- Ekonomiskt sunda
- Strategiskt lokaliserade
- Goda relationer med återförsäljare
- Snabba leveranser

### Svagheter

- Ingen återkoppling/feedback från kunderna
- Omoderna lokaler
- Svag image
- Inga innovativa lösningar

### Möjligheter

- Omättad marknad
- Fåtal konkurrenter
- Öka produktfloran
- Köpa upp konkurrerande företag

### Hot/risker

- Lågkonjunktur
- Hög personalomsättning
- Konkurrenternas innovationer
- Nya strängare regler/lagar

Notera att styrkor och svagheter i en SWOT-analys har ett internt ursprung och dessa kan direkt påverkas, medan möjligheter och hot har sitt ursprung utanför företaget och kan endast påverkas indirekt.

### 2.5.3 Logiskt resonemang

Att tänka logiskt och föra logiska resonemang gör de flesta utan att reflektera över det. Det är en färdighet som finns inbyggd i nästan alla människor, men liksom andra färdigheter kan logiskt tänkande och förmågan att föra logiska resonemang utvecklas (Rosing, n.d.)<sup>1</sup>. Somliga resonerar med andra ord bättre än andra. Rosing (n.d.) skriver följande om logik:

*"I sin vidaste bemärkelse kan 'logik' definieras som varje slag av resonemang som leder fram till en slutsats."*

---

<sup>1</sup> Verket är skrivet som kurslitteratur och publicerat enbart på internet med okänt årtal.

Onekligen resonerar människor på olika sätt. Det betyder att i samma fall med samma premisser kommer många skilda slutsatser att dras, om resonemangen förs av olika människor. Det är med andra ord viktigt att föra sunda logiska resonemang.

Logik som ett sätt att resonera bör inte förväxlas med *intuitiv logik*. Rosing (n.d.) illustrerar intuitiv logik genom några exempel som de flesta människor utan att tveka anser sanna; här presenteras ett utplock av dessa:

1. Jag är inte du.
2. Antingen blir det regn eller inte regn imorgon.
3. Var och en som tänker existerar.
4. Var och en som tror att han inte existerar existerar.
5. Om något är tillåtet så är det inte förbjudet.
6. Kalle hävdar att Pelle stulit pengar av honom. Pelle förnekar detta. Alltså måste någondera ljuga.

Dessa påståenden är enligt Rosing (n.d.) inte bara sanna utan *nödvändigtvis* sanna. Om någon motsätter sig dessa påståenden tror vi att han skämtar eller helt enkelt inte förstår dem. Insisterar han så måste han vara mentalt störd och att han helt enkelt inte har förmågan att tänka logiskt (Rosing, n.d.). Poängen med detta är att dessa påståenden anses vara sanna oavsett religionsstillhörighet, yrke, politisk ställning etcetera. Logiska resonemang å andra sidan avgörs i högsta grad av till exempel politisk ställning och religionstillhörighet. En ateist resonerar inte på samma sätt om religion som en muslim eller kristen; en moderat resonerar inte på samma sätt som en vänsterpartist i politiska frågor.

## 2.6 Informationsinsamling

Det är viktigt att känna till för- och nackdelar med de informationsinsamlingsmetoder som nyttjas. På så sätt behålls kontrollen över eventuella felkällor som kan missleda studien och så småningom resultatet. Internet, facklitteratur, intervjuer, enkäter och vetenskapliga artiklar är alla medel för att söka information och kunskap i något område. Somliga metoder är lämpligare än andra beroende på studiens karaktär och förutsättningar.

### 2.6.1 Metodsynsättens inverkan på informationsinsamling

Beroende på vilket synsätt som används sker informationsinsamling på olika sätt. Arbnor & Bjerke (1994b) menar att det finns två huvudkategorier för insamlad data: data tidigare erhållen, *sekundärdata* samt ny data som samlats in för det specifika undersökningsändamålet, *primärdata*. Det sistnämnda kan inhämtas på tre sätt:

- Observationer
- Intervjuer
- Experiment

Det analytiska synsättet använder samtliga metoder plus sekundärdata i studier; systemsynsättet använder sekundärdata men enbart observationer och intervjuer. Vidare är, då systemsynsättet tillämpas, personintervjuer en av de vanligare metoderna och den kombineras ofta med observationer. Enkäter, vilket är en delmängd av *intervjuer*, används sällan i systemsynsättet. Vidare faller facklitteratur och dylikt under sekundärdata.



### 2.6.2 Intervjuer

Som tidigare nämnts faller mycket under benämningen *intervju* och en sådan kan ledas på många sätt. Utfrågningar i direktkontakt med personen i fråga är den mest uppenbara metoden, men det kan också ske via telefon, via internet eller med hjälp av enkäter.

Personintervjuer sker ofta mellan två personer och ger då kvalitativa resultat. Djupintervjuer är långt ifrån triviala sessioner (Ely, 1993). Mycket tid och omsorg läggs på förberedelser av frågorna så att de leder intervjuaren på det intressanta i fråga samtidigt som de inte ter sig som ledande. Stort bemödande går åt att få den intervjuade att känna sig bekväm i situationen så att svaren ges så spontant som möjligt. Ibland sker intervjun på en tämligen informell plats, exempelvis verkstadslokal, busshållplats, eller vid köksbord. Detta kan göra det ännu svårare att leda en värdefull intervju då både intervjuaren och den intervjuade är mottagliga för distraherande intryck från omgivningen. I andra fall måste intervjun äga rum i anslutning till en specifik plats, till exempel i montaget då en montör ska intervjuas medan han/hon monterar. På så sätt sker intervjun i kombination med observation och svar som fås är dagsfärska och intervjuaren har med stor sannolikhet fått en klarare bild över situationen, vilket i slutändan är det som eftersträvas.

### 2.6.3 Enkäter

Enkäter kan som sagt sägas vara en sorts intervju. De används ofta i form av frågeformulär och delas helst ut till ett så stort antal människor som möjligt för att öka sannolikheten att resultatet ska reflektera den allmänna opinionen. Frågeformulär delas in i två sorter. Antingen kan enkäten tillåta respondenten att ge egenformulerade svar, eller ger enkäten redan fördefinierade svar som antingen väljs genom kryssrutor eller graderas efter sanningshalt på en gradskala. Den förstnämnda, vilken medger öppna svar, är lämplig att användas i tidigare stadium i studien för att främja kreativitet och ger alltså kvalitativa resultat. Den sistnämnda, med fördefinierade svar, används gärna i slutskedet av studien och har en mer bekräftande funktion; denna ger kvantitativa resultat. Fördelarna med enkätundersökningar är enligt Arbnor & Bjerke (1994a) följande:

- Mindre kostnadskrävande
- Respondenten väljer själv när han/hon har tid att svara
- Respondenten påverkas inte av någon utfrågare

Och nackdelarna:

- Ofta låg svarsprocent
- Risk att någon annan än avsedd svarar
- Felbedömning av frågorna

### 2.6.4 Observationer

*Direkt observation* är observation i realtid, exempel på sådan är bland annat ordinära iakttagelser och personintervjuer. *Indirekt observation* däremot är då kunskaparen studerar sekundärdata, exempelvis en videofilm eller ett kassetband. Figur 3 visar vad Arbnor & Bjerke (1994a) har för syn på direkt observation.



|   |     |   |                                     |
|---|-----|---|-------------------------------------|
|   |     | De observerades vetskap om att de är observerade är |                                     |
|   |     | Hög   | Låg                                 |
| Observatörens interaktion med de observerade är | Hög | Deltagande observation                              | Fullständigt deltagande observation |
|   | Låg | Ringa deltagande observation                        | Fullständig observation             |

Figur 3. Olika former av direkt observation och dess dimensioner (Arbnor & Bjerke, 1994a, p.242).

Rutan längst ner till höger i figur 3, *fullständig observation*, är tekniskt sett svår att uppnå. Dessutom kan man fråga sig huruvida det är moraliskt korrekt att observera någon som inte är medveten om det.

Lekvall & Wahlbin (2001) skiljer *strukturerade observationer* från *ostrukturerade observationer*. Det sistnämnda görs utan några direkta förkunskaper om studien. Strukturerade observationer däremot görs då observatören på förhand vet exakt vilka beteenden som kan förekomma och gör i förväg upp ett schema för dess observation och registrering. Denna sorts observation är onekligen svår att genomföra; därför kan en serie ostrukturerade observationer göras innan en fullskalig strukturerad observation äger rum.

En fördel med observationer är att informationen som samlas är objektiv. Nackdelen är att endast beteenden kan observeras och inte åsikter, kunskap eller värderingar (Lekvall & Wahlbin, 2001). Vidare är metoden tämligen tidskrävande.

### 2.6.5 Facklitteratur

Facklitteratur är motsatsen till skönlitteratur och baseras alltså på fakta och inte fiktion. Inriktat på det vetenskapliga området skildrar facklitteratur verkligheten och söker upplysa. Detta görs genom att sätta stor vikt på att förmedla budskapet med klarhet och förståelighet. Vetenskapliga böcker och tidsskrifter är facklitteratur, likaså journalistik, dokumentärer, biografier, dagböcker och uppsatser. Osanning i något av dessa verk betraktas som bedrägligt.

## 2.7 Val av metod

Nedan följer ett val av i detta arbete använda metoder. Valet är viktigt eftersom ett rationellt tillvägagångssätt säkerställer den vetenskapliga trovärdigheten i arbetet.

Detta arbete följer ett *systemsynsätt* då det anses passa bäst för en fallstudie av denna karaktär och då studien bedöms vara förenlig med att helheten är mer än summan av delarna. I en produktionsprocess är strävan trots allt att ständigt förädla produkterna så att marknadsvärdet till slut är större än kostnaderna de medför. Systemsynsättet är enligt Arbnor & Bjerke (1994) i linje med tidigare nämnda logisk positivism, och Churchman (1979) menar att systemsynsättet är

idealiskt för fallstudier. Vidare väljs aktörssynsättet bort då väldigt få studier med ett aktörssynsätt har gjorts inom området logistik (Gammelgaard, 2004).

Vad gäller kvalitativa respektive kvantitativa forskningsmetoder behöver den ena inte utesluta den andra. I denna rapport finns båda delarna representerade för att göra studien så komplett som möjligt. Valet att kombinera dessa forskningsmetoder understöds av studier som visar att användningen av de båda kan leda till bättre resultat än separat (Mangan, Lalwani & Gardner, 2004; Eliasson, 2006). Vidare skriver Eliasson (2006) att det många gånger kan vara bra att om vartannat använda sig av både kvalitativa och kvantitativa forskningsmetoder då de bidrar med olika perspektiv.

I fråga om förklarings- och förståelseansatser är inte studien av sådan karaktär att den kan grundas på en specifik förklarings- och förståelseansats. Val av detta är därför inte realistiskt att göra på förhand på grund av de många situationer som dyker upp. Däremot är god kännedom av förklarings- och förståelseansatser av stor betydelse för att kunna tillämpa dessa och förstå fördelar, nackdelar och konsekvenser av de slutsatser som dras.

När det gäller informationsinhämtningsmetoder har datorkraften de senaste decennierna ökat markant och således gjort informationssökning via internet till en snabb och lättillgänglig process och blivit den primära källan för många människor. Dock har lättillgängligheten sina baksidor då även "kreti och pleti" deltar i informationsspridningen. Detta gör att källor på internet faller offer för manipulering och är därför inte alltid pålitliga. Av den orsaken har författarna till denna rapport valt att minimera användandet av internetbaserade källor och istället använda internet främst för att hitta vetenskapligt vedertagna och ofta tryckta verk. Vetenskapliga artiklar i synnerhet är ofta baserade på tämligen ny forskning och är av den anledningen goda källor. Intervjuer genomförs sporadiskt efter behov eller planerat och antingen på plats eller i konferensrum. Strukturerade observationer tillämpas också. Som tidigare nämnts används enkäter sällan med ett systemsynsätt, likaså här.

Då en betydande del av studien utgörs av en flödeskartläggning är det i sin ordning att ledtider samt andra intressanta tider betraktas. Detta görs dock endast på ett elementärt plan varför det inte presenteras djupare i detta avsnitt. Detsamma gäller så kallad cost/benefit-analys. Det vill säga kostnad/nytta-analys där fördelar vägs emot kostnader.

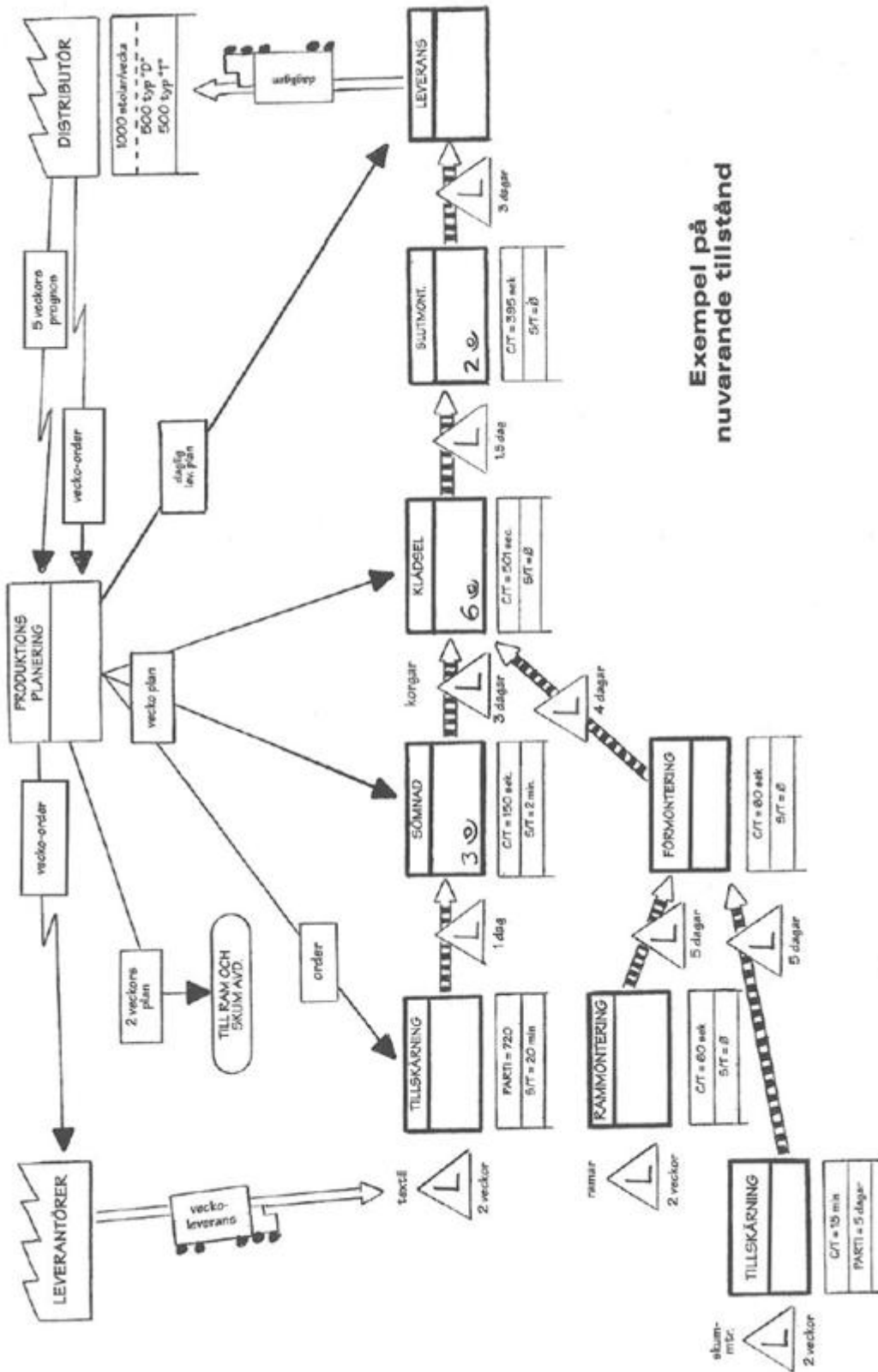
### 3 Teoretisk referensram

*I detta kapitel presenteras teorier som utgör underlaget till examensarbetet. Teorierna har avgränsats till Value Stream Mapping, Lean Manufacturing, Agile Manufacturing samt processororientering. Dessa anses täcka kunskapsbehovet för att uppnå arbetets syfte och mål. Andra produktionssystem som exempelvis Toyota Production System och World Class Manufacturing har i många, och för arbetet de mest intressanta, avseenden mycket gemensamt med Lean Manufacturing, varför dessa inte tas upp. Målet med detta avsnitt är dels för examensarbetarna att fördjupa sina kunskaper i de fyra nämnda teorierna, och dels för att presentera dessa områden till läsaren. En liten del teori presenteras i anslutning till analysdelen då aktuella bitar har en nära anknytning till vad som analyseras.*

#### 3.1 Value Stream Mapping

Value Stream Mapping (VSM) är i sin helhet en tämligen ny metod. Rother & Shook gav metoden ett namn och förmedlade den till världen via författandet av boken *Learning To See*, 2002. Den svenska översättningen av VSM är *värdeflödeskartläggning*. I en sådan betraktas bland annat tider för värdeadderande aktivitet kontra icke värdeadderande aktivitet. Följaktligen åskådliggörs de områden som är kritiska och som bör revideras. Det är essentiellt att känna till företagets värdeflöde för att på djupet kunna tillämpa filosofin Lean Manufacturing (LM), vilken beskrivs ingående under kapitel 3.2 *Lean Manufacturing*, och på så sätt förbättras. Tyvärr saknar många företag denna insikt och hoppar ofta över detta (Chen & Meng, 2010; Rother & Shook, 2004). Chen & Meng (2010) säger också att genom VSM är det möjligt att eliminera 50 % av processerna, reducera cykeltider med 30 % samt minska variationen i produktionen från 30 % till 5 %. Givetvis beror graden på framgångarna på tillverkningsprocessen i fråga; siffror presenterade bör alltså endast ses som riktmärken. Även Lasa, Laburu & de Castro Vila (2008) menar att många fall har visat på framgångar vid användande av VSM och de har själva bevisat att metoden är lämplig vid fallstudier i synnerhet.

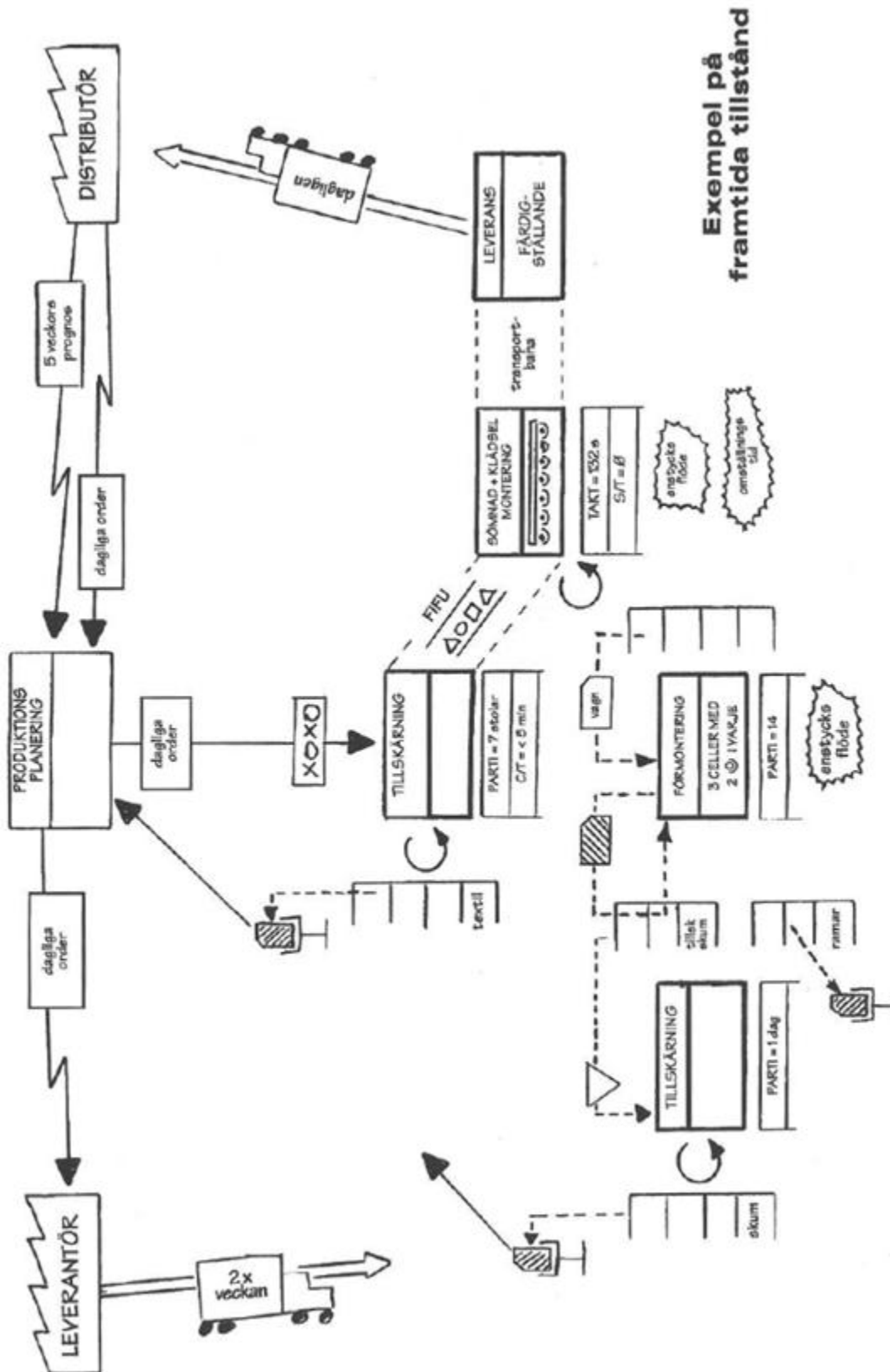
Innan vi presenterar tillvägagångssättet för hur en VSM genomförs, visas i figur 4 först ett exempel på hur ett resultat av en VSM kan se ut.



**Exempel på  
nuvarande tillstånd**

Figur 4. En VSM på ett nuvarande tillstånd för ett exempelföretag (Rother & Shook, 2004).

Kartan är rörig och så är ofta fallet efter en genomförd kartläggning då den på ett enkelt sätt ska beskriva verkligheten. Den visar informationsflöde och det fysiska materialflödet samt vilka tillverkningssteg som är nödvändiga. Det som är viktigt är tiderna för det som är värdeadderande jämfört med den totala ledtiden. I figur 5 är den ovan exemplifierade kartan utvecklad till det önskade tillståndet och beskriver hur man vill att företaget ska fungera.



Exempel på  
framtida tillstånd

Figur 5. En VSM på ett framtida tillstånd för ett exempelföretag (Rother & Shook, 2004).

Flödet i kartan ser smidigare ut och det är hela syftet med ett framtida tillstånd; en utveckling till det bättre.

### 3.1.1 Tillvägagångssätt

Vid ett praktiskt genomförande följs enligt Rother & Shook (2004) fem steg för att fullgott kartlägga ett materialflöde.

#### Steg 1. Val av produktfamilj

En produktfamilj är en grupp produkter som alla har en gemensam tillverkningsprocess så pass omfattande att de kan anses vara besläktade ur produktionssynvinkel. Produktfamilj måste väljas för att dra gränsen på var det intressanta flödet ligger så att kartläggningsarbetet inte blir för omfattande. Om produktionen i fråga är stor med många olika artiklar som passerar fabriken blir kartläggningsarbetet komplicerat och oöverskådligt om alla flöden skulle kartläggas. Produktfamiljer ska därför identifieras utifrån kundernas perspektiv, det vill säga bara kartlägga det som är relevant för kunderna. Produktfamiljer är dock inte alltid tydliga att identifiera. För att underlätta detta kan en produktmatrix skapas (Rother & Shook, 2004), se figur 6.

|           |   | Tillverkningssteg och utrustningar |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------|---|------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
|           |   | 1                                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| PRODUKTER | A | X                                  | X | X |   | X | X |   |   |
|           | B | X                                  | X | X | X | X | X |   |   |
|           | C | X                                  | X | X |   | X | X | X |   |
|           | D |                                    | X | X | X |   |   | X | X |
|           | E |                                    | X | X | X |   |   | X | X |
|           | F | X                                  |   | X |   | X | X | X |   |
|           | G | X                                  |   | X |   | X | X | X |   |

Figur 6 En produktmatrix med en efter tillverkningssteg och utrustningar grupperad produktfamilj (Rother & Shook, 2004, p.4).

På ena axeln listas de olika produkterna som tillverkas i fabriken och på den andra axeln anges tillverkningssteg och utrustning. Fördelen med att samla ihop produkter till en produktfamilj är att produkterna betraktas som *en* enhet och blir således smidigare att kartlägga.

För att ha kontroll över och kunna förbättra en produkts väg genom de olika förädlingsstegen behövs även en uttalad ledare över värdeflödet. En produkt förflyttar sig trots allt ibland över organisationsgränser i sin förädlingsprocess och om ingen har ett ansvar över dessa gränser i syfte att hålla koll på produktens *hela* värdeflöde blir risken för suboptimering stor (Rother & Shook, 2004). Rother & Shook (2004) menar också att det är viktigt att undvika misstaget att dela upp kartläggningsarbetet på flera personer och områden för att sedan tejpa ihop de individuella bitarna, med förhoppningen att göra kartläggningsarbetet mer effektivt. En och samma person skall ansvara för och leda kartläggningsarbetet. Att utnämna en person med ägaransvar över värdeflödet är således en av de första sakerna som bör göras. Denna persons uppgift är enligt Rother & Shook (2004) att:

- redovisa hur det går att förbättra värdeflödet direkt till fabrikschefen
- vara produktionens representant som har befogenhet att åstadkomma förändringar som även går tvärs över avdelnings- och funktionsgränser

- kartlägga såväl nuvarande som framtida tillstånd samt planera åtgärder för att genomföra nödvändiga förändringar
- utvärdera alla aspekter av förändringsarbetets genomförande
- vandra dagligen eller varje vecka längs processen för att kontrollera flytet i värdeflödet
- göra förbättring av värdeflödet till sin högs prioriterade uppgift
- regelbundet underhålla och uppdatera planen för genomförandet av förbättringar
- insistera på att vara en praktiker som drivs av viljan att visa upp förbättrade resultat

## Steg 2. Kartläggning av nuvarande tillstånd

Vid kartläggning av det nuvarande tillståndet undersöks alla produktionsprocesser och transporter däremellan. Materialflöde liksom informationsflöde kartläggs *baklänges* på ett systematiskt och överskådligt vis.

För att inte riskera att förbättra ett värdeflöde som slutligen förser kunden med något annat än det som förväntas, är det enligt Rother & Shook (2004) mycket viktigt att tydligt specificera värdeflödet utifrån kundens synsätt. Därför är det första som görs i detta steg att ta reda på och tydligt definiera vad kunden för aktuell produktfamilj förväntar sig och har för behov. Kunden symboliseras med en godtycklig symbol som ritas in i det övre högra hörnet på kartan. Under fabriksymbolen ritas en faktaruta där kundkraven framgår.

Därefter fastställs tillverkningsprocesserna som krävs och i vilken ordning de genomförs. För varje process tilldelas en process- och faktaruta. En process definieras som ett steg i produktionen där materialet *förädlas*, detta på grund av att en värdeflödeskarta tenderar att bli alltför omfattande och oöverskådlig om varje enskilt processteg symboliseras med en egen ruta (Rother & Shook, 2004). I faktarutorna sammanställs alla ingående data, exempelvis cykeltid, ställtid och antal operatörer. I det här skedet presenteras även råvarulager, mellanlager och färdigvarulager där det anges var, hur mycket och hur länge artiklarna lagras.

Nästa del av kartläggningsarbetet är att rita ut själva materialflödet. Bred pil symboliserar dels transport från råvaruleverantören, och dels transport av färdiga produkter till kunden. Dessa pilar ackompanjeras med en lastbilssymbol eller annan symbol på det aktuella transportmedel som nyttjas. Vidare anges hur ofta och i vilka kvantiteter leveranserna sker. För en produktfamilj behövs ett flertal artiklar; vägar för alla dessa ska inte ritas ut. Istället ska endast vägarna för en eller ett fåtal av de särskilt viktiga råvarorna framgå (Rother & Shook, 2004). Om intresse finns för att presentera vägar för alla inköpta artiklar bör det göras i ett flödesdiagram på delprocessnivå.

Mellan företagets produktionsplanering och produktionsprocesser sker ett informationsflöde och enligt Rother & Shook (2004) är detta flöde lika viktigt att kartlägga som materialflödet. Ett elektroniskt informationsflöde symboliseras av en smal blyxtformad pil med tillhörande faktaruta och övriga informationsflöden med en vanlig smal pil. Informationsflödet bör vara sådant att en tillverkningsprocess bara tillverkar det som nästa tillverkningsprocess i produktionen behöver, dessutom ska det göras i samma tidpunkt som behovet uppstår. Vidare ritas informationsflödet i den övre delen av kartan och från höger till vänster. Då mycket information ges till och från ett företags produktionsplanering ritas produktionsplaneringen in som en processruta, vanligtvis centrerad i den övre delen av kartan. Kartläggningsarbetet slutar vid leverantören; här noteras transporttider samt övrig intressant information om råvaran, exempelvis leveransernas frekvens och kvantitet.



När allt material- och informationsflöde är utritat återstår att räkna ut ledtiderna (lagerkvantitet dividerat med dagligt kundbehov) för varje process och lager. Dessa berättar var värde adderas till produkterna och hur stor andel det är av den totala ledtiden i produktionen.

### **Steg 3. Analysera och utvärdera**

Innan önskat framtida materialflöde ritas upp krävs en ingående analys av det nuvarande tillståndet. Här avgörs vad som är värdeadderande och huruvida de aktiviteter som genomförs är nödvändiga för slutkunden. Det är också i detta skede som det finns möjligheter att se hur LM kan tillämpas i produktionen. Dock påpekar Rother & Shook (2004) att alltför ofta resulterar projekt i implementering av LM endast i ett renhållningsarbete där Toyotas sju klassiska former av slöseri (dessa tas upp i avsnittet 3.2 *Lean Manufacturing*) ses över. Analysen som ska ta vid i steg 3 ska gå djupare än så och syfta till att eliminera *grundorsakerna* till all slöseri. Detta är givetvis förenligt med LM men som vanligtvis inte fullföljs menar Rother & Shook (2004). Vidare menar de att överproduktion är den mest märkbara formen av slöseri och innebär att för mycket produceras för tidigt och för fort.

### **Steg 4. Kartläggning av önskat tillstånd**

Med ovannämnda analys och utvärdering i bakhuvudet är uppgiften att rita en ny karta över material- och informationsflödet. Kartan ska vara fri från onödiga processer, lager och annat tidsödande som inte kunden är betjänt av, det vill säga eliminera allt slöseri som kan identifieras i den nuvarande kartan. Möjligheterna till att slå ihop två eller fler processer till en ska ses över, likaså om den tillgängliga arbetskraften utnyttjas effektivt. För att få en lyckad kartläggning ska, i så stor utsträckning som möjligt, ett kontinuerligt flöde skapas. En förutsättning för detta är att processerna håller takttiden eller kan modifieras för att göra det. Ibland krävs fler än ett kontinuerligt flöde. För att minimera lagernivåer är det lämpligt att utforma ett *dragande* system, med hjälp av exempelvis kanban. Det är viktigt att ta hänsyn till saker som inte går att påverka, till exempel bärande pelare som är i vägen eller hur fabriken är lokaliserad.

### **Steg 5. Förverkliga det önskade tillståndet**

Att lägga om en produktion eller process är ett omfattande projekt och inget som genomförs över en natt. Det är därför en förutsättning att ha en tydlig och genomförbar handlingsplan för implementering av det framtida tillståndet. För att inte ta sig vatten över huvudet underlättar det att utforma utvecklingsarbetet stegvis och områdesindelad med lättuppnåeliga delmål.

#### **3.1.2 För- och nackdelar**

Den kanske största fördelen och det som utmärker VSM är dess metodiska och strukturerade tillvägagångssätt. Kartan ritas ut så att det är begripligt och lättskådligt att följa materialflödet. Vidare är alla figurer och symboler enkla och tanken är att kartan ska ritas för hand. Nyckeltal finns att läsa direkt under varje processruta vilket gör det enkelt att inhämta information. Däremot är metoden inte fullt lika utvecklad i hur informationsflödet hanteras (Hines et al., 1998). Informationsflödet är viktigt och bör på något sätt inte försummas.

Lasa, Laburu & de Castro Vila (2008) menar att VSM inte riktigt har någon motsvarighet för analys och kartläggning. Övriga verktyg som är framtagna och finns tillgängliga förbiser kvantitativ data, är

alltför generella, är inte anpassade för tillverkningssystem eller har en mycket tidsödande inlärningsfas.

Rother & Shook (2004) har endast definierat värdeadderande aktivitet och icke värdeadderande aktivitet och alltså förbiset aktivitet som inte är värdeadderande men likväl nödvändig. Ljungberg & Larsson (2001) har definierat aktiviteterna som värdeadderande aktivitet, icke värdeadderande aktivitet samt spill. Värdeadderande aktivitet är sådant som gynnar kunden och som den direkt är villig att betala för. Denna aktivitet omfattas till exempel av skärande bearbetning, bockning, svetsning eller annat som förädlar produkten i fråga. Icke värdeadderande aktivitet är aktivitet som slutkunden inte är villig att betala för men ändå är nödvändig för att framställa produkten eller för att produktionsprocessen ska fungera. Exempel på det är "hantera", "flytta", "vänta", "kontrollera". Detta ska minimeras men kan alltså per definition inte elimineras. Spill är sådant som är totalt onödigt i produktionsprocessen och som ska elimineras. Detta kan till exempel vara kassationer eller maskinhaverier. Enligt Ljungberg & Larsson (2001) är det viktigt att dela upp processerna ty alla processer ska undersökas huruvida de är värdeadderande eller inte, och gränsen däremellan kan vara svårbestämd. Då vissa aktiviteter kan sättas som *spill* behöver inga kompromisser göras vilket ger en bättre bild av verkligheten.

### 3.2 Lean Manufacturing

För att underlätta för läsaren att följa och tillgodogöra sig de resonemang och resultat som presenteras görs ett klargörande på vad Lean Manufacturing (LM) är.

Skaparen av LM var anställd av Toyota i Japan och hette Taiichi Ohno (1912-1990). Under sina år hos Toyota lyckades han få sina visioner tillämpade och göra Toyota till ett av världens mest respekterade företag och en förebild när det talas om effektivitet.

Det är viktigt att poängtera att LM är en filosofi och ingen metod eller verktyg. Filosofin bör genomsyra hela företaget från produktionspersonal till VD. Syftet med LM är att identifiera och eliminera slöseri, det vill säga allt som inte är av värde för slutkunden och som denna inte är villig att betala för.

Slöserierna är enligt Taiichi Ohno (1988) definierade som sju stycken och är:

1. Överproduktion:  
Att producera mer än vad nästa steg i förädlingsprocessen behöver leder till bland annat större mellanlager, fler produkter i arbete och ökade hanteringskostnader.
2. Väntetid:  
En produkt som väntar på nästa produktionssteg skapar inget värde för kunden.
3. Onödiga förflyttningar:  
Operatörernas förflyttningar mellan arbetsstationer, arbetsmoment samt inom arbetsmoment ska minimeras då inte förädlar produkten.
4. Onödiga transporter:  
Transporter av produkter är resurskrävande och ska således minimeras.
5. Defekter:  
Defekta produkter leder till kassationer, reklamationer, och omarbetningar.
6. Överarbete:  
Arbetsgången bör vara klokt utformad så att inget onödigt arbete görs.

## 7. Lager:

Produkter i lager förädlas inte och ökar således inte i värde. Lager tar plats och kräver hantering.

Om den sistnämnda skriver Hayes & Wheelwright (1984, p.359) att:

*"...inventory is the root of all evil..."*

Vidare anses överproduktion som den värsta av de sju ty den för med sig många av de andra.

Eliminering av nämnda slöserier ger högre effektivitet och lägre kostnader. För att göra detta och följa LM-filosofin bör de grundpelare och verktyg som utgör LM studeras ingående. Men först sammanfattas de 14 karakteristiska principer för hur ledningen ska förhålla sig till företaget vid strävan efter LM, enligt Liker (2004).

1. Basera företagets beslut på långsiktigt tänkande, även då det sker på bekostnad av kortsiktiga finansiella mål.
2. Skapa ett kontinuerligt materialflöde för att belysa problem.
3. Använd "dragande" system för att undvika överproduktion.
4. Jämna ut arbetsbelastningen.
5. Skapa en kultur där produktionen stoppas för att fixa problem så att kvaliteten blir rätt från början.
6. Standardiserade uppgifter är grunden för ett ständigt förbättrande och medarbetarnas medverkan.
7. Använd visuell styrning så att inga problem döljs.
8. Använd endast pålitlig och noga testad teknologi som betjänar arbetarna och processen.
9. Utveckla ledare som på djupet förstår verksamheten, lever filosofin och lär ut den till andra.
10. Utveckla exceptionella individer och lag som följer företagets filosofi.
11. Respektera partners och leverantörer genom att utmana dem och hjälpa dem bli bättre.
12. Gå och se med egna ögon för att verkligen förstå situationen.
13. Fatta beslut långsamt och i samförstånd, noga överväg alla alternativ, därefter implementera beslutet snabbt.
14. Bli en lärande organisation genom obehaglig reflektion och strävan att förbättras.

Som tidigare nämnt vilar LM på ett antal grundpelare som var och en på sitt sätt bidrar med verktyg och metoder för att göra företaget effektivare. Vissa är övergripande i sin natur, andra lite mer inriktade.

### 3.2.1 Kaizen

Kaizen är ett japanskt ord och betyder "förbättring". Med det menas att ständigt göra små förbättringar så att organisationen utvecklas från dag till dag. En vanlig missuppfattning är att det krävs stora omläggningar i processer för att nå resultat; detta är falskt då rätt inkrementella steg kan leda till stora framgångar. Kaizen har på senare tid blivit alltmer populärt och börjat anammas av andra branscher än tillverkningsindustrin, till exempel sjukvården (Matthews, 2010).

### 3.2.2 Kanban

Kanban är ett system som möjliggör en smidigare övergång mellan materialbehov och tillfredsställt materialbehov. Ordet kanban är även det japanskt och betyder kort. Konceptet går ut på att ett kort

bär information om vad, antal, och vid vilken tid behov av ytterligare material förväntas. Det skickas till föregående produktionssteg eller lager och innan behovet är framme. Det gör det möjligt att på ett okomplicerat sätt hålla ner lagernivåerna samtidigt som produktionsprocessen tillåts fortsätta ostört. På så sätt kan ett annat begrepp inom LM uppfyllas, nämligen JIT.

### 3.2.3 Just-in-time

Just-in-time (JIT) är en filosofi som syftar till att få rätt detaljer på rätt plats och i rätt antal precis då de behövs, varken tidigare eller senare. Genom detta förhållningssätt är det möjligt att exempelvis minska kvantiteten i mellanlager och kostnader däri knutna, reducera ledtiden och snabbare svara på marknadens efterfrågan.

### 3.2.4 5S

De fem japanska orden *seiri*, *seiton*, *seison*, *seiketsu* och *shitsuke* utgör metoden 5S (Fabrizio & Tapping, 2006). Alla börjar med samma bokstav, därav namnet. Metoden syftar till att ge organiserade arbetsplatser och engagera alla i bibehållandet av detta. För att vägleda arbetarna i fabriken och upplysa dem om metoden placeras informerande skyltar på lämpliga ställen vid arbetsplatserna. Översättningarna kan variera något beroende på litteratur men huvudprincipen är densamma.

- Seiri – sortera. Ta bort alla onödiga verktyg, arbetsmoment, dokument etcetera och behåll endast det som är nödvändigt.
- Seiton – systematisera. Allting nödvändigt bör ha en dedikerad väl markerad plats och platsen bör väljas omsorgsfullt.
- Seiso – städa. Arbetsplatsen ska hållas städad och i slutet av varje skift bör allting finnas på sin avsedda plats. På så sätt framgår det tydligt om något saknas.
- Seiketsu – standardisera. De tre punkterna ovan bör utmynna i ett standardiserat arbetssätt.
- Shitsuke – Disciplin. När det nya arbetsförhållandet enligt de övriga fyra punkterna har inrättats ska det fullföljas och utvecklas. Då ett nytt verktyg eller arbetsmoment introduceras ska det implementeras på ett sätt som uppfyller punkterna ovan.

Kaizen, kanban, JIT samt 5S har alla blivit en väsentlig del i den kontinuerliga utvecklingen i många produktionstunga företag världen över.

## 3.3 Agile Manufacturing

Det finns åtskilliga rapporter och artiklar publicerade som behandlar ämnet Agile Manufacturing (AM). Det framgår att ämnet är ungt då många av skribenterna definierar begreppet på olika sätt, men det görs utan motsägelse till varandra (Jin-Hai, Anderson & Harrison, 2003; Ramesh & Devadasan, 2005). Detta tyder på att en avsaknad av en etablerad definition finns men också på att den akademiska världen är tämligen överrens om vad konceptet innebär. Jin-Hai, Anderson & Harrison (2003) har vaskat fram de element med tyngd som preciserar AM och som återkommer i vetenskapliga publikationer enligt följande:

- Reaktion till förändringar och osäkerheter
- Utveckling av kärnkompetenser
- Tillhandahållande av produkter med hög grad av kund Anpassning
- Sammanställning och integrering av en mångfald av teknologier
- Integrering inom och mellan inblandade företag i verksamheten

Jin-Hai, Anderson & Harrison (2003, p.173) summerar ovan nämnda punkter till följande löptext:

*"In essence, we conclude that the concept of [agile manufacturing] embodies the ability to cope with change by the application of partners' core competencies to supply customised products. It requires the synthesis of diverse technologies within an integrated system."*

Av detta kan konstateras att konceptet är komplext och innefattar en mängd förmågor och tekniker som måste behärskas. Sarkis (2001) tar även upp en annan viktig aspekt inom AM vilken är den tidigare nämnda filosofin LM. Genom att kombinera dessa kan en organisation uppnå ytterligare fördelar.

De två filosofierna är utarbetade för och lämpliga i situationer med rakt motsatta förutsättningar. De kan dock i vissa fall också med fördel kombineras. Christopher & Towill (2001) tar upp tre praktiska exempel på hur en förening av de båda skulle kunna gå till.

### **3.3.1 Kundorderpunkt**

En kundorderpunkt är den punkt i produktionen då övergången mellan produktion mot lager och kundorderstyrd produktion sker. Allt som händer i produktionen innan kundorderpunkten kan med hjälp av LM standardiseras och effektiviseras för att klara höga volymer med lägre tillverkningskostnader som följd. Genom att efter kundorderpunkten tillämpa AM på slutmonteringen uppnås på ett effektivt sätt en stor flexibilitet och kundanpassning. Fördelarna med denna ansats är att en liten mängd standardartiklar kan tillfredsställa en bred kundkrets. En nackdel är att en viss mängd lager tvunget måste hållas för att kunna montera på beställning.

### **3.3.2 Pareto-principen**

Ett annat sätt att kombinera LM och AM är att utnyttja den så kallade Pareto-principen. Principen myntades av Vilfredo Pareto och säger att 20 % av orsakerna står för 80 % av effekterna. Enligt denna princip hävdar Koch (1997, refererat i Christopher & Towill, 2001) att vid analys av en tillverkande eller distribuerande verksamhet kommer omkring 20 % av produktfloran stå för runt 80 % av omsättningen. Detta kan utnyttjas genom att tillämpa LM på dessa betydelsefulla 20 % och skapa ett standardiserat produktionsflöde medan för de övriga produkterna öka flexibiliteten med hjälp av AM. Den slående fördelen är att ett brett utbud av produkter kan levereras samtidigt som tillverkningskostnaderna hålls nere.

### **3.3.3 Separering av stabil och varierande efterfrågan**

Vi de tillfällen då en verksamhet har produkter av både stabil och varierande efterfrågan är det nödvändigt att skilja på dessa. Här kommer ett tredje sätt att kombinera LM och AM på in i bilden. Vid en stabil efterfrågan är det mycket lämpligt att använda sig av LM medan det vid varierande efterfrågan krävs en betydligt större flexibilitet för att kunna hantera volymförändringarna. Kombinationen ger en verksamhet som kan ägna sig åt basproduktion av artiklar med stabil efterfrågan när efterfrågan är låg för övriga artiklar. Det som uppnås är ett maximalt utnyttjande av resurser.

## **3.4 Processorientering**

Den traditionella organisationsstrukturen är hierarkiskt uppbyggd som en pyramid med många nivåer av beslutsfattande. Den är präglad av funktionella silor och fokuserar på eliminering av slöseri. Det som glöms bort är flexibiliteten i en värld av förändring och ständig utveckling.

Organisationer måste anpassa sig då konkurrenskraften alltjämt oftare ligger i tillgänglighet snarare än pris. Det som fungerade förr är inte längre tillräckligt och Ljungberg & Larsson (2001) hävdar att framtiden ligger i processer. Detta påstående styrks av att det rapporteras betydligt fler positiva än negativa effekter efter genomförda fallstudier av processorientering inom olika verksamheter (Kohlbacher, 2010).

### 3.4.1 Processer

Konceptet med den processorienterade verksamheten baseras på affärsidén och visionen. Utifrån denna ska huvudprocesser definieras och kartläggas för att sedan ligga till grund för och forma hela verksamheten, allt från organisationsstruktur till resurser, ledarskap och kultur. En process definieras av många på olika sätt. Ljungberg & Larsson (2001, p.44) har formulerat en definition, som svårligen ska kunna misstolkas, enligt följande:

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

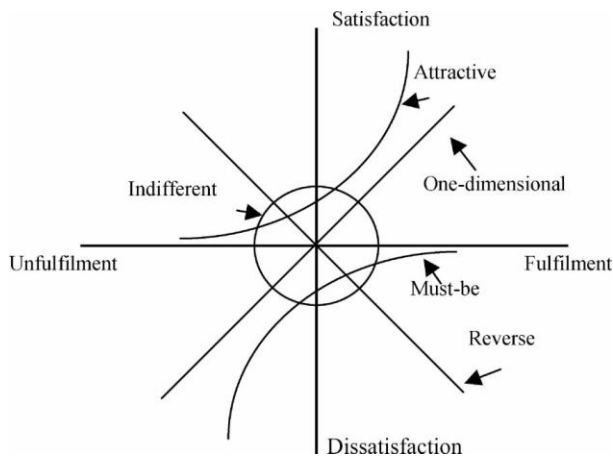
Av definitionen framgår alltså att en process inte är något som avser enbart ett materialflöde. En del av resonemanget bygger på LM och VSM som i stor grad syftar att eliminera slöseri i värdeflödeskedjan. Skillnaden är att processer är gränsöverskridande mellan funktionerna i en organisation och fokus ligger på kunden och hur dess behov förändras över tiden. Processer arbetar för att ständigt följa upp dessa behov och detta är vad Ljungberg & Larsson (2001) kallar för yttre effektivitet, hur väl verksamheten faktiskt tillfredsställer kundens behov. Detta är centralt inom den processbaserade verksamheten och därför är det viktigt att kundbehovets dynamik beskrivs lite utförligare.

### 3.4.2 Kundbehov

För att en potentiell kund överhuvudtaget ska överväga en vara måste den uppfylla ett antal grundläggande krav som kallas orderkvalificerare. De egenskaper som varan erbjuder utöver detta och särskiljer den från konkurrenterna kallas ordervinnare (Hill & Hill, 2009). Tankegången bygger på Kano-modellen som illustrerar hur en varas egenskaper kan delas in i fem kvalitetsdimensioner som alla påverkar kundtillfredsställelsen och hur attraktiv varan uppfattas (Yang, 2005).

- attraktiva kvaliteter
- proportionella kvaliteter
- baskvaliteter
- obetydliga kvaliteter
- motverkande kvaliteter

Figur 7 visar hur dessa dimensioner samverkar.



Figur 7. Kano-modellens olika dimensioner och hur de influerar kundnöjdhet (Yang, 2005, p.1128).

Attraktiva kvaliteter ger upphov till omedvetna behov hos en köpare och skapar konkurrenskraft för varan. De proportionella kvaliteterna är uttalade och något som kunden eftersöker. Baskvaliteterna är outtalade och förväntas av kunden och är därför kritiska för att kunden ska överväga varan (Yang, 2005). Vanligen utelämnas de två sistnämnda dimensionerna i Kano-modellen. De obetydliga kvaliteterna, på grund av kundens likgiltighet till dessa, och de motverkande kvaliteterna, eftersom de i princip kan betraktas falla in under de proportionella kvaliteterna.

Det som Kano-modellen vidare beskriver är att kvaliteter som är attraktiva sakta vandrar mot att bli proportionella. Detsamma gäller de proportionella kvaliteterna som vandrar mot att bli baskvaliteter. Innebörden är att det som var nytt, modernt och efterfrågat igår, betraktas idag som självklart (Yang, 2005). Detta kan exemplifieras av SMS (Short Message Service) som när det introducerades var en särskiljande funktion hos mobiltelefoner men som nu anses vara grundläggande och tas för given. De flesta kan i dagsläget överhuvudtaget inte tänka sig en mobiltelefon utan SMS-funktionen.

### 3.4.3 Huvudprocesskarta

Huvudprocesserna är de processer som förverkligar affärsidén för en verksamhet och de är vanligtvis inte fler än åtta, ofta färre (men givetvis finns undantag). Tillsammans beskriver huvudprocesserna hela verksamheten och hur värde skapas. En huvudprocesskarta ska vara lättförståelig och bidra med en helhetsbild av vad verksamheten gör och framför allt varför. Den skapar förståelse för hur verksamheten hänger samman och dessutom blir kunden en viktig del av hur verksamheten beskrivs (Ljungberg & Larsson, 2001).

Tillvägångssättet är likt det för VSM men som tidigare nämnts begränsar sig kartläggning av processer inte enbart till materialflöde. Det som kartläggs är istället den logiska följderna av aktiviteter inom företaget, från det att kundbehovet identifierats till dess att det är tillfredsställt (Ljungberg & Larsson, 2001). Detta innefattar alltså även mottagning av kundorder och utveckling av nya produkter. Kundtjänst efter försäljning kan också vara en viktig del för verksamheten.

### 3.4.4 För- och nackdelar

Eftersom förändringsarbetet berör hela verksamheten i stor utsträckning är det ett mycket omfattande och tidsödande projekt. Förändringarna påverkar den gamla strukturen och eftersom chefspositioner utmanas kommer projektet stöta på hårt motstånd. Därför är stöd från högsta

ledningen essentiellt för en framgångsrik implementering (Ljungberg & Larsson, 2001). Fördelar som påvisats efter omfattande rapportstudier av Kohlbacher (2010) är, i den ordning de omnämns, bland annat:

- tidsförbättringar, framför allt i form av cykeltider
- förbättrad kundtillfredsställelse
- förbättrad kvalitet, framför allt i form av produktkvalitet
- kostnadsreduktioner, en studie visade på negativa effekter
- förbättrad finansiell prestanda, i form av exempelvis avkastning, försäljning och vinstmarginal



## 4 Empiri

*Målet med detta kapitel är att ge läsaren en fullgod bild av verksamheten hos TP D&B så att denne kan tillgodogöra sig nästkommande kapitel. Först presenteras avsnittet bakgrund vilken har en övergripande orienterande roll och är en förutsättning för att läsaren ska förstå senare delar i kapitlet. Därefter presenteras kartor över TP D&B:s områden och produktion följt av en omfattande nulägesbeskrivning. Avslutningsvis framförs de VSM:er som empirin har kulminerat i.*

För att minimera felkällor och få så valida resultat som möjligt försöker examensarbetarna använda data som sträcker sig över en längre period. Detta för att faktorer som exempelvis säsongsfluktuationer, stora semesterledigheter eller temporära maskinhaverier inte ska manipulera studien. Om sådan data inte är tillgänglig används data som av diverse anställda på D&B anses representativ för ett helt år. Vidare har data från 2009 uteslutits då de på grund av lågkonjunktur skiljer sig mycket åt från övriga år.

### 4.1 Övergripande om verksamheten

#### 4.1.1 Detaljnivå för studien

I syfte att åskådliggöra materialflödet av rör och de aktiviteter som ingår i produktionsprocessen på ett övergripande sätt har produktionsorder i första hand valts som lämplig storlek för VSM:en. Detta val baseras på att hela produktionen och allt som hör till är orderstyrt och det är även en tydlig avgränsning för hur personalen arbetar i tillverkningen. En nackdel är att orderstorlekarna varierar tämligen kraftigt och ger därför upphov till viss volatilitet som generaliseras. I vissa sammanhang är produktionsprocessen mycket komplex och gör att en produktionsorder är för stor för att effektivt kunna representera flödet. I dessa fall har enskilda rör valts som detaljnivå för att bättre beskriva flödet på djupet.

#### 4.1.2 EMV Stainless AB

EMV startades år 1994 av en före detta anställd på Alfa Laval och bestod i svetsarbeten och montering av processanläggningar i en plåtverkstad. Den delen av Alfa Laval köptes år 1992 upp av Tetra Pak. Då beläggningen hos TP D&B var full, och order fortsatte strömma in tog EMV emot order som inte TP D&B hann med. Detta gjordes och görs fortfarande på uppdrag av TP D&B (detta kallas även för legotillverkning). För att kunna möta den efterfrågan som TP D&B kräver har EMV expanderat och byggt nya lokaler som tiofaldigt kapaciteten. Utöver montering av processanläggningar och rörkapning åt TP D&B tar EMV emot bock- och kaporder från andra företag. De utför även kragningar av rör, fräsning och svarvning, blästring samt stativtillverkning. EMV jobbar endast med rostfritt stål.

#### 4.1.3 Branded Processing Unit

Först förklaras i detta avsnitt hur termen *produkt* används. Med produkt avses själva livsmedlet och oavsett vad kundens önskemål är ska produkten behandlas på ett eller annat sätt. TP D&B:s kunder finns över hela världen och branschen de verkar i är mycket bred, således är variationen på produktsorter mycket stor. Produkter som är vanliga och förekommande är mjölk, juice och läsk. Pannkakssmet, risgrynsgröt, tomatpuré och ketchup är trögflytande men behandlas likväl också.

En BPU, eller processanläggning, är vad som levereras när kunden beställer en helhetslösning. I den ingår en eller ett flertal moduler och i dessa ingår större komponenter som krävs för att BPU:n ska

fungera. I och med att TP D&B erbjuder skräddarsydda lösningar är det kundens önskemål och produkt som avgör vilka moduler och komponenter som ska ingå i den beställda BPU:n.

En modul som i princip alltid ingår är en så kallad huvudmodul. Komponenterna som den består av beror också på kundens specifikation men ofta ingår en produkttank, frekvensomriktare, ett flertal elektriska pumpar, ventiler som dirigerar produkt och disklösning, plattvärmeväxlare, styrenhet samt hållarceller. Styrenheten är BPU:ns ansikte utåt och något av hjärnan i maskineriet; här väljs program, processparametrar, tider etcetera. Hållarcellernas uppgift är att hålla produkten i en specificerad temperatur under en viss tid så att bakterierna elimineras. Värmeväxlaren som köps in utgör en central del i hetvattenkretsen i huvudmodulen; temperaturväxlingen sker mellan vattenånga och produkt. Vidare tillkommer en hel del kablage mellan komponenterna då allting är elektriskt styrt. Rören som är av intresse för studien monteras mellan komponenterna och fungerar som en förbindelse där produkt och vatten transporteras.

En homogenisator förekommer ibland också i en BPU. Dess främsta uppgift är att slå sönder fettpartiklar och homogenisera produkten. Den används främst då produkten är mjölk eller grädde. Tubvärmeväxlare används för produkter som är tämligen trögflytande och där risken för stopp är påtaglig och plattvärmeväxlare används för lättflytande produkter.

Rören och dess materialflöde som studeras har alltså sin slutdestination i en BPU. BPU:n ses följaktligen som kund utifrån de interna produktionsprocesserna. Mer om BPU:ns moduler finns i kapitel 4.4.2 *Typer av produktionsorder*.

#### **4.1.4 Rördimensioner**

En mängd olika rör används av TP D&B och en begränsning är nödvändig för att göra det möjligt att studera situationen. Av de rör som används i tillverkningen finns två olika standarder som kallas ISO respektive DIN. ISO-standarderna benämns ibland även som SMS (svensk mejeristandard). DIN-standarderna är en relativt ny option för kunden att välja en BPU beställs och denna standard infördes under år 2010. Få beställningar har hittills tagits emot med denna standard och intresset är alltså lågt. Statistik och data är därför mycket begränsad och av dessa anledningar är detta arbete begränsat till, och statistik baserad på, ISO-standarderna.

Det finns både tjockväggiga och tunnväggiga ISO-rör varav de tjockväggiga är ovanliga i produktionen och används endast vid ångapplikationer. Då detta är ovanligt har därför de tjockväggiga ISO-rören valts bort. Arbetet har därmed koncentrerats på tunnväggiga ISO-rör som kan anses vara representativa i produktionen.

Vidare kan en anläggning innehålla nio olika diameterdimensioner av de tunnväggiga ISO-rören beroende på var de sitter, till vad de är kopplade, vilket flöde som de är ämnade för samt vilka optioner som kunden valt på anläggningen i fråga. TP D&B har två bockningsmaskiner varav den ena endast bockar de två minsta dimensionerna av rör och denna maskin är relevant då detta materialflöde anses vara litet och utanför ramen för kartläggningsarbetet. De sju andra diameterdimensionerna av tunnväggiga ISO-rör är därför de rör som legat till underlag för rapporten. I tabell 1 och tabell 2 beskrivs de olika typerna av rör och huruvida de är valda.

Tabell 1 Rördimensioner av DIN-standard och deras inblandning i studien.

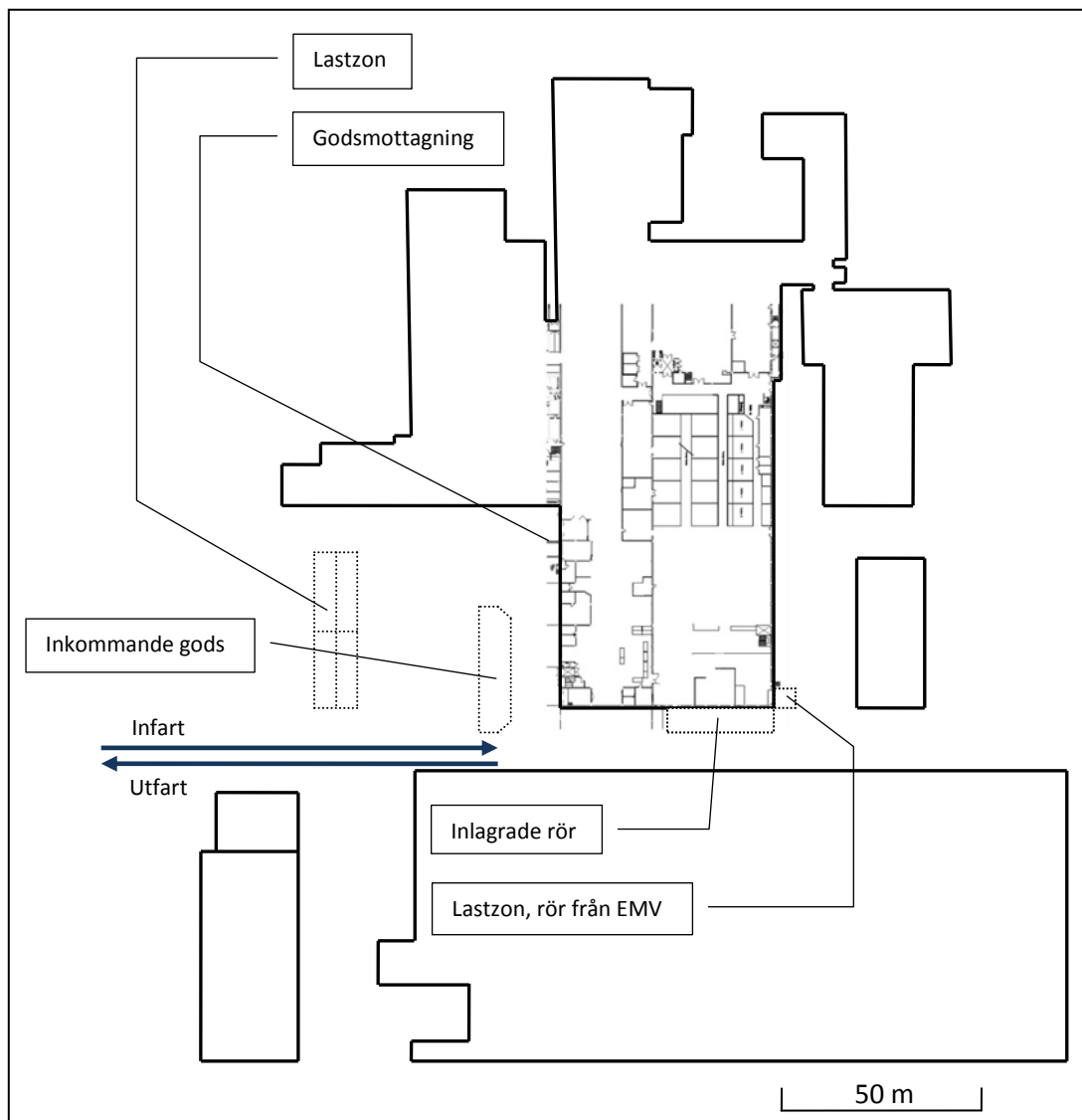
| DIN-standard |              |             |
|--------------|--------------|-------------|
| Diameter     | Tjockväggiga | Tunnväggiga |
| 38,0 mm      | Nej          | Nej         |
| 56,0 mm      | Nej          | Nej         |
| 63,5 mm      | Nej          | Nej         |
| 76,1 mm      | Nej          | Nej         |
| 129,0 mm     | Nej          | Nej         |
| 154,0 mm     | Nej          | Nej         |

Tabell 2 Rördimensioner av ISO-standard och deras inblandning i studien.

| ISO-standard |              |             |
|--------------|--------------|-------------|
| Diameter     | Tjockväggiga | Tunnväggiga |
| 10,0 mm      | Nej          | Nej         |
| 19,0 mm      | Nej          | Nej         |
| 25,0 mm      | Nej          | Ja          |
| 38,0 mm      | Nej          | Ja          |
| 51,0 mm      | Nej          | Ja          |
| 63,5 mm      | Nej          | Ja          |
| 76,0 mm      | Nej          | Ja          |
| 101,6 mm     | Nej          | Ja          |

## 4.2 Layout

Fortsättningsvis och i synnerhet i de nästkommande avsnitten hänvisar examensarbetarna till diverse fysiska platser av intresse. För att möjliggöra en fullgod förståelse ges i figur 8 en layout över området där TP D&B är verksamt på Öresundsvägen i Lund.

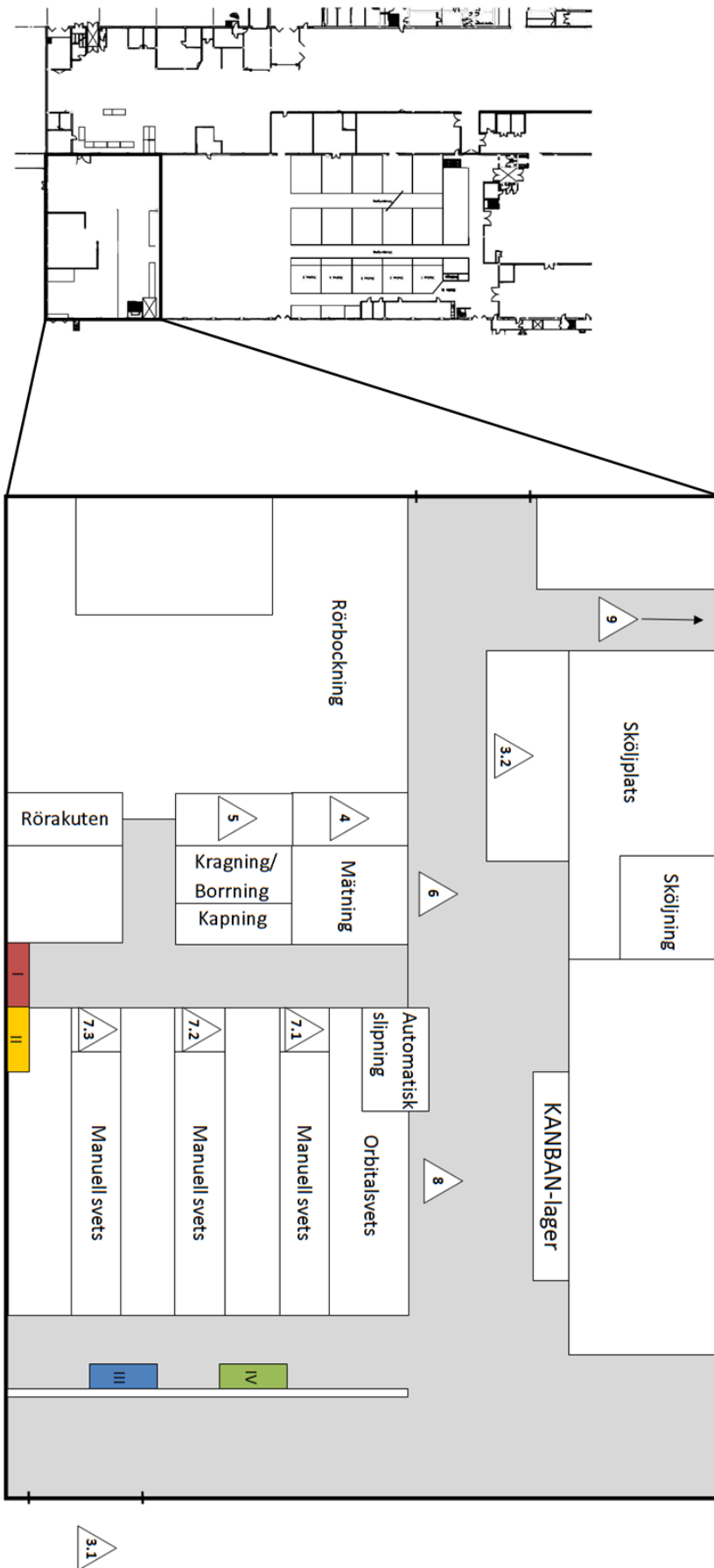


Figur 8. Översiktskarta och översiktsbild över lastzonen till vänster, rörlådor i mitten och godsmottagning till höger.

I figur 8 syns den markerade lastzonen där lastbilar med inkommande rör stannar för att lasta av godset. Det tas emot av en truckförare och flyttas till platsen markerad som *inkommande gods*.

Denna ruta är uppdelad i fyra delar tillhörande fyra olika bolag inom Tetra Pak: D&B, CSC, CHT samt CHP (CSC, CHT och CHP är likt D&B bolag i Tetra Pak men dessa behandlas inte närmare då de inte är intressanta för studien). Efter att personalen i godsmottagningen har bekräftat mottagningen flyttas rören till rutan markerad som *inlagrade rör* och förblir där tills de skickas iväg till EMV. Mer ingående information om rörens förflyttning och tillhörande aktivitet på området återfinns i avsnitt 4.3.2 *Leverans av rör*.

I figur 9 visas produktionslinjen i detalj och dess placering i förhållande till övriga verkstaden.



Figur 9. Detaljerad principskiss över tillverkningslinjen och dess placering i förhållande till övriga verkstaden.

Lagren i figuren är som synes numrerade från 3 till 9. Ett lager som är numrerat med två nummer (exempelvis 3.1 och 3.2) är fysiskt sett uppdelat fast betraktas ändå som *ett* lager.

## 4.3 Nulägesbeskrivning

### 4.3.1 Konstruktör

När en säljorder är specificerad tilldelas en konstruktör ansvar att rita anläggningen. Arbetet är omfattande på grund av den stora mängden tillval och alternativ som finns tillgängliga för kunden. Konstruktören utgår från en mall med standardutförande och anpassar den så att den stämmer överens med artikelförteckningen och flödesschemat. Samtlig rörledning måste konfigureras och varje ventil måste läggas till i modellen och det måste säkerställas att 3D-ritningen motsvarar verkligheten. Direktiven för rörledning är att i första hand rita 90-gradersbockar och i andra hand 45-gradersbockar. Varje artikel i ritningen måste kontrolleras och bockas av mot artikelförteckningen för att säkerställa att kundens specifikation uppfylls. Ritningen avsynas och kontrolleras så att allt är korrekt samt föreslår eventuella förbättringar av rördragning. När ritningen är kontrollerad och godkänd sker automatisk generering av så kallade APD-ritningar på samtliga rör, inklusive svetsfogar, kopplingar och ventiler. Då ventiler är delbara och ska svetsas på två olika rördetaljer genereras det en ritning för var sida av ventilen tillsammans med det röret den ska svetsas ihop med. Detta innebär att båda ändarna av samma ventil inte nödvändigtvis hanteras och svetsas av samma operatör. Konsekvensen av det är att anpassningen mellan de två ändpunkterna av den rörledning som hålls samman av ventilen blir svårare att säkerställa då det skapas ytterligare en felkälla. Ritningar måste även genereras på anläggningen som helhet i olika vyer där varje artikel är markerad. Dessa används sällan av operatörerna då dataskärmar finns tillgängliga i produktionen. En BPU har en ungefärlig ledtid hos konstruktören på två veckor.

Det genereras även automatiskt vad som kallas för kaplistor och svetslistor. Kaplistan preciserar längden och dimensionerna på de rör som ska ingå i en processanläggning och de är till för att operatören hos EMV ska veta vad som ska kapas till respektive rörsats. Svetslistan preciserar för svetslinjen exakt vad som ska göras med varje rör och svetsdetalj och här ingår bockning, svetsning, kragning/borning, kapning och slipning. Dessa båda listor beskrivs utförligare och hur de kommer till nytta i kartläggningsarbetet senare i kapitlet under avsnitt *4.4 Övergripande om orderstatistik*.

Under konstruktörens arbetsgång sker även uppdatering av ritningsmallarna när det har skett förändringar angående ventiler och utföranden av olika konfigurationer från sist mallen användes. Viss mening bland konstruktörer råder att de mallar som används är alltför detaljerade och inte borde innehålla de tidigare nämnda APD-ritningarna då detta skapar ett mycket svårunderhållet system.

### 4.3.2 Leverans av rör

TP D&B har avtal med den tyska rörtillverkaren Butting som levererar huvuddelen av den nödvändiga mängden rörledning ökad i standardutförandet 6-metersrör. Butting fullföljer leveransen med lastbil och rören transporteras i så kallade rörhäckar, trädlådor som rymmer ett visst antal rör av varje dimension. Leveranstiden är ungefär fyra veckor och för att kunna uppfylla det krävs att Butting håller ett buffertlager i anslutning till sitt distributionscenter i Tyskland som fylls på vid behov. Baserat på historiskt årsbehov och enklare trendanalyser läggs preliminära order ett kvartal innan behovet uppstår och levereras till TP D&B ungefär en gång per månad med kvantiteter baserade på prognos och fyllnadsgrad i orderböcker.

När en lastbil med rör anländer till TP D&B stannar den i rutan kallad *lastzon*; där lastar en truckförare av godset och ställer det på rutan markerad som *inkommande gods*. Truckföraren tar emot följesedeln av lastbilschauffören varpå kvantitet och kvalitet kontrolleras; om allt stämmer bekräftas att rören har anlänt och följesedeln läggs i ett fack tillhörande TP D&B. Följesedeln hämtas därefter av lagerpersonal som tilldelar rören en plats på gården genom att häfta fast en lapp på rörlådan. Rörlådan lagras in på avsedd plats och där står de tills ett behov av rör uppstår hos EMV.

En ytterst liten andel av rören som skickas till TP D&B från Tyskland stannar i Lund hos TP D&B. Dessa rör är ämnade att agera som reservrör i bockningsstationen och lagras i ett paternosterlager intill bockningsmaskinen.

### 4.3.3 Kapning

Innan rör kan kapas hos EMV krävs det att en stor mängd arbete läggs ner för att bereda rören för kapning. Detta arbete innebär att utifrån de tidigare nämnda APD-ritningarna utöka den nödvändiga längden på de rårör som ska kapas, och senare bockas, då bockningsmaskinen kräver greppyta och extra ändlängd för att bockningen ska fungera. Beredningen sker kontinuerligt av ansvarig för svetslinjen för en veckas samtliga order åt gången och minst en vecka innan bockningen för dessa order ska påbörjas. Kaplistan beskriver de enskilda kapade rörens specifika artikelnummer tillsammans med anläggningens tillverkningsnummer och de nya beredda längderna specificeras för varje rör i denna lista. Nästa veckas samtliga order, tillsammans med de redigerade kaplistorna, skickas i regel på onsdagen till EMV så att de har god tid på sig att utföra kapningen och så att de kapade rören hinner återvända till TP D&B innan de ska bockas veckan därpå.

Ansvarig för organiseringen av rörkapning hos EMV ser till att okapade rör beställs från TP D&B i Lund en gång i veckan i orderkvantiteter beräknade att täcka kommande veckas produktion, det vill säga den produktion som nästa veckas kaplistor avser. Rören kapas sedan ordervis och läggs i avsedd vagn för obockade rör. En sådan vagn kan beroende på orderstorlek rymma en till två order. Då EMV har behov av att kapa rör till egen produktion utförs den största delen av kapningen till TP D&B under lördag och söndag. För att säkerställa att bockningsmaskinen i Lund inte står utan order att bocka, kapas och skickas vanligtvis en liten del av kommande veckas order under fredagen. Den återstående, större delen avses vara färdig hos EMV under söndagen och redo att skickas till TP D&B på måndagmorgonen.

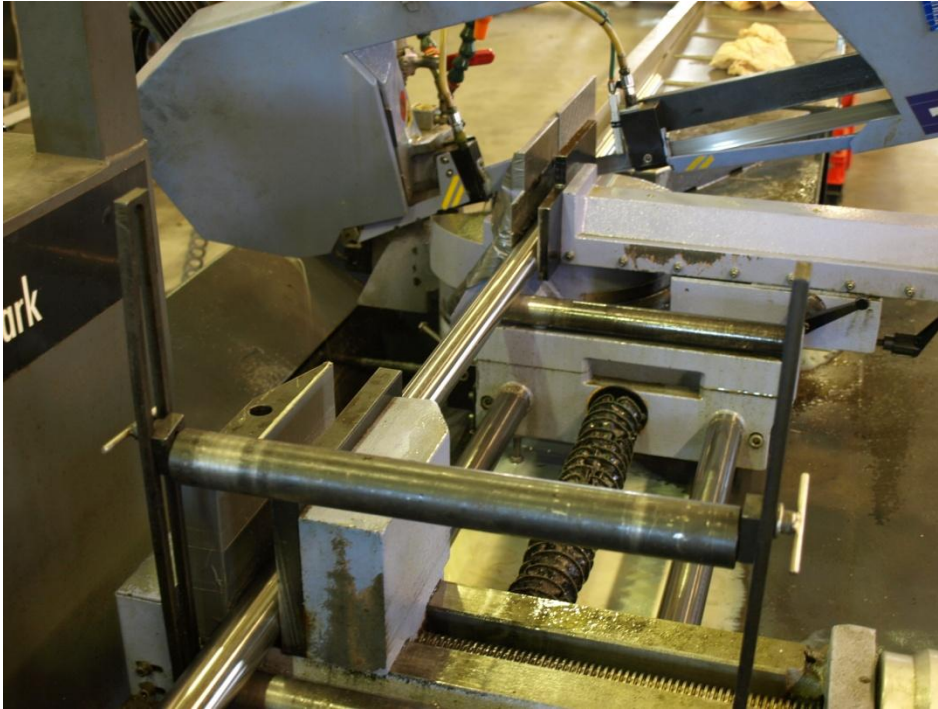
Själva kapningen hos EMV styrs av den så kallade kaplistan. Denna lista är sorterad efter dimension i ökande ordning samt efter längden på rören. Operatören går igenom denna lista med början högst upp och arbetar sig nedåt i listan. Utgångsmaterialet är sex meter långa rör och dessa kapas alltså upp till specifika längder. När den återstående längden på det ursprungliga 6-metersröret är för kort för nästa rör i listan läggs rörbiten åt sidan och kapning på ett nytt 6-metersrör påbörjas. Denna rörbit kan alltså vara relativt lång och kan därför kanske användas till nästkommande order. Detta görs i dagsläget inte på ett systematiskt genomtänkt sätt utan en hel del rör kasseras istället.

För att dessa kassationer inte ska ackumuleras och ge upphov till stora skillnader mellan den verkliga mängden rör som finns i lager och den mängden rör som finns i affärssystemet konsumeras alltid 25 % extra från affärssystemet för varje kaporder. Exempelvis konsumeras 125 meter rör från affärssystemet för en order vars totala längd på alla ingående rör är 100 meter. Detta extra påslag är schablonmässigt och tillämpas på alla order som skickas till EMV för kapning. Påslaget inkluderar



även den längd som adderas för bockningsmaskinens räkning vilket beskrivs under avsnitt 4.3.4 *Bockning*.

I dagsläget finns två kapningsmaskiner hos EMV, en manuell och en semiautomatisk. Dessa har spännbackar vars längder är 240 respektive 500 millimeter. Det betyder med andra ord att spillbiten för varje 6-metersrör inte kan vara mindre än 240 och 500 millimeter, beroende på vilken maskin som används. Figur 10 visar den semiautomatiska kapningsmaskinen.

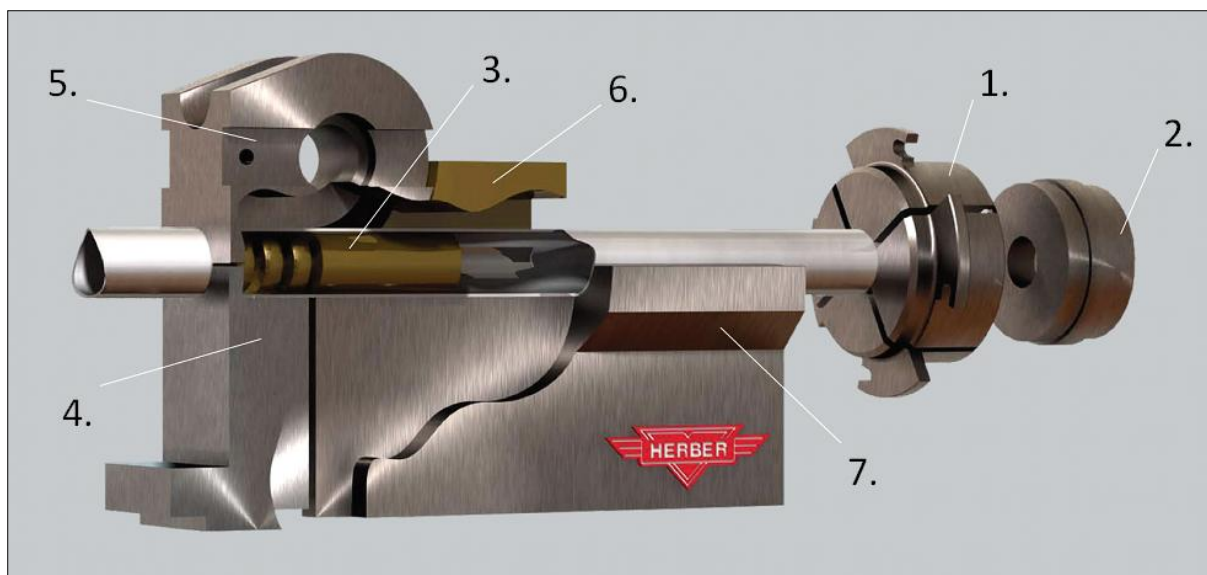


Figur 10. Kapning av rör hos EMV.

#### 4.3.4 Bockning

Bockningsmaskinen har inget inbyggt säkerhetsprogram som kontrollerar vad resultatet av bockningsförfarandet för ett specifikt rör egentligen blir. Detta innebär att maskinen inte ifrågasätter bockningsprogrammet och röret kan därför bockas på vilket sätt som helst. Om programmet inte kontrolleras finns risken att röret tar i marken eller bockningsmaskinen under själva genomförandet. Ritningarna och koordinaterna genereras automatiskt efter regler som gäller för maskinen men dessa måste alltså dubbelkollas och beredas innan själva bockningen utförs. Även denna beredning utförs av ansvarig för svetslinjen och innebär att för varje order dela in rören efter diameter och utifrån de nämnda koordinaterna, givna av APD-ritningen, kontrollera så att det tänkta röret faktiskt går att bocka utan problem. Indelningen är nödvändig för att samtliga rör av en viss diameter ska kunna bockas i följd; detta för att minska ställtider på bockningsmaskinen.

Bockningsmaskinen är en hydraulisk modell av märket Herber. Den klarar av att bocka alla dimensioner som TP D&B använder sig av utom de två minsta med en diameter på 10 respektive 19 millimeter. I figur 11 beskrivs de ingående delarna i bockningsmaskinen och sedan hur bockningsförfarandet går till.



Figur 11 Schematisk principskiss över de delar i en bockningsmaskin som utför bockningen. 1) chuck, 2) rörstopp, 3) dorn med kulor, 4) låsback, 5) profilskiva, 6) stödsko, 7) stödskena (Herber, n.d.).

I figur 11 går det att se hur bockningsmaskinen är uppbyggd. I en vagn på räls sitter en chuck (1). Bakom denna sitter ett rörstopp (2). Chucken spänner fast en dorn med kulor (3). I dornens förlängning befinner sig låsbackar (4) och profilskivor (5). I anslutning till dessa sitter en stödsko (6) och en stödskena (7).

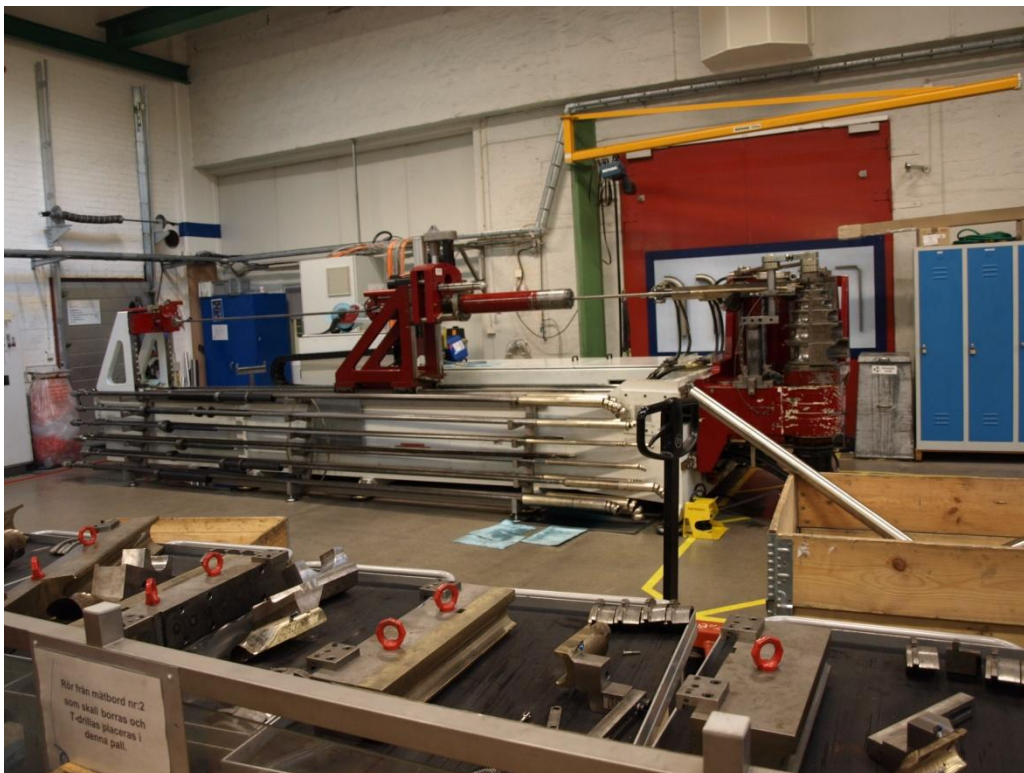
Själva bockningen utförs genom att dornen med kulorna förs in i röret så att kulorna ligger där bocken ska bli. Kulorna är rörliga och kan följa med när röret bockas och stabilisera upp insidan. Klämbacken förs mot profilbacken och spänner på så sätt fast röret. Genom att klämbacken och profilbacken tillsammans roterar till avsedd bockvinkel böjs röret runt profilbacken. Under tiden matas röret långsamt genom att dornen och chocken på vagnen förs framåt på rälsen. Detta är för att godset inte ska förtunnas mer än nödvändigt i ytterradien av bocken. Stödskon och stödskenan är till för att styra röret rätt och under bockningen glider röret längs med båda dessa. Rören är tillverkade av rostfritt stål och det krävs att de verktyg som utsätter rören för friktion är av ett mjukare material. Därför är stödskon och stödskenan gjorda av mässing och på så sätt minimeras de ytdefekter som verktygen lämnar efter sig på rören.

Profilbackarna och klämbackarna är fasta verktyg som finns för samtliga standarddimensioner och behöver alltså bara bytas när DIN-standard ska bockas. Dornen, stödskenan och stödskon är speciellt anpassade för varje rördimension och måste bytas vid diameterskifte.

När bockning av en order ska inledas måste rören hålla rumstemperatur för att effekterna av termiska förändringar ska minimeras. Därför är det viktigt att operatören en tid innan en order ska påbörjas beställer in aktuell vagn med kapade rör till avsedd buffertzona. Dessa vagnar innehåller ibland upp till två order beroende på ordernas omfattning och rörens dimension. Detta är även viktigt för att ordern ska kunna påbörjas direkt när bockningsmaskinen avslutar föregående order. Råkrörsvagnen rullas in i bockningsområdet och ordern kan påbörjas. Operatören utgår från orderlistan och väljer i bockningsmaskinens styrenhet det första röret på listan och letar sedan fram det märkta röret i råkrörsvagnen. Artikelnumret kontrolleras och programmet överförs till bockningsmaskinen. För att minska friktionen mellan dornen och insidan på röret och för att

förebygga slitage och ytdefekter, sprejas rörets insida med smörjmedel. Rören bockas enligt förutbestämda och enligt APD-ritningar automatiskt genererade koordinater. Det är dessa koordinater som är kontrollerade och beredda inför bockning.

Eftersom bockningsmaskinen måste ställas om när rördiameter skiftas bockas alla rör av samma diameter i följd. När maskinprogrammet ämnat för ett visst rör är färdigt och röret bockat kontrollerar operatören att det inte uppstått några ytdefekter i form av veckningar eller repor. För att säkerställa att bockningsmaskinens inställning inte förändras med tiden görs stickprov på vinklarnas noggrannhet. De färdiga och godkända rören placeras på avsedd plats i anslutning till mätstationen. Figur 12 visar bockningsmaskinen.



Figur 12. Bild på bockningsmaskinen samt dess verktyg.

#### 4.3.5 Mätning

Mätstationen är den aktivitet som kontrollerar och säkerställer att röret innan det svetsas uppfyller de krav som ställs på dess koordinater, vinkelnoggrannhet, och längd. Aktiviteten är också nödvändig för att nästa operatör ska veta var rören ska kapas och var borring samt kragning ska ske och därför måste rören först mätas och hålen markeras ut. Detta görs i en specifik station där all mätning sker. Rören tas från lagringsplats mellan bockning och mätning ett i taget och mäts. Mätbordet är utrustat med speciell mätutrustning som underlättar arbetsuppgiften och här finns också en monitor där aktuella mått och ritningar hämtas. Bockningsvinklar kontrolleras och operatören mäter ut och markerar var eventuella hål och kragningar ska ske med en tuschpenna. Längden mäts och kaplängden markeras för att underlätta för operatören som ska kapa röret. De rör som kragas eller borras läggs i en pall vid kragmaskinen. Om röret inte ska kragas eller borras, det vill säga bara kapas, läggs det på en rövagn bredvid mätbordet. Råkrör som varken bockas, borras, kragas eller kapas mäts ändå för att kontrollera längden på rören. Figur 13 visar mätstationen.





Figur 13. Bild på mätstationen då den inte nyttjas.

#### 4.3.6 Kragning och borring

Kragning och borring sker oftast i samma maskin. Först borrar maskinen ett hål och därefter kragas hålet. Det bör nämnas att inte alla hål kragas. Ibland måste hålen borraras för hand på grund av att geometrin på röret inte tillåter maskinboring; detsamma gäller kragning vilket tar betydligt längre tid att göra manuellt än i maskin. Varje rördimension har tillhörande klämbäckar vilket innebär att kragmaskinen måste anpassas genom klämbacksbyte för varje rördimension. När rör har borrats och kragats läggs de tillbaka i pallen där de hämtats från. Operatörerna är instruerade att den som borrar och kragar även ska genomföra nästa förädlingssteg, avstickning, men detta sker sällan. Kragningsmaskinen visas av figur 14.



Figur 14. Bild på kragningsmaskinen.

#### 4.3.7 Avstickning

Rör som kommer från EMV är kapade men som tidigare nämnts är de rör som bockas längre än sin slutliga längd på grund av bockningsmaskinens behov av greppyta och detta måste nu åtgärdas. Rören hämtas antingen från pallen där färdigkragade och färdigborrade rör finns eller från rörvagnen vid mätstationen. Det finns två olika kagningsmaskiner som hanterar olika rördimensioner; en mindre maskin som kapar rör från 25 millimeter upp till 51 millimeter och en större maskin som kapar alla rör från 63,5 millimeter och uppåt.

Avstickningsmaskinen består av en utvändig chuck, som genom klämbäckar utför en radiell inspänning av röret, och ett svarvskär för avstickning. Maskinen drivs av en elektrisk motor och på styrenheten finns bara en startknapp och en knapp för nödstopp. Själva bearbetningen utförs genom att operatören för in röret i chucken och med hjälp av dess klämbäckar fixerar röret. Ingreppet som följer är likt det för en svarv när ett arbetsstycke ska stickas av och efter att det startats är utförandet helt automatiskt. Det som skiljer metoden från ett konventionellt svarvförfarande är att i det här fallet är själva röret fixerat och istället är det svarvskäret som står för rotationsrörelsen och vandrar runt röret. Svarvskäret förs långsamt in mot rörets centrum och avverkar material i form av en spåna till dess att rörväggen är genomträngd. Den överblivna rörbiten kastas i en container intill för metallåtervinning. Klämbäckatserna är anpassade speciellt för varje rördimension och måste

alltså bytas vid dimensionsskifte. När ett rör är färdigkapat måste det spolas för att avlägsna restfett, från bockningen, och spånor som annars i nästa förädlingssteg kan förorena svetsfogarna. Därefter läggs rören på en av tre rörplatser som var och en representerar en order. De rör som är placerade här är klara för svetsning. Figur 15 visar avstickningsmaskinen.



Figur 15. Bild på avstickningsmaskinen. Till höger i bilden ses även verktyg till kragningsmaskinen som är utanför bild.

#### 4.3.8 Svetsning

I dagens läge hämtas rör färdiga för svetsning samt andra komponenter som eventuellt ska svetsas på av svetsarna själva. Rören hämtas från en av de tre rörplatser som har fyllts på av kapoperatören. Dessa rörplatser, eller orderplatser, töms en i taget medan nästa plats kontinuerligt fylls på med avstuckna rör för nästa produktionsorder. Alla svetsare hämtar alltså bockade rör från samma orderplats tills den är slut, först därefter påbörjas svetsning på en ny order.

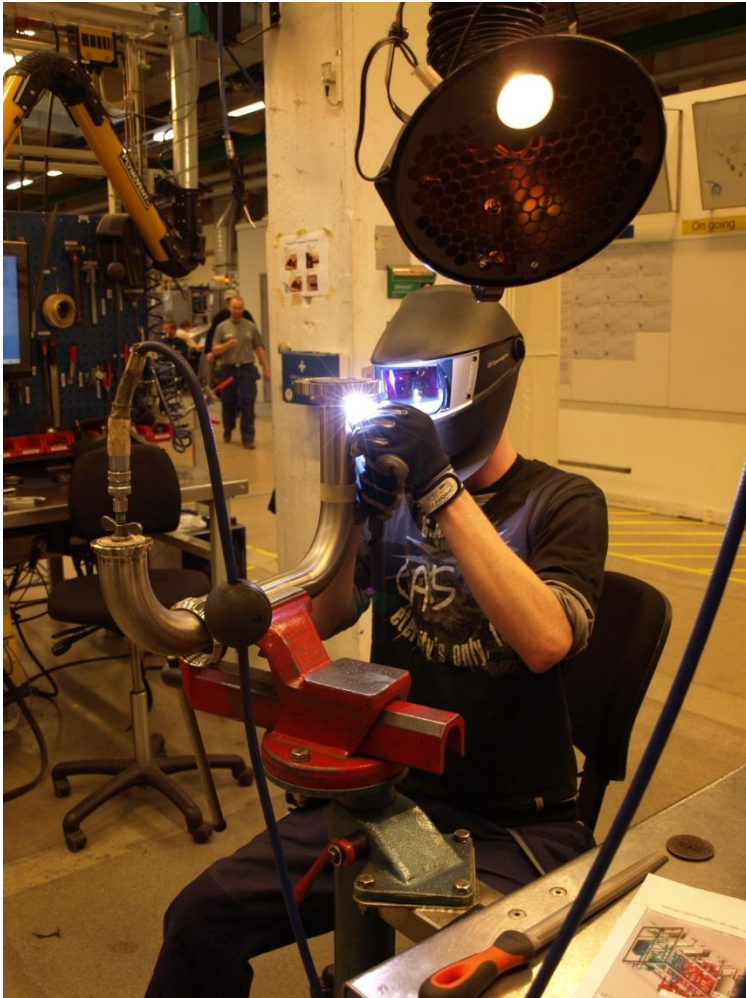
De komponenter som ska svetsas på rören är orderstyrda och plockas från komponentlagret av lagerpersonal och placeras på en komponentvagn. När den är komplett förflyttas den till avsedd yta för mellanlagring av komponentvagnar. Förfarandet är likadant för komponentvagnar med slutdestination i montagelinjen och varje order av BPU kan ha flera stycken. För en rörsats gäller dock att endast en komponentvagn är uppfylld med svetsdetaljer. När produktionsordern påbörjas flyttas komponentvagnen till svetsstationens mellanlagring för komponenter och töms på svetskomponenter. Många gånger finns det även med komponenter som inte ska svetsas och dessa lämnas i så fall kvar på vagnen. Vissa komponenter måste monteras isär då det endast är delar av den fullständiga komponenten som ska svetsas på ett rör och de överblivna detaljerna läggs också tillbaka på komponentvagnen innan den åter rullas till de andra komponentvagnarna på avsedd plats.

För att utföra manuellt svetsarbete använder sig operatörerna av så kallade TIG-svetsar som är kopplade till elnätet och de utbyggda gasledningarna för argon. Många svetsfogar slutförs även genom vad som kallas orbitalsvetsning. Tekniken är mycket pålitlig och kan beskrivas som en vanlig manuell TIG-svets som utför arbetet automatiskt. Orbitalsvetsannordningen fästs runt fogen och genom att mata en svetsselektrod på jämnt avstånd från röret hela varvet runt färdigställs svetsfogen. Denna typ av svetsning används i största möjliga mån då den ger små variationer och mycket jämna fogar som sällan behöver omarbetas. Det som kan ge upphov till en icke godkänd fog är exempelvis om detaljerna har häftats med för stort avstånd till varandra eller om matningen av någon anledning går för långsamt och bränner hål på materialet. Orbitalsvetsning går snabbare och är mer tillförlitlig än manuell svetsning men röргеometrin tillåter inte alltid det arbetssättet. Röргеometrin fastläggs som beskrivits innan av konstruktörerna när de utför ritarbetet och på så sätt avgörs och påverkas arbetsförfarandet redan långt innan tillverkning.

Avstickning och borrar lämnar efter sig mycket vassa kanter på rören och innan svetsning kan påbörjas måste dessa filas ned. Det är viktigt för att fogen ska bli jämn på både in- och utsidan. Röret torkas också av med rödspit i anslutning till de planerade svetsfogarna för att undvika att de blir förorenade och därmed undermåliga. Alla svetsstationer har varsin monitor där operatören enkelt kan öppna APD-ritningen och studera rörets sammansättning. De flesta rör har ett flertal svetsfogar som ska fullbordas, och varje svetsfog måste först häftas. Detta innebär att svetsoperatören fixerar detaljerna på det sätt APD-ritningen visar och därefter sammanfogar dem i mellan fyra och sex punkter. Detta gör konstruktionen mer hanterlig fram till dess att bearbetningen är avslutad.

När häftning är klar slutförs svetsfogarna antingen genom fortsatt manuell svetsning, eller genom orbitalsvetsning. Om manuell svetsning är avsedd för fogarna slutför operatören som häftat röret själv den uppgiften för att därefter lägga det i avsedd rövagn för aktuell produktionsorder. De rör som ska automatsvetsas läggs på röställ mellan svetsstationerna. När rören är färdigsvetsade läggs de på samma rövagn som de manuellt svetsade rören. Figur 16 illustrerar svetsstationen.





Figur 16. Bild på svetsoperationen.

#### 4.3.9 Slipning

Efter svetsning har materialet vid varje svetsfog oxiderat till viss del och detta ger en oönskad beläggning. Denna beläggning måste slipas bort och det kan ske på två sätt, antingen genom manuell slipning eller genom automatisk slipning i anslutning till den automatiska svetsstationen. Grundregeln är att allt ska slipas i automatslipen om möjligt. Dock beror detta (likt automatsvetsen) på geometrin på rören. Rör som inte kan slipas automatiskt skickas för manuell bearbetning i sliprummet. Generellt kan rör som svetsas automatiskt även slipas automatiskt. Dessa rör slipas omedelbart efter svetsning och läggs i rövagnen med de andra oslipade rören som sedermera slipas manuellt. Rövagnen rullas därefter, med delvis redan slipade rör, till sliprummet där resterande rör slipas. Här jobbar en eller två personer och slipar alla svetsfogar som inte är slipade. Arbetarna jobbar som de ser lämpligast, ofta inleds arbetet med att lyfta alla oslipade rör från vagnen och lägga dessa på golvet. Efterhand då rören slipats läggs de tillbaka på rövagnen. Somliga svetsfogar är inte tillräckligt bra slipade i den automatiska slipmaskinen och behöver följaktligen kompletterande bearbetning manuellt. När alla rör är slipade och återigen placerade på rövagnen rullas de vidare till komponentberedningen. Slipstationen syns i figur 17.





Figur 17. Bild på slipoperationen.

#### 4.3.10 Brister

Brister är sådana komponenter som inte har varit tillgängliga då de har behövts. Detta kan bero på många saker, bland annat materialbrist; det vill säga att komponenten helt enkelt inte har hunnit levereras från återförsäljaren, eller kassation; komponenten har kasserats i tidigare produktionskedje på grund av felhantering eller motsvarande. I dagens läge uppstår många brister hos TP D&B på grund av att komponenterna inte finns i lager då de behövs. Detta gör att svetsarna och montörerna arbetar så långt det går utan den saknade komponenten och sedan fortsätter med något annat där komponenterna på kort sikt är fulltaliga. Med andra ord startar produktionen på en anläggning oavsett om alla komponenter finns i lager eller inte.

Som tidigare beskrivet svetsas komponenter på en del av rören som bockas. Om dessa komponenter inte finns tillgängliga då de behöver placeras tillhörande rör på "gula vagnen". När bristen anländer till godsmottagningen läggs den i en särskild bristpall och så småningom samma dag förflyttas den till "blåa vagnen". Svetsare som har lagt ett inkomplett rör på gula vagnen håller ett öga på blåa vagnen för att så snabbt så möjligt svetsa klart röret i fråga.

Rör som har svetsats fel men fortfarande går att "rädda" läggs på "röda vagnen". Dessa felsvetsningar uppmärksammas ibland så sent som i montagelinjen då röret i fråga ska monteras på en anläggning. Svetsoperatörerna uppskattar att 10-15 % av rören som svetsas, svetsas felaktigt. Dessa rör kapas isär och svetsas om av en svetsoperatör som har denna arbetsuppgift som heltidstjänst. Rör som har svetsats fel men inte går att "rädda" kasseras och en akutorder med ett identiskt rör läggs i bockningsmaskinen. Det felaktiga röret läggs på vagnen markerad med "rörakuten". Rör som har blivit en bristvara som sedan åtgärdats placeras på "gröna vagnen".

### 4.4 Övergripande om orderstatistik

För att avgöra vad TP D&B producerar och i vilka volymer är det nödvändigt att basera en del av undersökningen på statistiska data. Det som är intressant är det antal produktionsorder som passerar genom produktionslinjen, och vad dess beståndsdelar är. Eftersom arbetet är avgränsat till

att studera materialflödet av rör är det alltså produktionsorder av just rör som är relevant. TP D&B använder sig av affärssystemet SAP som är vanligt förekommande hos större företag så som Tetra Pak och det är med hjälp av detta som det har varit möjligt att generera statistik.

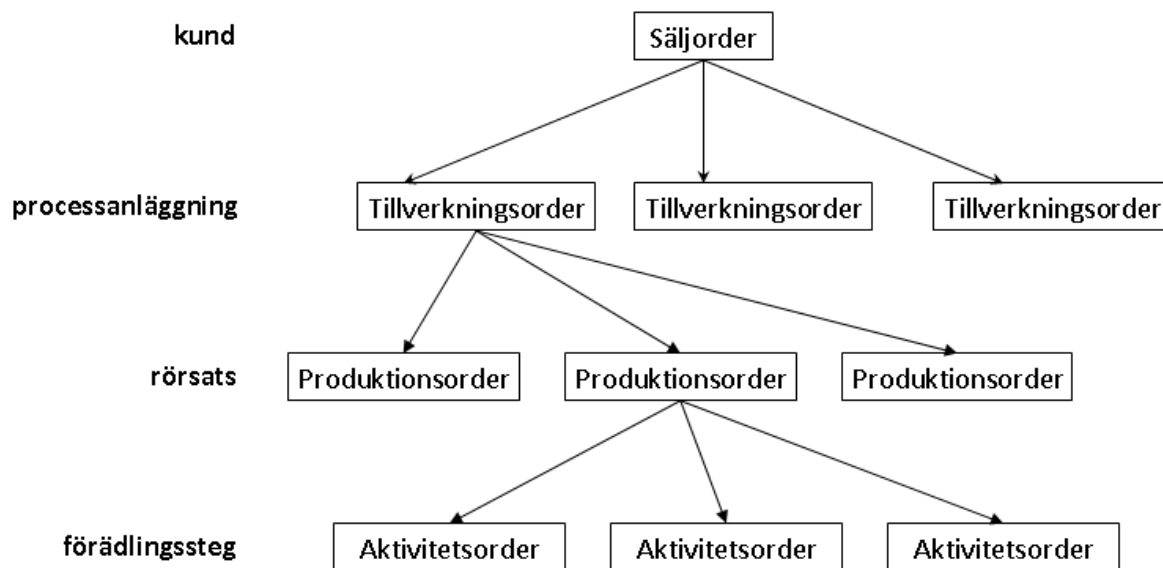
Innan rapporten behandlar hur orderstatistiken har utnyttjats är det vissa punkter som måste klargöras för att öka förståelsen för utförda moment och för den data som genererats. Det som beskrivs nedan redogör för begrepp förknippade med affärssystemet och hur det sedan genererar data som blir till underlag för statistiska beräkningar.

#### **4.4.1 Produktionsorder och tillverkningsnummer**

När en extern kund lagt en beställning på en eller flera processanläggningar, BPU, skapas det först en säljorder som i affärssystemet får ett så kallat säljnummer. Detta är gemensamt för hela ordern och kan bestå av flera BPU:er. I säljordern ingår alla delar som ska tillverkas och levereras till kunden. Varje BPU i säljordern får var sin tillverkningsorder som i sin tur tilldelas var sitt tillverkningsnummer. Detta blir sedan gemensamt för alla delar som ska ingå i just den BPU det är fråga om. För varje BPU skapas det också i affärssystemet produktionsorder för de ingående delarna i processanläggningen. Detta innebär att det även har skapats produktionsorder för de rör som ska transportera ånga, disklösning och produkt i processanläggningen. Säljnumret delas alltså upp i många olika delar beroende på antal beställda processanläggningar och vilka komponenter som ingår i just dessa orderspecifika processanläggningar.

Tillverkningsnumret är unikt för varje beställd processanläggning och består av bokstaven *T* följt av tio siffror. De sex första siffrorna beskriver vilken sorts BPU det är fråga om och de följande fyra är ett löpnummer för vilken BPU det i totala ordningen rör sig om. Numret används för att hålla ihop alla ingående delar som ska tillverkas och sedan monteras eller skickas med processanläggningen när den levereras.

Varje rörsats får ett specifikt produktionsnummer och det här läget skiljs det alltså på vad rören i fråga i slutändan egentligen är ämnade för, och var i processanläggningen de ska monteras. Detta nummer följer med röret genom alla tillverkningsprocesser och är alltså inte unikt för varje aktivitet i tillverkningen. Det skapas en aktivitetsorder för varje förädlingssteg som rörsatsen ska genomgå men dessa tilldelas inte enskilda nummer utan skiljs åt med hjälp av vilken resurs eller aktivitet som ordern gäller. En BPU innehåller vanligtvis mellan en och fyra produktionsorder av rörsatser. Det är viktigt att skilja på dessa begrepp då det annars kan skapa förvirring och därför illustreras i figur 18 trädstrukturen som bildas när en kund lägger en beställning.



Figur 18. Trädstruktur som bildas när en säljorder registreras.

En produktionsorder är alltså själva rörsatsen som genom aktivitetsorder förädlas i olika steg. De förädlingssteg som är av betydelse i studien är kapning, bockning, svetsning och slipning. Dessa aktivitetsorder kan skiljas från varandra genom benämningarna kaporder, bockorder, svetsorder och sliporder och med dessa termer avses alltså aktivitetsordern för respektive förädlingssteg.

#### 4.4.2 Typer av produktionsorder

Ett utdrag genererat av affärssystemet innehåller produktionsorder som kraftigt varierar i karaktär. Detta beror på att varje processanläggning delas in i olika moduler och för att läsaren lättare ska förstå det som följer i kapitlet är det nödvändigt att klargöra dessa. Några har nämnts tidigare under avsnittet 4.1.3 *Branded Processing Unit* och ett urval av de vanliga och de flesta som är representerade i rådatastatistiken presenteras i tabellen nedan. Notera att det som beskrivs endast är rörsatser; termerna förekommer nämligen även i andra sammanhang.

##### Main module

Hädanefter kallad huvudsats eller huvudsatsorder. Detta kallas den rörsats som sitter i den modul som avgör vad det är för typ av anläggning. Rörsatsen ska alltså stå för anläggningens huvudprocess och består ofta av ett relativt stort antal rör.

##### Alrox

Hädanefter kallad Alrox-sats eller Alrox-order. Detta är en avluftarmodul och monteringen av denna sker hos EMV men i vissa fall tillverkas rörsatsen hos TP D&B. Syftet är som beskrivningen säger och ska se till att rörledningarna avluftas.

##### Top frame

Kallas även Top unit eller taktäck och hädanefter kallad toppsats eller toppsatsorder. Rörsatsen står för ihopkoppling av de olika delarna hos en anläggning som hanterar flera olika produkter. Den typen av anläggning heter Flex.

### **Hot water module**

Hädanefter kallad hetvattensats eller hetvattensatsorder. Denna modul är till för att värma upp vatten som sedan med hjälp av värmeväxlare ska värma upp produkten. Rørsatsen är de rör som ingår i denna modul.

### **LIM**

Hädanefter kallad limsats eller limsatsorder. Detta är de rör som kopplar ihop anläggningens olika fristående moduler med varandra. Dessa är tubvärmväxlare, huvudmodul, plattvärmväxlare, Alrox, homogenisator och extra hetvattenmoduler. Dessa monteras först när anläggningen ska testas och sedan när den monteras upp hos kund. I limsatsen ingår det även andra delar så som flödesmätare, tryckgivare och rörhållare för att rören inte ska böjas eller vika sig.

### **Swing bend**

Hädanefter kallad swingsats eller swingsatsorder. Detta är rör som kopplar ihop tuberna i tubvärmväxlare. Dessa order tar relativt lite tid i anspråk i produktionen och produceras mot TP D&B:s egna lager och är alltså inte kundorderstyrda. När en sådan order ska produceras görs detta parallellt med övriga kundorderstyrda order.

### **Upgrade**

Hädanefter kallad uppgraderingssats eller uppgraderingsorder. Rör i en sådan sats produceras för att skickas vidare direkt ut till kund i form av en uppgraderingssats. Det sker när kunden har valt att uppgradera en redan installerad anläggning med någon option eller nytt tillval. Den här typen av order är ovanliga och endast en liten del av rådatan består av sådana.

#### **4.4.3 Kaplista**

En kaplista är ett automatiskt genererat dokument som beskriver vad som ingår och ska kapas för en specifik produktionsorder, och för varje sådan genereras det en intern och en extern kaplista. Den interna genereras för metervaror som ska kapas internt hos TP D&B och behandlas inte i rapporten då den inte beskriver rör utan andra detaljer och är därför inte intressant för studien. Den externa kaplistan beskriver vilka rör som ska kapas till en specifik produktionsorder och därmed utgör den själva rørsatsen. Det är efter denna lista som operatören hos EMV utläser i vilka dimensioner och längder som rören ska kapas. Figur 19 nedan visar ett exempel på hur dokumentet ser ut i sitt originalutförande.

T5844151092 X-list cut list Extern:

PO 1127352 T5844151092

Product  
Tackrücke V:39

Responsible OP \_\_\_\_\_ Phone \_\_\_\_\_

Import

Responsible assembler \_\_\_\_\_

Planned time 1:47 h

Not included in planned time  
 Thick pipe walls

| APD              | Sign Cutting | Dim  | Length | Article No     | Denomination  | Note. |
|------------------|--------------|------|--------|----------------|---------------|-------|
| T5844151092B5009 |              | 25   | 695    | 6-1535 167 072 | 25.0x1.2x6000 |       |
| T5844151092B5008 |              | 25   | 761    | 6-1535 167 072 | 25.0x1.2x6000 |       |
| T5844151092B5012 |              | 51   | 1258   | 6-1535 167 136 | 51.0x1.2x6000 |       |
| T5844151092B5004 |              | 51   | 1419   | 6-1535 167 136 | 51.0x1.2x6000 |       |
| T5844151092B5006 |              | 76   | 832    | 6-1535 167 159 | 76.1x1.6x6000 |       |
| T5844151092B5019 |              | 76   | 832    | 6-1535 167 159 | 76.1x1.6x6000 |       |
| T5844151092B5018 |              | 76   | 1828   | 6-1535 167 159 | 76.1x1.6x6000 |       |
| T5844151092B5013 |              | 76   | 1980   | 6-1535 167 159 | 76.1x1.6x6000 |       |
| T5844151092B5016 |              | 635  | 1133   | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |       |
| T5844151092B5023 |              | 635  | 1280   | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |       |
| T5844151092B5003 |              | 635  | 1403   | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |       |
| T5844151092B5022 |              | 635  | 1615   | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |       |
| T5844151092B5010 |              | 635  | 1781   | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |       |
| T5844151092B5011 |              | 635  | 2021   | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |       |
| T5844151092B5017 |              | 635  | 2296   | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |       |
| T5844151092S5002 |              | 63.5 | 200    | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |       |
| T5844151092S5001 |              | 63.5 | 414    | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |       |
| T5844151092S5005 |              | 76   | 1002   | 6-1535 167 159 | 76.1x1.6x6000 |       |
| T5844151092W5007 |              |      | 400    | 6-31801 5932 2 | 53x4x2500mm   |       |

Figur 19. Ett exempel på en kaplista.

I den övre delen av figur 19 framgår det vilken processanläggning rörsatsen ska tillverkas för tack vare tillverkningsnumret. Det är också angett vilken produktionsorder listan avser, alltså vilken rörsats, och även hur lång tid kapningen är planerad att ta i anspråk. Det finns utrymme för operatören hos EMV, som är ansvarig att kapa ordern, att fylla i sitt namn och det finns även motsvarande utrymme för den montör som är tilldelad ansvar för att processanläggningen i slutändan blir monterad som den ska. Tabell 3 nedan visar tydligare vad rörsatsen i exemplet består av. Endast rörlistan är utplockad ur dokumentet och kolumnrubrikerna har översatts till svenska för att underlätta förståelsen.

Tabell 3. Förtydligande tabell av en kaplista.

| Detaljnummer     | Signatur | Diameter | Längd | Artikelnummer  | Dimensioner   |
|------------------|----------|----------|-------|----------------|---------------|
| T5844151092B5009 |          | 25       | 695   | 6-1535 167 072 | 25.0x1.2x6000 |
| T5844151092B5008 |          | 25       | 761   | 6-1535 167 072 | 25.0x1.2x6000 |
| T5844151092B5012 |          | 51       | 1258  | 6-1535 167 136 | 51.0x1.2x6000 |
| T5844151092B5004 |          | 51       | 1419  | 6-1535 167 136 | 51.0x1.2x6000 |
| T5844151092B5006 |          | 76,1     | 832   | 6-1535 167 159 | 76.1x1.6x6000 |

|                  |  |      |      |                |               |
|------------------|--|------|------|----------------|---------------|
| T5844151092B5019 |  | 76,1 | 832  | 6-1535 167 159 | 76.1x1.6x6000 |
| T5844151092B5018 |  | 76,1 | 1828 | 6-1535 167 159 | 76.1x1.6x6000 |
| T5844151092B5013 |  | 76,1 | 1980 | 6-1535 167 159 | 76.1x1.6x6000 |
| T5844151092B5016 |  | 63,5 | 1133 | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |
| T5844151092B5023 |  | 63,5 | 1280 | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |
| T5844151092B5003 |  | 63,5 | 1403 | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |
| T5844151092B5022 |  | 63,5 | 1615 | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |
| T5844151092B5010 |  | 63,5 | 1781 | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |
| T5844151092B5011 |  | 63,5 | 2021 | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |
| T5844151092B5017 |  | 63,5 | 2296 | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |
|                  |  |      |      |                |               |
| T5844151092S5002 |  | 63,5 | 200  | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |
| T5844151092S5001 |  | 63,5 | 414  | 6-1535 167 150 | 63.5x1.6x6000 |
| T5844151092S5005 |  | 76,1 | 1002 | 6-1535 167 159 | 76.1x1.6x6000 |
|                  |  |      |      |                |               |
| T5844151092W5007 |  |      | 400  | 6-31801 5932 2 | 53x4x2500mm   |

Av tabell 3 framgår att kolumn ett i kaplistan visar detaljnumret för varje detalj som ska kapas. Numret består av tillverkningsnumret följt av en bokstav som indikerar om röret i nästa steg ska bockas eller inte. B står för *bend* och betyder att röret ska bockas och vanligen hör majoriteten av rören i en rörsats till denna grupp. S står för *straight* och betyder att röret inte ska bockas utan därmed hoppa över bockningsaktiviteten och gå vidare direkt till nästa steg i tillverkningslinjen som är mätning. Sist i tabellen i detta exempel finns ett detaljnummer med indikationsbokstav W och står för *weld*. Det innebär att det är en svetsdetalj och alltså inte ett rör. I den externa kaplistan motsvaras dessa detaljer av kabelstegar av olika dimensioner och dessa kapas alltså också hos EMV. Svetsdetaljerna är inte relevanta för studien då det endast är rör som kartläggs. De fyra sista siffrorna i detaljnumret är ett löpnummer som gör rören unika i tillverkningslinjen.

Kolumn två består av tomma fält där ansvarig kapoperatör fyller i sin signatur när röret är kapat för att säkerställa spårbarhet och ansvarstagande för tillverkningen. Nästföljande två kolumner beskriver dimensionerna på röret och talar alltså om diameter och kaplängd uttryckt i millimeter. Rören är grupperade efter diameter så operatören enklare kan arbeta med en diameter i taget. Längden är avgörande för att röret slutligen ska kunna monteras korrekt och detta är den längd som har specificerat efter beredning inför kapning. Speciellt noggrann är denna längd för rårörerna då dessa inte har en pålagd greppyta för bockningsmaskinen. För att undvika extraarbete måste rårörerna alltså vara kapade i rätt längd redan hos EMV så att de inte behöver kapas igen. De två sista kolumnerna beskriver vilket utgångsmaterial som ska förädlas och är alltså artikelnumret för meterveran av rör och dess dimensioner.

#### 4.4.4 Svetslista

Svetslistan är, precis som kaplistan, ett automatiskt genererat dokument som anger vilka förädlingssteg varje rör i en rörsats ska genomgå och hur mycket tid som är planerat för varje steg. Listan skapas för de rörsatser som kapas hos EMV och den gäller för de operationer som rörsatsen genomgår efter det att de har sänts till TP D&B. Figur 20 nedan visar dokumentet i sitt

originalutförande och exemplet är taget från samma produktionsorder som är behandlad under 4.4.3 Kaplista.

| T5844151092 X-list OP weld line: |                |               |           |                   |                       |             |                 |                   |                 |               |                  |                  |         |         |         |
|----------------------------------|----------------|---------------|-----------|-------------------|-----------------------|-------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------|---------|---------|---------|
| PO                               | 1127352        |               |           |                   | T5844151092           |             |                 |                   |                 |               |                  |                  |         |         |         |
| Product                          | takräcke       |               |           |                   | Responsible weld line |             |                 |                   |                 | Phone         |                  |                  |         |         |         |
| Responsible assembler            |                |               |           |                   | PD                    |             |                 |                   |                 | PTNN          |                  |                  |         |         |         |
| Planned time                     | 37:13 h        |               |           |                   |                       |             |                 |                   |                 |               |                  |                  |         |         |         |
| APD                              | Bend operation | Sign. Measure | Sign. Cut | Stationary collar | Mobile collar machi   | Sign. Drill | Sign. Spot weld | Sign. Manual weld | Mechanical weld | Long pipes to | Grinding 1 Autom | Sign. Grinding 2 | Just In | Just In | Just In |
| T5844151092W5014                 |                |               |           |                   |                       |             | FH              | 2                 | JL              | 2             |                  |                  |         |         |         |
| T5844151092W5007                 |                | MN            |           |                   |                       |             | KG              | 2                 | KG              | 2             |                  |                  |         |         |         |
| T5844151092B5006                 |                | MN            | EM        |                   |                       |             | FH              | 3                 | FH              | 2             | JL               | 1                |         |         |         |
| T5844151092B5010                 | al             | MN            | EM        |                   | 1                     |             | AS              | 4                 | SB              | 3             | JL               | 1                |         |         |         |
| T5844151092B5011                 | al             | MN            | EM        |                   |                       |             | AS              | 2                 |                 |               | JL               | 2                |         |         |         |
| T5844151092B5016                 | al             | MN            | EM        |                   | 1                     |             | KG              | 3                 | KG              | 2             | JL               | 1                |         |         |         |
| T5844151092B5017                 | al             | MN            | EM        |                   |                       |             | KG              | 2                 |                 |               | JL               | 2                |         |         |         |
| T5844151092B5018                 | al             | MN            | EM        |                   | 1                     |             | KG              | 6                 | SB              | 6             |                  |                  |         |         |         |
| T5844151092B5019                 | al             | MN            | EM        |                   |                       |             | FH              | 3                 | FH              | 2             |                  | 1                |         |         |         |
| T5844151092B5022                 | al             | MN            | EM        |                   |                       |             | AS              | 2                 |                 |               | JL               | 2                |         |         |         |
| T5844151092B5023                 | al             | MN            | EM        |                   | 1                     |             | MH              | 3                 | MH              | 1             | JL               | 2                |         |         |         |
| T5844151092B5012                 | mj             | MN            | EM        |                   |                       |             | FH              | 2                 |                 |               |                  | 2                |         |         |         |
| T5844151092B5013                 | al             | MN            | EM        |                   | 1                     |             | FH              | 6                 | MH              | 6             |                  |                  |         |         |         |
| T5844151092B5008                 | mj             | MN            | EM        |                   |                       |             | AS              | 1                 |                 |               | JL               | 1                |         |         |         |
| T5844151092B5009                 | mj             | MN            | EM        |                   |                       |             | AS              | 3                 |                 |               | JL               | 3                |         |         |         |
| T5844151092S5001                 |                | MN            |           |                   | 2                     |             | 1               | MH                | 5               | MH            | 3                | JL               | 2       |         |         |
| T5844151092S5002                 |                | MN            |           |                   | 1                     |             |                 | MH                | 2               | MH            | 1                | JL               | 1       |         |         |
| T5844151092B5003                 | al             | MN            | EM        |                   |                       |             | MH              | 4                 | MH              | 2             | JL               | 2                |         |         |         |
| T5844151092B5004                 | mj             | MN            | EM        |                   |                       |             | MH              | 1                 |                 |               | JL               | 1                |         |         |         |
| T5844151092S5005                 |                | MN            |           |                   | 1                     |             | 1               | MH                | 6               | MH            | 3                | JL               | 3       |         |         |
| Total number of OP:              | 15             | 19            | 15        | 9                 |                       | 3           | 62              | 33                | 29              |               | 9                | 53               | 4       |         |         |
| Total amount of time:            | 03:13          | 02:26         | 01:24     | 03:05             |                       | 00:19       | 03:06           | 04:16             | 03:49           |               | 00:19            | 08:24            | 00:40   |         |         |

Figur 20 Ett exempel på en svetslista.

Den övre delen av figur 20 är snarlik den för kaplistan och precis som för kaplistan visas tillverkningsnummer och produktionsorder samt vad rörsatsen är ämnad för. Det finns som innan utrymme för den montör som tilldelats ansvar för processanläggningen att skriva sin signatur men istället för ansvarig kapoperatör är det i det här fallet ansvarig svetsoperatör som fyller i sin signatur. Det är den ansvarige svetsoperatören som ska säkerställa att svetsordern blir färdigställd korrekt och överlämnad till ansvarig montör. Tabell 4 nedan visar tydligare vilka aktiviteter som de enskilda rören i rörsatsen ska genomgå och vilka tider som är planerade för respektive aktivitet. Endast rörlistan är utplockad ur dokumentet som visas i figur 20 och de kolumnrubriker som är av intresse har översatts till svenska. Översättningen och formateringen har skett i syfte att underlätta förståelsen.



Tabell 4 Förtydligande tabell av en svetslista.

| Detaljnummer                     | Bockning     | Mätning      | Avstickning  | Kragning     |         | Borrning     | Svetsning    |              |              | Slipning     |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                  |              |              |              | Automatisk   | Manuell |              | Punktning    | Manuell      | Automatisk   | Automatisk   | Manuell      |
| T5844151092W5014                 |              |              |              |              |         |              | 2            |              | 2            |              | 2            |
| T5844151092W5007                 |              |              |              |              |         |              | 2            | 2            |              |              | 2            |
| T5844151092B5006                 |              |              |              |              |         |              | 3            | 2            | 1            |              | 3            |
| T5844151092B5010                 |              |              |              | 1            |         | 1            | 4            | 3            | 1            | 1            | 3            |
| T5844151092B5011                 |              |              |              |              |         |              | 2            |              | 2            | 1            | 1            |
| T5844151092B5016                 |              |              |              | 1            |         |              | 3            | 2            | 1            | 1            | 2            |
| T5844151092B5017                 |              |              |              |              |         |              | 2            |              | 2            | 1            | 1            |
| T5844151092B5018                 |              |              |              | 1            |         |              | 6            | 6            |              |              | 6            |
| T5844151092B5019                 |              |              |              |              |         |              | 3            | 2            | 1            |              | 3            |
| T5844151092B5022                 |              |              |              |              |         |              | 2            |              | 2            | 2            |              |
| T5844151092B5023                 |              |              |              | 1            |         |              | 3            | 1            | 2            | 1            | 2            |
| T5844151092B5012                 |              |              |              |              |         |              | 2            |              | 2            |              | 2            |
| T5844151092B5013                 |              |              |              | 1            |         |              | 6            | 6            |              |              | 6            |
| T5844151092B5008                 |              |              |              |              |         |              | 1            |              | 1            |              | 1            |
| T5844151092B5009                 |              |              |              |              |         |              | 3            |              | 3            |              | 3            |
| T5844151092S5001                 |              |              |              | 2            |         | 1            | 5            | 3            | 2            |              | 5            |
| T5844151092S5002                 |              |              |              | 1            |         |              | 2            | 1            | 1            |              | 2            |
| T5844151092B5003                 |              |              |              |              |         |              | 4            | 2            | 2            | 1            | 3            |
| T5844151092B5004                 |              |              |              |              |         |              | 1            |              | 1            |              | 1            |
| T5844151092S5005                 |              |              |              | 1            |         | 1            | 6            | 3            | 3            | 1            | 5            |
|                                  |              |              |              |              |         |              |              |              |              |              |              |
| <b>Totalt antal operationer:</b> | <b>15</b>    | <b>19</b>    | <b>15</b>    | <b>9</b>     |         | <b>3</b>     | <b>62</b>    | <b>33</b>    | <b>29</b>    | <b>9</b>     | <b>53</b>    |
| <b>Total tid:</b>                | <b>03:13</b> | <b>02:26</b> | <b>01:24</b> | <b>03:05</b> |         | <b>00:19</b> | <b>03:06</b> | <b>04:16</b> | <b>03:49</b> | <b>00:19</b> | <b>08:24</b> |

Listan av detaljnummer ser i tabell 4 likadan ut som för tabell 3 med undantag för att ordningen är förändrad och att vissa rör har färgmarkerats. De rör som grupperats under samma färg ska svetsas ihop i tillverkningslinjen till ett och samma rör. Vanligtvis är detta nödvändigt då en ventil eller grenkoppling ska infogas mellan de båda rören. Vad detaljnumret i sig betyder är detsamma som anges under rubriken 4.4.3 *Kaplista*. Vissa produktionsaktiviteter som finns representerade i figur 20, så som specialbearbetning för långa rör, är bortsorterade då de är ovanliga och har liten inverkan på flödet och tillverkningstiden.

Det finns en kolumnrubrik för varje produktionsaktivitet och då är även de automatiska produktionsaktiviteterna inkluderade. För varje rör finns en signaturruta i form av ett vitt fält i kolumnen för de produktionsaktiviteter som röret ska genomgå. I detta fält anges signatur för den operatör som utfört förädlingsarbetet. De tre första produktionsaktiviteterna, bockning, mätning och avstickning, består aldrig av mer än ett moment och därför anges endast signatur i det vita fält som produktionsaktiviteten avser då denna operation är utförd. Som synes bockas de flesta rören,



men de som ska förbli raka lämnas obearbetade i detta steg. Notera att samtliga detaljer mäts, inklusive kapade svetsdetaljer, för att säkerställa korrekta koordinater för bockvinklar och ändpunkter liksom markeringar av krag- och borrhål. Nästa kolumn avser avstickning och det är endast bockade rör som berörs av denna operation då de raka rören kapas i rätt längd redan från början. Vad gäller resterande produktionsaktiviteter kan samtliga av dessa innebära flera moment för varje rör och antalet förädlingsmoment är angivna intill signaturrutan med en siffra. För att läsa mer om produktionsaktiviteterna är dessa utförligare beskrivna under *4.3 Nulägesbeskrivning*.

Längst ner i tabell 4 anges totalt antal operationer för rörsatsen i varje produktionsaktivitet och även total beräknad tid för slutförande av dessa aktiviteter. För svetsoperationerna går det att notera att summan av antalet manuella och automatiska svetsoperationer är detsamma som antalet punktsvetsningar. Detta beror på som nämnts tidigare att samtliga svetsfogar måste häftas först genom att punktsvetsa samman detaljerna. Det framgår också att totala antalet svetsfogar är detsamma som totala antalet slipoperationer. Anledningen till det är som också nämnts tidigare att varje svetsfog lämnar en beläggning som måste poleras.

#### **4.5 Orderstatistisk rådata**

För hela avsnitt 4.5 Orderstatistisk rådata och alla dess underrubriker har september och oktober under år 2010 valts att representera normal beläggning för verksamheten. Detta baseras på att perioden upplevs av TP D&B vara representativ med en beläggning uppe på normala nivåer efter det att 2009 års lågkonjunktur och finanskris påverkade verksamheten negativt. Att välja dessa månader för just år 2010 är också fördelaktigt med anledningen av att det ger relativt färsk statistik. Ytterligare orsak är även att författarna till denna rapport haft tillgång till produktionsanläggningen och arbetat med att uppfylla rapportens syfte under samma period och således fått en känsla för aktiviteten i produktionen. I vissa sammanhang används data för hela 2010 då två månader anses för kort tid att basera beräkningar på.

Ett utdrag är genererat för de säljorder som finns representerade under nämnda månader år 2010 och varje produktionsorder av rör som tillhör dessa säljorder har exporterats från affärssystemet. Det vill säga att om en produktionsorder är genomförd under dessa månader har alla övriga produktionsorder för den säljorden även tagits med. Detta innebär att även en del produktionsorder som inte har producerats under dessa månader är medtagna i rådatan. På grund av att en produktionsorder många gånger är aktiv under flera dagar har datumet då ordern påbörjats valts som kriterium för den genererade statistiken.

Affärssystemet skiljer endast på produktionsaktiviteterna bockning, svetsning och slipning. Följden av det är att det är att i svetsoperationen ingår förutom svetsning även mätning, kragning/borning, avstickning och automatisk slipning.

För produktionsorderna under vald period har samtliga aktivitetsorder genererats för bockningsoperationen, svetsoperationen och slipoperationen och det är dessa som utgör själva rådatastatistiken. Ur statistiken går det att läsa vilken specifik anläggning som en rörsats är till för, med hjälp av tidigare nämnda tillverkningsnummer, och därmed också vilken typ av maskin och vad rören ska användas till. Det går även att utläsa när en aktivitetsorder påbörjades och när den avslutades samt hur många timmar som planerats och hur många timmar den egentligen tog i anspråk.

För att validera underlaget för den statistiska studien har data även genererats av affärssystemet för valda månader under år 2008. Detta är med anledning av att beläggningen under denna period anses ha varit normal. TP D&B upplever att vissa säsongsberoende faktorer påverkar fyllnadsgraden i orderböckerna och det är därför viktigt att samma månader har valts för båda åren så att den felkällan elimineras.

Svetsoperationen är den operation som utgjort utgångspunkt för validering av den statistiska rådatan och den största anledningen till det är att svetsningen är en betydande del av den tillverkningslinje som är av intresse för kartläggningsarbetet. Slipoperationen ansågs olämplig på grund av att operationstiden är liten i förhållande till ledtiden för hela värdeflödeskedjan och att den därmed har för litet inflytande på flödet. Bockningsoperationen valdes även den bort då det är svårt att utläsa exakt vad som bockats för att sedan gå vidare till just svetsoperationen. Orsaken är att bockning även ingår i de parallella flödena som går vidare till specialmontage, EMV och externa kunder inom Tetra Pak-koncernen.

Metoden för validering är alltså att jämföra det statistiska underlaget med en liknande period vid ett tillfälle då beläggningen anses vara normal. I tabell 5 som beskriver antalet svetsade aktivitetsorder under valda månader år 2010 och med motsvarande tal för valda månader år 2008.

**Tabell 5 Antal rörsatser påbörjade i svetsoperationen under september och oktober för år 2008 och 2010.**

| År                | September | Oktober | Totalt       |
|-------------------|-----------|---------|--------------|
| 2008              | 49        | 32      | 81           |
| 2010              | 41        | 37      | 78           |
| <b>Förändring</b> |           |         | <b>-3,7%</b> |

Av tabell 5 framgår att totalt antal aktivitetsorder i svetsoperationen som påbörjats under september och oktober år 2008 var 81. Under samma period år 2010, som står för underlag till statistiska beräkningar i denna rapport, påbörjades 78 svetsorder. Jämfört med år 2008 är alltså antalet påbörjade svetsorder tre färre, vilket motsvarar en minskning med 3,7 %. På grund av den ringa skillnaden mellan producerade rörsatser antas ofrånkomliga osäkerhetsfaktorer som exempelvis variationer i orderstorlek och tillverkningshastighet vara orsaken. De månader som har valts betraktas tillförlitliga och därmed lämpliga att basera vidare beräkningar och slutsatser på.

## 4.6 Ordervolym

Genom filtrering av rådatan efter produktionsoperation, tillsammans med viss bearbetning med hjälp av kalkylbehandlingsprogram kan tabeller genereras som visar antalet aktivitetsorder för varje produktionsaktivitet. Denna siffra talar om det genomsnittliga aktivitetsorderflödet för varje operation och därmed alltså rörsatsbehovet för varje produktionsaktivitet. Viktigt för att få riktiga siffror som stämmer överens med verkligheten är att endast ta med de order som påbörjats under oktober och september år 2010. De tidigare nämnda ordertyperna swingsats och uppgraderingssats försummas då de är små och ovanliga samt bearbetas parallellt med övriga produktionsorder och alltså inte ingår i det normala flödet. I det fall dessa skulle beaktats i studien av ordervolym hade resultatet blivit missvisande när datan generaliseras till en medelproduktionsorder. Av tabell 6 nedan framgår aktivitetsordervolymer i respektive produktionsoperation för september respektive oktober år 2010.

Tabell 6 Antal påbörjade produktionsorder i september och oktober år 2010.

| Operation     | September  | Oktober    | Totalt     |
|---------------|------------|------------|------------|
| Bockning      | 66         | 53         | 119        |
| Slipning      | 38         | 33         | 71         |
| Svetsning     | 33         | 33         | 66         |
| <b>Totalt</b> | <b>137</b> | <b>119</b> | <b>256</b> |

Det går att utläsa ur tabell 6 att antalet bockorder är omkring dubbelt så många som antalet slip- respektive svetsorder. Det som föranleder detta är bockningsmaskinens betydligt högre kapacitet då ledtiden för att bocka en rörsats är betydligt mindre än ledtiden för att svetsa en rörsats. Av den anledningen hade utnyttjandegraden för bockningsmaskinen varit väldigt låg om tiden inte fyllts ut med andra order förutom de som ska passera genom svetslinjen. De bockorder som fyller ut beläggningen utgörs av parallella flöden, som då endast bockas, varav en viss del går till specialmontage; för svetsning och montering i, en viss del till EMV; för svetsning och montering, och en liten del exporteras till Tetra Paks produktionsanläggningar i Shanghai, Kina, respektive Greenwood, USA.

Ytterligare kan ur tabellen noteras att under september månad var antalet sliporder något högre än antalet svetsorder. Anledningen är att underlaget till tabellen har filtrerats för att endast visa de order som har påbörjats under tidigare nämnda månader. Detta innebär att exakt samma serie av order inte är räknade för alla produktionsoperationer. Resultatet blir att vissa produktionsorder som förädlats i svetsoperationen inte hinner komma till slipoperationen under samma månad och att vissa order har förädlats i slipoperationen under nämnda månader men inte i svetsoperationen. Samma sak gäller givetvis för bockningsmaskinen. Problematiken som detta innebär ger upphov till en mindre felkälla i statistiken.

## 4.7 Produktfamilj

Då en produktionsorder, det vill säga en rörsats, valts som detaljnivå för att kartlägga materialflödet av rörledning är det nödvändigt att på ett lämpligt sätt generalisera och beskriva hur en representativ produktionsorder ser ut i storlek och produktionstid. Detta sker genom att göra ett val av rörsatser och klassificera dem som en produktfamilj. För att produktfamiljen ska kunna representera så mycket som möjligt av det som produceras gäller det att utgå från de vanligaste produktionsorderna vilket uppnås genom att begränsa urvalet. De produktionsorder som kraftigt skiljer sig från mängden sällas bort med följderna att underlaget till produktfamiljen stämmer bättre överens med verkligheten. Eftersom storleken av en rörsats i stora drag avgörs dels av typ av BPU och dels av typ av rörsats kommer dessa två aspekter utredas.

### 4.7.1 Representativt underlag

För underlätta urvalsprocessen av produktfamilj kommer underlaget först att begränsas i det här avsnittet med avseende på BPU:er. Eftersom en BPU kan bestå av flera sorters rörsatser görs sedan val av produktfamilj bland dessa. Detta avsnitt avser med andra ord inte ett val av produktfamilj utan endast en avgränsning av underlaget.

Det tidigare nämnda tillverkningsnumret i en produktionsorder talar om vad det är för anläggning som rörsatsen är ämnad för. Detta nummer är alltså ett unikt löpnummer för varje anläggning som

kan utnyttjas till att gruppera aktivitetsorder med varandra. Dock är det i dagsläget för TP D&B ett manuellt moment att föra in detta nummer i aktivitetsorderns operationsbeskrivning i affärssystemet. Detta medför en mänsklig felkälla och leder till att numret måste dubbelkollas upprepade gånger, bland annat vid den beredning av rör som sker inför bockning och kapning. Konsekvensen blir att en liten del av det statistiska underlaget helt saknar detta nummer. De order som saknar tillverkningsnummer är bortsållade då de inte går att klassificera och för att det inte är möjligt att ta reda på ytterligare data för dessa order. Vidare har även swingsatsorder och uppgraderingsorder sorterats bort av samma anledningar som angetts under *4.5 Orderstatistisk rådata*. Notera dock att listan i detta fall innefattar de aktivitetsorder som inte är påbörjade under september och oktober månad år 2010 eftersom syftet endast är att utröna vilket urval av anläggningar som är vanligast och kan betraktas som representativt. Exakt vilka aktivitetsorder som den ursprungliga rådatan utgör finns utförligare beskrivet under *4.5 Orderstatistisk rådata*. I underlaget finns aktivitetsorder för samtliga operationer med vilket innebär att en produktionsorder för en rörsats som bockas, svetsas och slipas är räknad tre gånger då det innebär tre aktivitetsorder. Detta medför en prioritering av de BPU:er för vilka den typen av produktionsorder är vanliga. Datan har filtrerats efter de sju första siffrorna i tillverkningsnumret som talar om vilken typ av anläggning som aktivitetsordern avser och tabell 7 nedan beskriver antal aktivitetsorder som har producerats till respektive anläggningstyp i det statistiska utdraget.

Tabell 7 Andel producerade aktivitetsorder i rådataunderlaget uppdelat per BPU.

| Benämning         | Tillverkningsnummer (första 6 siffrorna) | Antal aktivitetsorder | Ack. andel anläggningar | Ack. andel aktivitetsorder |
|-------------------|--|-----------------------|-------------------------|----------------------------|
| TA Flex           | T584415                                  | 106                   | 5 %                     | 25 %                       |
| Tetra Therm Lacta | T584110                                  | 75                    | 10 %                    | 42 %                       |
| TA Drink          | T584514                                  | 61                    | 15 %                    | 56 %                       |
| TA VTIS           | T584413                                  | 53                    | 20 %                    | 69 %                       |
|                   | T584315                                  | 29                    | 25 %                    | 76 %                       |
|                   | T584581                                  | 27                    | 30 %                    | 82 %                       |
|                   | T584461                                  | 20                    | 35 %                    | 86 %                       |
|                   | T584516                                  | 19                    | 40 %                    | 91 %                       |
|                   | T584285                                  | 7                     | 45 %                    | 93 %                       |
|                   | T584161                                  | 7                     | 50 %                    | 94 %                       |
|                   | T584593                                  | 6                     | 55 %                    | 96 %                       |
|                   | T584597                                  | 5                     | 60 %                    | 97 %                       |
|                   | T584441                                  | 5                     | 65 %                    | 98 %                       |
|                   | T584595                                  | 2                     | 70 %                    | 98 %                       |
|                   | T584273                                  | 2                     | 75 %                    | 99 %                       |
|                   | T584006                                  | 1                     | 80 %                    | 99 %                       |
|                   | T584546                                  | 1                     | 85 %                    | 99 %                       |
|                   | T584511                                  | 1                     | 90 %                    | 100 %                      |
|                   | T584291                                  | 1                     | 95 %                    | 100 %                      |
|                   | T584390                                  | 1                     | 100 %                   | 100 %                      |
| <b>Totalt</b>     | <b>20</b>                                | <b>429</b>            |                         |                            |

Av tabell 7 framgår att fyra anläggningstyper, som motsvarar 20 procent av urvalet, står för 69 procent av antalet aktivitetsorder. Detta stämmer relativt bra överens med den så kallade pareto-principen och anses vara tillräckligt nära för att dessa fyra anläggningstyper ska kunna representera verkligheten. Gränsen drogs, som tabellen visar, mellan TA VTIS och nästföljande anläggningstyp på grund av att skillnaden mellan antal aktivitetsorder för de båda är betydande. Det som också talar för beslutet är att ökningen i ackumulerade andel anläggningar är fem procent, medan ökningen i ackumulerade andel aktivitetsorder endast är sju procent. Dessa fyra BPU:er ligger till underlag för vilka rörsatser som klassificeras som en produktfamilj.

#### 4.7.2 Val av produktfamilj

De olika typerna av rörsatser varierar i storlek och karaktär och för att klassificera de som är vanligast som produktfamilj är det lämpligt att även utreda fördelningen mellan dessa i antal. På så sätt kan urvalet ytterligare begränsas och variationer minskas i insamlad data. Rådataunderlaget är detsamma som i föregående avsnitt förutom att även de order som saknar tillverkningsnummer är medräknade eftersom den aspekten inte utgör någon komplikation i det här fallet. Tabell 8 nedan

beskriver antal aktivitetsorder som har producerats av respektive rörsatstyp i det statistiska utdraget.

Tabell 8 Andel producerade aktivitetsorder i rådataunderlaget uppdelat per rörsatstyp.

| Rörsats         | Antal aktivitetsorder | Ack. andel rörsatser | Ack. andel aktivitetsorder |
|-----------------|-----------------------|----------------------|----------------------------|
| Huvudsats       | 212                   | 9 %                  | 50 %                       |
| Limsats         | 111                   | 18 %                 | 75 %                       |
| Topsats         | 33                    | 27 %                 | 83 %                       |
| Loopsats        | 16                    | 36 %                 | 87 %                       |
| Vattensats      | 16                    | 45 %                 | 91 %                       |
| Hetvattensats   | 15                    | 55 %                 | 94 %                       |
| DHM             | 12                    | 64 %                 | 97 %                       |
| Klimatsats      | 5                     | 73 %                 | 98 %                       |
| Alrox           | 4                     | 82 %                 | 99 %                       |
| Avluftningssats | 3                     | 91 %                 | 100 %                      |
| Infusionsats    | 1                     | 100 %                | 100 %                      |
| <b>Totalt</b>   | <b>428</b>            |                      |                            |

Av vad som kan utläsas ur tabell 8 råder det ingen tvekan om att huvudsats och limsats är de absolut vanligaste rörsatserna. Dessa båda typer, som motsvarar 18 procent av det totala urvalet, står för 75 procent av de totala aktivitetsorderna. Eftersom skillnaden i antal aktivitetsorder är stor ned till nästa rörsatstyp bedöms det väl underbyggt att huvudsats och limsats är representativa återigen med hänvisning till paretoprincipen. Med avseende på antal rörsatser som produceras anses en gruppering som produktfamilj av huvudsats och limsats vara väl underbyggd.

#### 4.7.3 Validering av vald produktfamilj

För att vidare utreda om huvudsats och limsats för utvalda BPU:er är lämpligt val av produktfamilj är det nödvändigt att granska nedlagd tid i de olika förädlingsaktiviteterna. Eftersom det är tillverkningslinjen som är av intresse är endast de rörsatser som har genomgått samtliga tre produktionsaktiviteter och där svetsoperationen är utförd under september och oktober år 2010 utvalda. Svetsoperationen har valts som utgångspunkt på samma grunder som under avsnittet 4.5 *Orderstatistisk rådata* och syftet med begränsningen av underlaget är att begränsa omfattning av kompletterande datainsamling och sammanställning med bibehållen hög validitet.

Med hjälp av det genererade rådataunderlaget av produktionsorder kan det för varje aktivitet bestämmas total rapporterad tid i produktionen uttryckt i antal timmar. Denna tid är den sammanlagda rapporterade arbetstiden som inblandade operatörer har lagt ner för att slutföra förädlingen av samtliga rör i produktionsordern för det förädlingssteget. Då det endast är aktiviteterna bockning, svetsning och slipning som rapporteras i affärssystemet är det bara dessa som kan studeras. Som nämnts tidigare ingår även mätning, kragning/borring, avstickning och automatisk slipning i svetsoperationens rapporterade tid i affärssystemet. Tabell 9, 10 och 11 nedan visar medelvärden på den tid som rapporterats för samtliga utvalda rörsatser fördelat efter både rörsatstyp och BPU.

Tabell 9 Medelvärde av rapporterad bocktid för respektive BPU och rörsats.

| BPU               | Alrox | DHM | Hetvattensats | Huvudsats | Limsats | Toppersats | Vattensats | Totalt      |
|-------------------|-------|-----|---------------|-----------|---------|------------|------------|-------------|
| TA Drink          |       |     | 3,9           | 10,3      | 7,0     |            |            | 7,1         |
| TA Flex           | 5,0   |     |               | 9,5       | 7,1     | 3,5        |            | 6,4         |
| TA VTIS           |       | 4,5 |               | 10,0      | 8,0     |            | 4,0        | 6,9         |
| Tetra Therm Lacta |       |     |               | 8,9       | 6,9     |            |            | 7,9         |
| <b>Totalt</b>     |       |     |               |           |         |            |            | <b>28,3</b> |

Tabell 10 Medelvärde av rapporterad svetsstid för respektive BPU och rörsats.

| BPU               | Alrox | DHM | Hetvattensats | Huvudsats | Limsats | Toppersats | Vattensats | Totalt       |
|-------------------|-------|-----|---------------|-----------|---------|------------|------------|--------------|
| TA Drink          |       |     | 48,3          | 119,2     | 80,0    |            |            | 83,3         |
| TA Flex           | 51,5  |     |               | 175,1     | 150,0   | 33,9       |            | 107,7        |
| TA VTIS           |       |     |               | 163,2     | 69,3    |            | 63,5       | 98,7         |
| Tetra Therm Lacta |       |     |               | 208,6     | 102,6   |            |            | 159,2        |
| <b>Totalt</b>     |       |     |               |           |         |            |            | <b>448,8</b> |

Tabell 11 Medelvärde av rapporterad sliptid för respektive BPU och rörsats.

| BPU               | Alrox | DHM | Hetvattensats | Huvudsats | Limsats | Toppersats | Vattensats | Totalt      |
|-------------------|-------|-----|---------------|-----------|---------|------------|------------|-------------|
| TA Drink          |       |     | 3,5           | 9,6       | 2,0     |            |            | 6,1         |
| TA Flex           | 9,0   |     |               | 11,5      | 10,9    | 5,1        |            | 8,7         |
| TA VTIS           |       |     |               | 11,3      | 5,5     |            | 6,0        | 7,6         |
| Tetra Therm Lacta |       |     |               | 12,7      | 7,0     |            |            | 10,0        |
| <b>Totalt</b>     |       |     |               |           |         |            |            | <b>32,4</b> |

Tabell 9 beskriver bockningsoperationen, tabell 10 beskriver svetsoperationen och tabell 11 beskriver slioperationen. De tomma fälten indikerar att det inte finns rapporterade tider för den kombinationen av rörsatsertyper och BPU:er.

Rörsatstypen DHM finns endast representerad i en produktionsorder där värden saknas för svetsoperationen och slioperationen, därav de tomma fälten. Det går av tabellerna att konstatera att medeltiden inom respektive förädlingssteg är mycket varierande. Detta har flera orsaker varav den största är storleken på produktionsordern. Med storlek menas inte bara antal rör, utan även hur många bockar, svetsfogar och sli moment som måste genomföras. Det går att utläsa att medeltiderna varierar kraftigt för varje BPU mellan olika rörsatser medan det är betydligt mindre variationer mellan olika BPU:er för samma rörsats. Därför kan det fastslås att rörsatstypen har större inflytande på storleken än vad själva BPU:n har. På dessa grunder utses huvudsats och limsats att grupperas som produktfamilj.

#### 4.8 Representativ medelproduktionsorder

Tabell 12 nedan visar fördelningen av de rörsatser som har producerats för de fyra utvalda BPU:erna och där svetsoperationen är utförd under september och oktober år 2010.

Tabell 12 Antal rörsatser förädlade i svetsaktiviteten för respektive processanläggning under september och oktober månad år 2010.

| Benämning         | Alrox    | DHM      | Hetvattensats | Huvudsats | Limsats   | Toppersats | Vattensats | Totalt    |
|-------------------|----------|----------|---------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|
| TA Flex           |          |          | 4             | 4         | 1         |            |            | 9         |
| Tetra Therm Lacta |          | 1        |               |           | 2         |            | 2          | 7         |
| TA Drink          | 1        |          |               | 6         | 4         | 7          |            | 18        |
| TA VTIS           |          |          |               | 8         | 7         |            |            | 15        |
| <b>Totalt</b>     | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>4</b>      | <b>20</b> | <b>14</b> | <b>7</b>   | <b>2</b>   | <b>49</b> |

Av tabell 12 framgår att det tillverkats totalt 49 rörsatser där 20 är huvudsatser och 14 är limsatser. Det är dessa 34 rörsatser som en representativ medelproduktionsorder av vald produktfamilj baseras på.

För att få en riktig bild av en generell rörsats är det nödvändigt med en utredning av exakt vad valda produktionsorder består av och hur de är sammansatta. Eftersom urvalet har begränsats lämnas utrymme att göra utförlig datainsamling av samtliga rörsatser och dess produktionsorder. Då vald produktfamilj är vanligast är det också säkerställt att den slutliga medelproduktionsordern kan representera verkligheten. För att komplettera med mer djupgående data till de 34 utvalda produktionsorderna används svetslistor och externa kaplistor som beskrivits utförligt under 4.4 *Övergripande om orderstatistik*.

#### 4.8.1 Tidsstudie

En central del i en VSM är tider på värdeadderande aktiviteter kontra icke värdeadderande aktiviteter. I en produktionsprocess likt den i studiens fokus, med många manuella moment, är gränsen mellan dessa aktiviteter invecklad. Examensarbetarna har därför behövt avgöra för varje produktionsmoment individuellt vad som anses vara tiden för förädling. Den tid som avses är alltså värdeadderande och ska enligt Ljungberg & Larsson (2001) *utvecklas* (detta ligger dock utanför arbetets ramar). All tid däremellan är icke värdeadderande tid och ska minimeras.

Mätstationen faller under icke värdeadderande tid enligt Ljungberg & Larsson (2001), men enligt Rother & Shook (2004) är mätstationen spill. Det sistnämnda leder till en approximation som är, enligt examensarbetarna, alldeles för grov då mätstationen är nödvändig för att markera borrh- och kragplaceringar, samt för att säkerställa rätt kaplängd på de rör som ska kapas. Av den orsaken sätts mätstationen till kategorin *värdeadderande tid* tillsammans med de andra förädlingsstegen. Skulle markering av borrh- och kragplaceringar samt kaplängd av någon anledning inte vara en del av mätstationen, bör mätningen ses som spill då övrigt arbete i denna station endast omfattas av kontroll.

I ett första steg utreds det nedan för varje operation vad som anses värdeadderande och därefter hur lång tid momenten tar. Då det i första hand är svetslistor som anger exakt vad en produktionsorder innefattar för arbetsmoment är det utifrån dessa som tidsstudien baseras. Därför har enheten för respektive förädlingssteg valts för att kunna matchas och användas i vidare beräkningar för flera produktionsorder.

För bockningsoperationen representerar den uppmätta tiden själva bockningsmaskinens förädlingsarbete. Det vill säga från det att röret är placerat i maskinen och operatören startar



bockningsförfarandet till dess att röret är bockat och programmet slutfört så att operatören kan avlägsna röret från maskinen. Bockning av större diametrar måste utföras långsammare på grund av att ytdefekter lättare uppkommer då rörets tjocklek i relation till diameter förändrar styvhetsförhållanden och deformationsbeständigheter. Det tar givetvis också längre tid då fler bockningar ska genomföras och då röret är av längre modell och därmed kräver längre matningssträckor. Eftersom det i svetslistan endast är angivet antal rör som ska bockas är det tiden för ett rör som har behövts generaliserats. Av kaplistorna för respektive produktionsorder har det framgått att det är rör av diameter 38, 51 respektive 63,5 millimeter som är vanligast och därför har tiderna generaliserats med medelvärde för dessa rör.

Tiden det tar för ett rör i mätstationen är beroende av antalet krag- och borrhål som måste märkas ut. Tiden är uppmätt från det att röret placeras på mätbordet till dess att borrhålen är markerade. Vidare är det antalet bockade rör som är avgörande för tiden då det är ändpunkterna för dessa som måste markeras för att nästföljande förädlingssteg som är kapning ska kunna utföras. Tiden för detta mäts på samma sätt som för borrhålen, från att röret är placerat på mätbordet och till dess att kapmarkeringarna är utsatta. Notera, som nämnts ovan, att mätning av raka rör är betraktad som slöseri. Mätstationens tid är alltså uppdelad i hålmätning och ändpunktmätning. Diametern och rörets övriga geometrier har liten inverkan på den slutgiltiga tiden.

Kragning är i sig en känslig process på grund av den deformation som operationen innebär, men förutsättningarna och gränserna för tidtagning är enkla. Tiden gäller just för den värdeadderande tiden då röret bearbetas av kragningsmaskinen. Det råder vissa tidsvariationer som beror på rörets diameter. Ju större diameter desto långsammare måste momentet utföras av samma anledningar angående geometriska förhållanden som för bockningsmaskinen ovan. Gränserna för vad som är värdeadderande är även för borroperationen tydliga men i det fallet är tiden tämligen dimensionsoberoende och därför nära överensstämmande med verkligheten.

Avstickningsoperationen har som beskrivits under *4.3.7 Avstickning* två maskiner till förfogande och tiden mellan dessa skiljer sig något åt. Dock är tiden för samma avstickningsmaskin inte lika varierande. Den värdeadderande tiden är precis som för kragning/borring den tid som verktyget är i ingrepp och faktiskt bearbetar röret.

Svetslistan är indelad i tre olika svetsmoment och eftersom det är antalet svetsfogar som kan utläsas måste tidsstudien baseras på detta. Det första svetsmomentet är häftning av svetsfogar och för detta är det inte helt självklart vad som ska anses vara värdeadderande på grund av de utpräglade manuella moment som operationen medför. Det krävs som beskrivits tidigare viss bearbetning av de ytor som ska fogas samman och detta måste också anses vara värdeadderande utöver själva svetsningen. Den värdeadderande tiden betraktas vara från det att röret är uppspänt till dess att den sista punkten är häftad. Tiden varierar i relativt liten omfattning med diametern på röret och tjockleken på godsen som ska fogas samman. Det andra svetsmomentet är det manuella färdigställandet av en svetsfog och den värdeadderande tiden är helt enkelt från det att svetsningen påbörjas till dess att fogen är sluten. För färdigställande av en godkänd svetsfog krävs det att den är jämn och därför måste svetsningen ske med jämn hastighet. Det innebär att ett rör av större diameter tar längre tid att svetsa än ett rör av mindre diameter. Rören som studeras i rapporten är som beskrivits tunnväggiga men det förhindrar inte att andra svetskomponenter är av annan tjocklek. Komponenternas godstjocklek är avgörande då det är den som bestämmer hur länge

svetselektroden måste hållas på samma punkt för att värma godset tillräckligt så att svetsning möjliggörs. Det tredje momentet i svetsstationen är orbitalsvetsning (automatisk svetsning) och för den gäller samma förutsättningar som för manuell svetsning. Från det att svetsfogen påbörjas till dess att den är slutförd är den tid som anses värdeadderande och precis som innan är rördiametern avgörande för slutförändertiden. I dessa fall har tiderna generaliserats som medelvärden för de vanligaste diametrarna.

Den automatiska slipoperationen är mycket effektiv och det som anses värdeadderande är ingreppstiden för en svetsfog. Tiden varierar ytterst lite mellan olika diametrar och det är även liten variation mellan olika fogar. Problemet är att många fogar inte kan automatslipas och måste därför slipas manuellt. Då är tiden betydligt mycket mer varierande och därför lämnas stor osäkerhet i detta moment. Anledningen är att svetsfogen kan sitta på ett mycket komplicerat ställe som gör att det är svårt för operatören att komma åt med slipverktygen. Den värdeadderande tiden är också i detta fall själva ingreppstiden till dess att svetsfogen är färdigslipad. För att bestämma manuell sliptid har tid fått tas för vad som kan anses vara ett normalutförande för svetsfogen.

Eftersom den intressanta tiden är den värdeadderande är det viktigt att de tider som tas fram beskriver momenten utan avbrott, komplikationer eller problem. Det vill säga när allt fungerar som det ska. Därför måste tiderna tas fram under optimala, men normala, omständigheter och inte räknas ut som ett medelvärde över en period. Detta är viktigt eftersom studien går ut på att poängtera det som går att förbättra, alltså det som är problematiskt, och om tid för komplikationer räknas in som värdeadderande kommer dessa inte att visualiseras, utan räknas som normala. När tidsvariationer finns på grund av rörets egenskaper är det nödvändigt att göra en approximation. Detta har skett genom att med hjälp av operatören välja ut rör som anses normala och utifrån dessa beräkna ett medelvärde. I de fall tidsvariationer är små har tiderna inte räknats ut som medelvärde utan tagits direkt för den värdeadderande ingreppstiden vid ett och samma normala tillfälle. I tabell 13 nedan presenteras resultatet av tidsstudien och tiderna för de moment som beskrivits ovan.

Tabell 13

| Förädlingssteg       | Ingreppstid | Enhet       |
|----------------------|-------------|-------------|
| Bockning             | 0,95        | [min/rör]   |
| Mätning ändpunkter   | 1,62        | [min/rör]   |
| Mätning hål          | 1,32        | [min/hål]   |
| Kragning             | 2,30        | [min/krage] |
| Borrning             | 0,33        | [min/hål]   |
| Kapning              | 1,70        | [min/rör]   |
| Häftning             | 1,75        | [min/fog]   |
| Manuell svetsning    | 3,88        | [min/fog]   |
| Automatisk svetsning | 2,33        | [min/fog]   |
| Automatisk slipning  | 0,75        | [min/fog]   |
| Manuell slipning     | 2,00        | [min/fog]   |

Ur tabell 13 kan läsas de uppmätta värdeadderande tider som varje moment tar i anspråk och vilken enhet de är uppmätta efter. Det som tar längst tid per fog är den manuella svetsningen och därefter kommer orbitalsvetsning. Kragning tar även det lång tid men jämfört med antalet svetsfogar är det

få hål som ska kragas så den totala tiden kommer i slutändan inte bli så stor. Manuell slipning är även det ett tämligen tidskrävande moment på grund av de komplexa geometrier som ibland måste befrias från oönskad beläggning.

#### 4.8.2 Arbetsmoment

För att sätta de värdeadderande tiderna som presenterades i föregående avsnitt i kontext krävs värden på antal moment som utförs i en produktionsorder. Detta har tagits fram med hjälp av de 34 utvalda produktionsordernas svetslistor då det framgår av dessa hur många moment som krävs för att färdigställa produktionsordern i varje förädlingssteg. För att få en bild av hur volymen av respektive moment varierar har maxvärde, minvärde och standardavvikelse räknats ut vid sidan om medelvärde. Tabell 14 visar en sammanställning av dessa värden.

Tabell 14

| Beteckning              | Maxvärde | Minvärde | Standardavvikelse | Medelvärde |
|-------------------------|----------|----------|-------------------|------------|
| Bockning/kapning        | 94       | 16       | 20                | 52 rör     |
| Kragning                | 48       | 0        | 9                 | 13 hål     |
| Borrning                | 14       | 0        | 4                 | 6 hål      |
| Häftning                | 321      | 95       | 65                | 212 fogar  |
| Manuell svetsning       | 189      | 36       | 44                | 128 fogar  |
| Automatisk svetsning    | 134      | 40       | 26                | 84 fogar   |
| Automatisk slipning     | 69       | 13       | 12                | 33 fogar   |
| Manuell slipning        | 282      | 59       | 62                | 180 fogar  |
| Andel kragning/borrning | 50,7 %   | 6,9 %    | 9,7 %             | 21,7 %     |

Tabell 14 beskriver för varje operation antal moment per produktionsorder. Standardavvikelsen för respektive operation är relativt stor för många av aktiviteterna trots den omfattande begränsningen i urval och produktfamilj. Detta beror delvis på att både huvudsats och limsats grupperats; en sak som svårligen kan undvikas på grund av den besvärlighet som bestämmandet av medellagerkvantiteter medför. Denna aspekt beskrivs mer uttömmande senare i kapitlet under 4.10 *Lagernivåer*. Den sista raden i tabellen visar hur stor andel av rören som kräver kragning respektive borrning, det vill säga hur stor andel av flödet som går genom krag- och borrarstationen. Vissa rör kan ha flera kragade eller borrarade hål. En medelproduktionsorder av vald produktfamilj består av det antal moment som medelvärdeskolumnen beskriver. Dessa kan användas tillsammans med de värdeadderande förädlingsstiderna för att bestämma värdeadderande tid i varje produktionssteg för en medelproduktionsorder.

#### 4.8.3 Värdeadderande tid

Den värdeadderande tiden beräknas först för en produktionsorder och därefter för ett rör. I föregående avsnitt beräknades och presenterades medelvärde på antalet arbetsmoment för varje förädlingssteg för en produktionsorder. Under 4.8.1 *Tidsstudie* redogjordes för den värdeadderande tiden för respektive moment. Genom att multiplicera antalet moment för en produktionsorder i varje förädlingsprocess med den tid som bestämts som värdeadderande beräknas den totala mängden värdeadderande arbetstimmar i varje förädlingssteg. Tabell 15 beskriver resultatet av dessa beräkningar.

Tabell 15 Värdeadderande arbetstimmar

| Moment              | Maxvärde      | Minvärde     | Standardavvikelse | Medelvärde    |
|---------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|
| Bocktid             | 1,5           | 0,3          | 0,3               | 0,8           |
| Mättid              | 3,0           | 0,7          | 0,7               | 1,8           |
| Krag- och borrtid   | 1,9           | 0,0          | 0,3               | 0,5           |
| Kaptid              | 5,3           | 0,9          | 1,1               | 2,9           |
| Häfttid             | 9,4           | 2,8          | 1,9               | 6,2           |
| Manuell svetstid    | 12,2          | 2,3          | 2,8               | 8,3           |
| Automatisk svetstid | 5,2           | 1,6          | 1,0               | 3,3           |
| Automatisk sliptid  | 0,9           | 0,2          | 0,2               | 0,4           |
| Manuell sliptid     | 4,7           | 1,0          | 1,0               | 3,0           |
| <b>Totalt</b>       | <b>44,1 h</b> | <b>9,7 h</b> |                   | <b>27,3 h</b> |

Tabell 15 visar för varje förädlingssteg medelvärdet av det totala antalet värdeadderande arbetstimmar som krävs för att slutföra de produktionsorder som valts som underlag. Den visar även det maximala uppmätta värdet, det minimala samt standardavvikelsen. Tiderna varierar enligt tabellen kraftigt och detta beror på att antalet moment varierar relativt mycket mellan olika produktionsorder.

Som beskrivits under 4.1.1 *Detaljnivå för studien* är det nödvändigt att, för att öka förståelse av materialflödet, även beskriva vissa delar ingående för enskilda rör. Den värdeadderande tiden för ett enskilt rör bestäms genom att fördela den totala ledtiden för varje produktionsorder och förädlingssteg på produktionsorderns antal rör. Detta resulterar i medelvärden för varje rör och visas i Tabell 16.

Tabell 16

| Operation            | Maxvärde        | Minvärde        | Standardavvikelse | Medelvärde      |
|----------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Bockning             | 0,95            | 0,44            | 0,12              | 0,74            |
| Mätning              | 1,85            | 1,27            | 0,12              | 1,64            |
| Kragning/borring     | 1,18            | 0,04            | 0,27              | 0,49            |
| Kapning              | 3,41            | 1,56            | 0,44              | 2,64            |
| Häftning             | 7,03            | 4,20            | 0,74              | 5,67            |
| Manuell svetsning    | 10,10           | 4,11            | 1,44              | 7,53            |
| Automatisk svetsning | 4,19            | 2,09            | 0,57              | 3,03            |
| Automatisk slipning  | 0,84            | 0,22            | 0,15              | 0,39            |
| Manuell slipning     | 3,67            | 1,74            | 0,48              | 2,72            |
| <b>Totalt</b>        | <b>33,2 min</b> | <b>15,7 min</b> |                   | <b>24,5 min</b> |

Ur tabell 16 går det att utläsa att standardavvikelsen vid fastställande av värdeadderande tid för ett enskilt rör är betydligt lägre än för en produktionsorder. Detta beror på att när tiden för en produktionsorder bestäms kan antalet rör vara väldigt varierande. Den totala värdeadderande tiden för ett rör är summan av den värdeadderande ledtiden för samtliga förädlingssteg med undantag för

kragning/borrning. Endast 22 % av denna tid är räknad eftersom det är just den andelen rör som kragas respektive borrar. Den värdeadderande tiden för ett enskilt rör är således 24,5 minuter.

#### 4.8.4 Ledtid

När en rörsats betraktas i produktionen är det vanligt att flera förädlingssteg sker parallellt vilket gör att det är svårt att avgöra ledtiden i varje ingående moment. För en produktionsorder väljs att ledtiden bestäms för bockning, svetsning och slipning. I svetsningen ingår förutom svetsmomenten även mätning, kragning/borrning, avstickning och automatisk slipning. Anledningen till att just denna nivå har valts är kopplat till att det rapporteras tid till affärssystemet för dessa operationer. Det är även i de allra flesta fall en tydlig avgränsning för en produktionsorder med mellanlagring på just detta sätt. Tabell 17 nedan beskriver rapporterad arbetstid för varje operation och även spridningen mellan de olika produktionsorderna.

Tabell 17 Rapporterade arbetstimmar för produktionsorder

| Operation | Maxvärde | Minvärde | Standardavvikelse | Medelvärde |
|-----------|----------|----------|-------------------|------------|
| Bockning  | 12,0     | 6,0      | 1,6               | 8,5        |
| Svetsning | 281,7    | 55,5     | 53,1              | 148,8      |
| Slipning  | 17,0     | 2,0      | 4,0               | 9,9        |

Det är tydligt av tabell 17 att svetsoperationen är den mest tidskrävande och därför kräver högst bemanning för att utjämna cykeltiderna och få ett jämnt flöde.

För att beräkna ledtiden måste arbetstiden fördelas på det antal operatörer som utför arbetet för en produktionsorder i respektive förädlingssteg. Alla operatörer i tillverkningsprocessen av rörsatser arbetar enligt tvåskift. För bockningsmaskinen är det alltid två operatörer som hjälps åt att utföra nödvändigt arbete. De som arbetar med resterande del av förädlingsprocessen utgörs av två arbetslag som tillsammans utför mätning, kragning/borrning, avstickning, svetsning och slipning. Under september och oktober år 2010 var det i genomsnitt 25,5 medarbetare och fördelat på två skift blir det 12,75 medarbetare tillgängliga. En av dessa operatörer arbetar med mätning, en med kragning/borrning och en med avstickning. Två operatörer håller till i sliprummet och står för den manuella slipningen. Två operatörer sköter orbitalsvetsningen och utför parallellt även automatsvetsningen. Till häftning och manuell svetsning återstår det 5,75 operatörer. Dessa operatörer utför parallellt både häftning och manuell svetsning.

Det har förutsatts att utjämningen av arbetstiden i varje arbetsmoment är optimal. Det innebär att arbetstiden fördelas jämnt på antalet operatörer. Baserat på resonemanget i föregående stycke har ledtid för en medelproduktionsorder i respektive produktionssteg beräknats och tabell 18 levererar resultatet av dessa beräkningar för produktfamiljen *huvudsats och limsats*.

Tabell 18 Ledtid för produktionsorder baserat på rapporterade arbetstimmar

| Operation     | Operatörer | Maxvärde      | Minvärde     | Medelvärde    |
|---------------|------------|---------------|--------------|---------------|
| Bockning      | 2          | 6,0           | 3,0          | 4,2           |
| Svetsning     | 10,75      | 26,2          | 5,2          | 13,8          |
| Slipning      | 2          | 8,5           | 1,0          | 5,0           |
| <b>Totalt</b> |            | <b>40,7 h</b> | <b>9,2 h</b> | <b>23,0 h</b> |

Den totala ledtiden i produktionen exklusive lagerhållning visas av tabell 18 som 23 timmar för utvald produktfamilj. Det maximala värdet är 40,7 timmar och det minimala är 9,2 timmar. Då svetsning innehåller flera olika moment är det den totala ledtiden för dessa moment som är beräknad.

Ledtiden exklusive lagerhållning för enskilda rör är mycket liten i förhållande till den totala genomloppstiden och väljs därför att försummas.

#### 4.8.5 Cykeltid

Cykeltiden i respektive förädlingssteg har valts att beräknas på hur många order som produceras per dag. Ännu en gång baseras beräkningarna på antalet producerade rörsatser under september och oktober år 2010. Utifrån detta kan tiden mellan varje rörsats bestämmas i varje förädlingssteg. Det sker genom att dividera antalet arbetstimmar per dag med produktionstakten. Produktionstakten bestäms av antalet producerade produktionsorder per månad dividerat på antalet dagar och eftersom det är tvåskift som svetslinjen arbetar enligt är det 16 arbetstimmar per dag. Tabell 19 visar vad beräkningarna resulterar i.

Tabell 19 Cykeltid för produktionsorder i varje operation.

| Operation | Produktionstakt | Cykeltid |
|-----------|-----------------|----------|
| Bockning  | 2,77            | 5,8 h    |
| Svetsning | 1,53            | 10,4 h   |
| Slipning  | 1,65            | 9,7 h    |

Tabell 19 beskriver att det är betydligt snabbare produktionstakt och följaktligen kortare cykeltid i bockningsoperationen. Detta beror som nämnts på att ungefär hälften av rörsatserna som bockas har destination specialmontage, EMV eller ska exporteras. Svetsoperationen och slipoperationen har något skild cykeltid eftersom det i underlaget skilde något på antalet producerade rörsatser. Eftersom det endast går att fastställa cykeltiden i hela svetslinjen bestäms samtliga ingående operationer som samma värde. Dessa består av mätning, kragning/borrning, avstickning, häftning, manuell svetsning, automatisk svetsning och automatisk slipning.

Då cykeltiden för enskilda rör ska beräknas har cykeltiden för en produktionsorder dividerats på det genomsnittliga antalet rör som i underlaget är 67,2 stycken. Det ingår även mätning, kragning/borrning, avstickning och automatisk slipning precis som innan i svetsoperationen och cykeltiden sätts till samma för alla dessa operationer. Tabell 20 visar cykeltiden för enskilda rör i varje förädlingssteg.

Tabell 20 Cykeltider för enskilda rör i varje operation.

| Operation            | Produktionstakt | Cykeltid |
|----------------------|-----------------|----------|
| Bockning             | 185,7           | 5,2 min  |
| Mätning              | 103,0           | 9,3 min  |
| Kragning/borring     | 103,0           | 9,3 min  |
| Kapning              | 103,0           | 9,3 min  |
| Häftning             | 103,0           | 9,3 min  |
| Manuell svetsning    | 103,0           | 9,3 min  |
| Automatisk svetsning | 103,0           | 9,3 min  |
| Automatisk slipning  | 103,0           | 9,3 min  |
| Manuell slipning     | 110,8           | 8,7 min  |

Tiderna i tabell 20 varierar enligt samma orsaker som cykeltiderna för hela rörsatser.

## 4.9 Lager

Gränsen mellan lagerhållning och bearbetning hos TP D&B är svår att dra och kan ibland kännas godtycklig. Inte sällan uppstår spontana mellanlager med varierande kvantitet i produktionen. Vid en tidpunkt kan till exempel sju tydliga mellanlager pekats ut och vid en annan fem eller åtta. Detta gör det givetvis också svårt att definiera var en process slutar och var nästa tar vid. Därför har examensarbetarna infört något som valts att kallas för "räknerunda", förenligt med Likers (2004) tolfte punkt för hur LM bör eftersträvas: gå och se med egna ögon för att verkligen förstå situationen. Denna räknerunda innebär att varje dag besöka produktionen och räkna antalet rörsatser i varje mellanlager. Dessa definieras av examensarbetarna inte efter fysisk plats utan efter dess kund, det vill säga nästa produktionsprocess. Anledningen till det är att lagren flyttas som sagt efter behov i produktionen och detta gör det svårt att räkna dem efter var de befinner sig. Lagren bestäms till följande:

1. Råvarulager, TP D&B  
Rör i rörlådor som anländer från Butting, Tyskland
2. Kaplager, EMV  
Rör som har skickats till EMV för kapning, ses som ett externt lager
3. Bocklager  
Raka, uppkapade rör som väntar på att bockas
4. Mätlager  
Bockade rör som väntar på att mätas
5. Krag- och borrlager  
Mätta rör som väntar på att kragas och borras.
6. Avstickningslager  
Mätta (och eventuellt kragade och borrade) rör som väntar på att stickas av.
7. Svetslager  
Avstuckna rör som väntar på att svetsas
8. Sliplager  
Svetsade rör som väntar på att slipas
9. Färdiglager

Slipade rör vars nästa station antingen är montagelinjen eller testplats (LIM-rör).

Detta gör det möjligt att oavsett var en produktionsorder befinner sig räkna med den och på så sätt föra statistik över produktionens mellanlager.

## 4.10 Lagernivåer

I syfte att kunna jämföra den värdeadderande tiden med övrig tid och för att avgöra den totala ledtiden och genomloppstiden är det nödvändigt att bestämma den tid som en produktionsorder spenderar i vila, det vill säga i lager. Det kronologiska flödet som rören går genom är beskrivet utförligt under Nuläge och det är inom detta flöde som lagring sker på olika platser.

### 4.10.1 Lagerhållning av okapade rör i metervara

Affärssystemet behandlar endast lagerhållning av raka, okapade 6-metersrör och lagringen kan ske i godsmottagning, råvarulagring, reservlager och kaplager. I vissa avseenden kan rör även vara allokerade, men det är endast ett fåtal meter under en mycket kort tid och därför kan de posterna försummas. Det är 70 procent av det totala materialflödet av rör som efter att det anlänt hos EMV, skickas tillbaka i kapade rörsatser till TP D&B. Andelen är en kvalificerad gissning av produktionschefen för svetslinjen samt specialmontage. Den är baserad på att den andel processanläggningar som produceras hos EMV är färre till antalet och rörsatserna som ingår består av en mindre mängd rör. Detta innebär att 30 procent av den mängd rör som lagerhålls hos EMV inte skickas tillbaka till TP D&B.

Med hjälp av affärssystemet är det möjligt att avgöra medellagernivån över en period för TP D&B:s totala innehav av rör, men det är inte möjligt att göra detta för enskilda lagerplatser.

Medellagernivån innefattar alltså all lagring av rör i metervara, inklusive det som lagras hos EMV i kaplagret och hela 2010 har valts som underlag då perioden anses tillräcklig för att jämna ut variationer som följer av inleveranser. För att förenkla situationen något betraktas rör i godsmottagning som del av råvarulagret hos TP D&B eftersom de så småningom lagras in där. Reservlagret betraktas även det som en del av råvarulagret då kvantiteten är relativt liten och medellagernivån är svår att bedöma. Kaplagret hos EMV är betydande i storlek och avgörande för att produktionen ska fungera och försummas därför inte. Med denna uppdelning finns det två lagringsplatser för rör i metervara.

För att enskilt bestämma medellagernivån hos EMV beräknas medelvärdet av ett antal stickprov. Tabell 21 nedan visar datum för stickprov, lagernivå och det uträknade medelvärdet.

Tabell 21 Stickprovskontroll av lagring av rör i kaplagret hos EMV.

| Datum             | Total rörlängd |
|-------------------|----------------|
| 2011-01-10        | 5 261          |
| 2011-01-19        | 4 522          |
| 2011-02-23        | 6 932          |
| <b>Medelvärde</b> | <b>5 572 m</b> |

I tabell 21 går det att utläsa att den uträknade medellagernivån i kaplagret hos EMV är 5 572 meter rör. Denna siffra är som tidigare i kapitlet förklarats grovt approximerad och är den totala mängden rör hos EMV. Råvarulagret hos TP D&B kan räknas ut som differensen mellan total medellagernivå



för år 2010 och den uppskattade medellagernivån i kaplagret hos EMV. Tabell 22 visar resultatet av dessa beräkningar.

Tabell 22 Medellagernivåer i råvarulager hos TP D&B och kaplager hos EMV.

| Lager                  | Medellager |
|------------------------|------------|
| 0. Totalt lager        | 15 615 m   |
| 1. Råvarulager, TP D&B | 10 044 m   |
| 2. Kaplager, EMV       | 5 572 m    |

Det framgår av tabell 22 att medellagernivån i råvarulagret hos TP D&B är 10 044 meter och medellagernivån i kaplagret hos EMV är 5 571 meter.

#### 4.10.2 Lagerhållning av kapade rör i rörsatser

De lager som är lokaliserade efter kaplagret hos EMV består av buffertlagring i rörsatser och dessa är oftast relativt små till storleken. Som beskrivits tidigare har antal rörsatser i varje mellanlager räknats dagligen och medellagernivån beräknas som medelvärde baserat på den förda statistiken. Beräkningen ger upphov till stor osäkerhet i den faktiska nivån eftersom en rörsats kan komma att räknas trots att den bara står i lager en mycket kort tid. På samma sätt kan utfallet bli tvärtom att en order som stått i lager åtskilliga timmar inte räknas innan den går vidare till nästa förädlingssteg. Medellagernivån visas i tabell 23 och bedöms vara representativa men med osäkerhet enligt beskrivet resonemang.

Tabell 23 Medellagernivåer i mellanlager hos TP D&B uttryckt i antal produktionsorder.

| Lagerplats           | Medellagernivå |
|----------------------|----------------|
| 3. Bocklager         | 4,74           |
| 4. Mätlager          | 2,90           |
| 5. Kraglager         | 0,00           |
| 6. Avstickningslager | 0,55           |
| 7. Svetslager        | 1,42           |
| 8. Sliplager         | 0,35           |
| 9. Färdiglager       | 6,23           |

Det som tabell 23 illustrerar är medelvärden av det antal produktionsorder som stickprovskontroller i produktionen har givit för varje lagerplats.

#### 4.10.3 Tid i lager

Tid i lager bestäms på olika sätt beroende på om rören lagerförs som rörsatser eller i metervara. Förbrukningen av rör kan uttryckas både i meter och i rörsatser. Följaktligen kan beräkning av tid i lager baseras en av dessa enheter. Rör i metervara följer samma flöde fram till och med kaplagret hos EMV. Tid i lager kan därför räknas ut med hjälp av medelförbrukningen av rör per timme. Förbrukningen för 2010 fördelat per månad visas i bilaga 1. Under september och oktober förbrukades 10 740 meter rör totalt. Med 43 arbetsdagar à 16 timmar beräknas en medelförbrukning på 15,6 meter rör per timme. Denna förbrukning är samma för både råvarulagret och kaplagret.

När tid för mellanlagring av kapade rör ska bestämmas divideras medellagernivån med produktionsstakten för nästkommande process. Produktionsstakten bestäms som antal produktionsorder per timme och har även beskrivits under 4.8.5 *Cykeltid*. Total tid i lager beräknas och uttrycks i antal arbetstimmar. Medeltid i lager för samtliga lager visas i tabell 24.

Tabell 24 Tid som varje produktionsorder spenderar i de olika lagrena.

| Lager                  | Medellagernivå | Produktionstakt | Tid i lager    |
|------------------------|----------------|-----------------|----------------|
| 1. Råvarulager, TP D&B | 10 044 m       | 15,6 m/h        | 643,4 h        |
| 2. Kaplager, EMV       | 5 572 m        | 15,6 m/h        | 356,9 h        |
| 3. Bocklager           | 4,7 PO         | 0,173 PO/h      | 27,4 h         |
| 4. Mätlager            | 2,9 PO         | 0,096 PO/h      | 30,3 h         |
| 5. Kraglager           | 0,0 PO         | 0,096 PO/h      | 0,0 h          |
| 6. Avstickningslager   | 0,5 PO         | 0,096 PO/h      | 5,7 h          |
| 7. Svetslager          | 1,4 PO         | 0,096 PO/h      | 14,8 h         |
| 8. Sliplager           | 0,4 PO         | 0,103 PO/h      | 3,4 h          |
| 9. Färdiglager         | 6,2            | 0,103 PO/h      | 60,3 h         |
| <b>Totalt</b>          |                |                 | <b>1 142 h</b> |

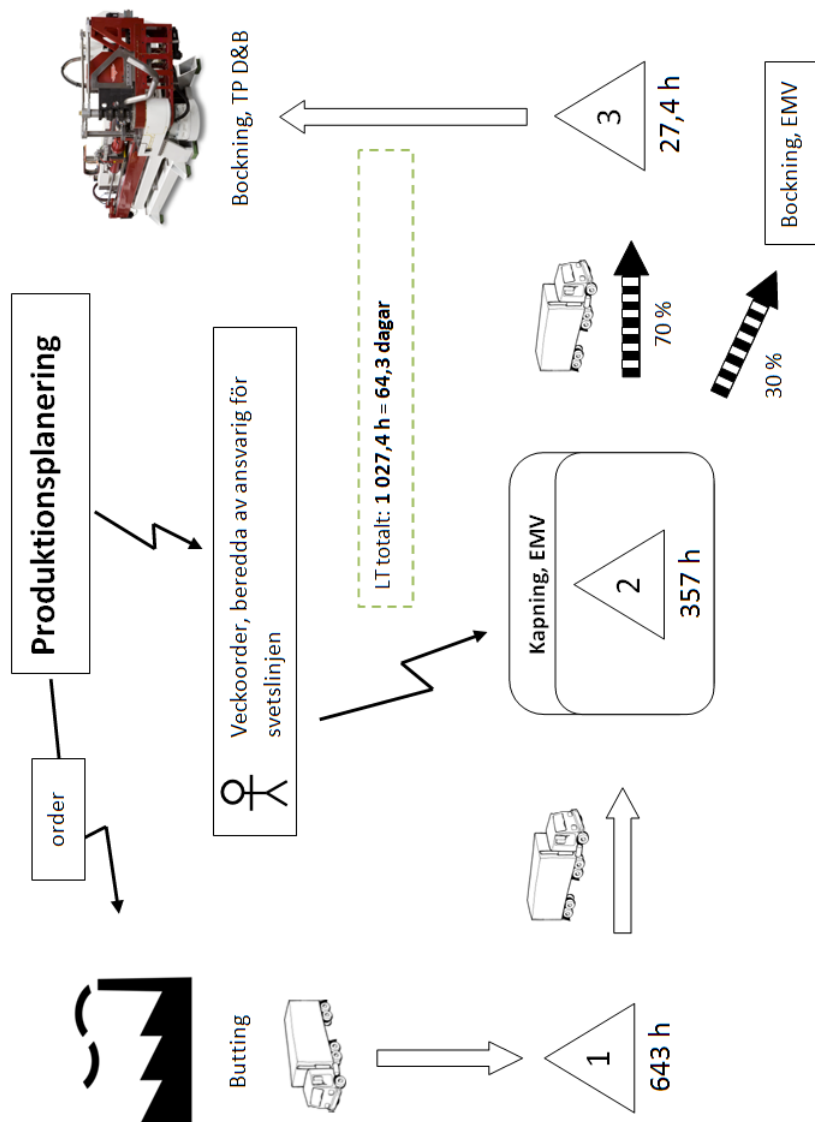
I tabell 24 kan det utläsas den tid som varje rörsats spenderar i varje lager. Det går att tydligt urskilja de två första lagerplatserna som de största tidstjuvarna. Notera dock att dessa lager består av oförädlade rör i metervara och värdet på dessa rör är således lägre än när rör befinner sig senare i värdeflödeskedjan. Dessa lager står heller inte för någon skillnad i ledtid till kund eftersom kundorderpunkten är vid kapningen hos EMV och ordena skickas kort därefter.

## 4.11 Value stream mapping

Materialflödet har valts att beskrivas i två delar. Den första är från leverantör av oförädlade 6-metersrör till dess att rören är uppkapade i produktionsorder och levererade till TP D&B. Den andra delen är från det att rör är uppkapade och levererade till TP D&B till dess att de ska monteras i montagelinjen. Den sistnämnda delen av flödet har valts att beskrivas med två VSM:er. Den ena med detaljnivån produktionsorder och den andra med detaljnivån enskilda rör. Anledningen är att när materialflödet beskrivs med detaljnivån produktionsorder är det svårt att urskilja samtliga förädlingssteg och gränserna däremellan eftersom en rörsats kan befinna sig i flera förädlingssteg samtidigt. När flödet betraktas med detaljnivån enskilda rör kan inte ett rör befinna sig i flera förädlingssteg samtidigt och därför kan kartan göras mer detaljerad. Siffrorna, tiderna och flödena i detta avsnitt är baserade på det som beskrivits tidigare i detta kapitel.

### 4.11.1 VSM 1: Från Butting via EMV till TP D&B, detaljnivå rörsats

Den första delen av flödet avser leveransen av rör till TP D&B i Lund för inlagring i råvarulagret med produktionsorder som detaljnivå. Aktiviteterna hos EMV har valts att betraktas som ett enskilt lager då tillgången till anläggningen har varit begränsad för examensarbetarna. Figur 21 visar flödet.

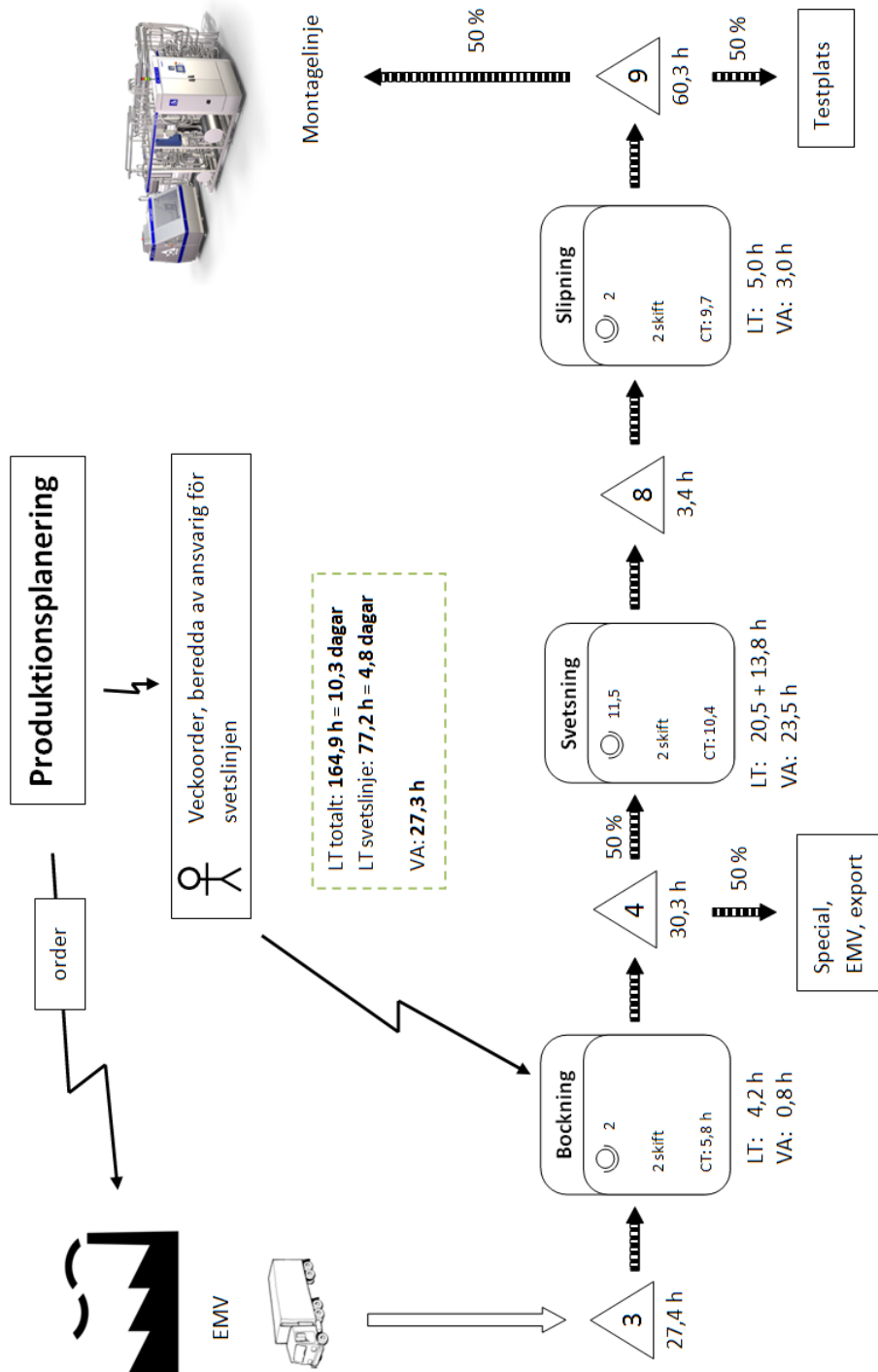


Figur 21 VSM som beskriver flödet från rörleverantören till dess att rören är kapade och levererade till lund i produktionsorder.

Figur 21 visar att det är en total ledtid på 64,3 dagar från det att rören har anlänt från rörleverantören. Den största delen av denna tid är i råvarulagret hos TP D&B och en mindre del i kaplagret hos EMV. Det framgår att ungefär 30 procent av rören som lagras i kaplagret hos EMV stannar kvar efter kapning och bockas också hos EMV. Det är resterande 70 procent som skickas åter till TP D&B.

#### 4.11.2 VSM 2: Från bockning till montagelinje, detaljnivå rörsats

Den andra delen av flödet avser flödet från det att uppkapade rörsats har anlänt till TP D&B till dess att rören är levererade och klara för montage antingen på testplats eller i montagelinjen. Detta inkluderar bockningsoperationen och resten av svetslinjen. Flödet beskrivs av figur 22.



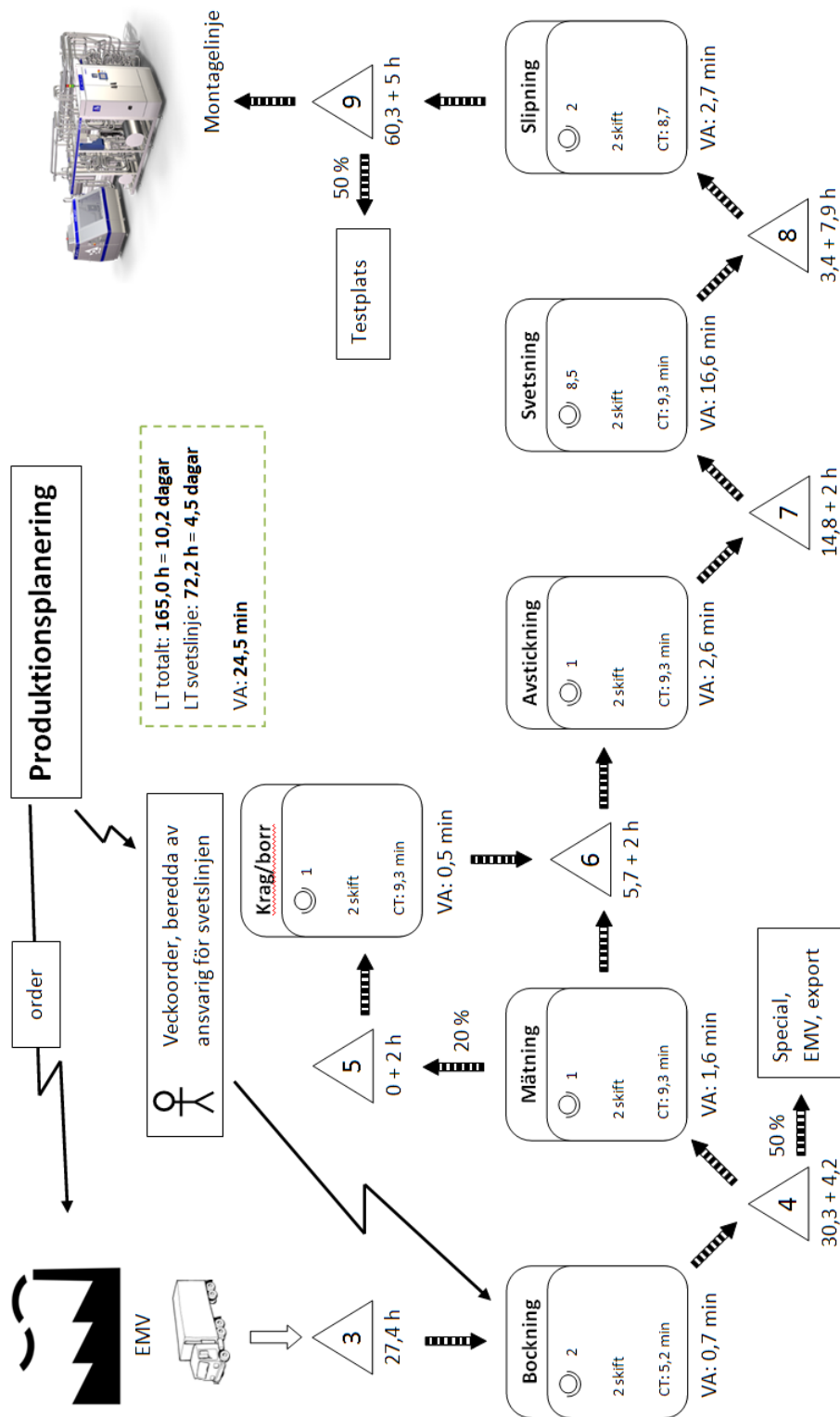
Figur 22 VSM som beskriver flödet av flödet för en produktionsorder efter den har kapats och anlänt till TP D&B till dess att den är redo att monteras.

Figur 22 illustrerar själva flödet på produktionsordernivå och visar att den totala ledtiden från det att rören anländer till TP D&B till dess att de monteras på Montagelinjen eller testplats är 10,3 dagar. Om istället bara den värdeadderande tiden i förädlingskedjan betraktas från bockning till och med slipning är ledtiden 4,8 dagar. Detta kan jämföras med TP D&B:s mål på 3 dagar. Total värdeadderande tid för hela förädlingsprocessen hos TP D&B är 27,3 h. Det framgår att 50 procent av rörsatserna går vidare till specialmontage, EMV respektive exportering och resten går vidare i svetslinjen. När förädlingen är slutförd går 50 procent av rörsatserna vidare till Montagelinjen och

den andra delen går till testplats. Tiden i lager nio består till största delen av limsatser som går vidare till testplats eftersom produktionen av dessa påbörjas en vecka innan de ska monteras. Ledtiden för svetsoperationen är summan av ledtid i arbete, baserad på rapporterad tid av operatörerna, och ledtid i lager, den tid som rörsatserna i genomsnitt spenderat i lager inom denna operation. De lager som berörs av detta är lager 5, 6 och 7.

#### **4.11.3 VSM 3: Från bockning till montagelinje, detaljnivå enskilda rör**

För att illustrera flödet på en mer detaljerad nivå har förädlingsprocessen även valts att beskrivas för enskilda rör. Den stora skillnaden blir att varje förädlingssteg kan beskrivas och det blir en tydligare skildring av exakt vad varje rör genomgår för att bli redo för montage. Figur 23 visar resultatet av den kartläggningen.



Figur 23 VSM som beskriver flödet av enskilda rör från att det levererats kapat till TP D&B till dess att det är redo att monteras.

Det framgår av figur 23 att den totala ledtiden från det att ett rör anländer i kapat format hos TP D&B till dess att det monteras i montagelinjen eller testplats är 10,2 dagar. För själva förädlingsprocessen från det att bockning påbörjas till dess att slipningen är färdig är tiden 4,5 dagar. I denna VSM betraktas det första röret i en rörsats. Det innebär att den övriga tiden, ledtiden, då resten av rörsatsen förädlas i ett processteg har lagts på som lagertid i nästföljande lagerplats.

Ledtiden för svetsoperationen inkluderar som beskrivits innan mätning, kragning/borrning, avstickning, häftning, manuell svetsning, automatisk svetsning och automatisk slipning. Därför blir detta resonemang mer komplicerat och ledtiden har av den anledningen delats jämnt över de processteg som ingår. Eftersom det är sju processteg och ledtiden är 13,8 timmar blir lagertiden efter varje steg ungefär två timmar. Eftersom fyra av dessa steg ingår i vad som beskrivs som svetsning enligt kartan blir den pålagda tiden i lager 8 ungefär 8 timmar. Den totala värdeadderande tiden för att ett rör ska förädlas är 24,5 minuter men hänsyn tagen till att endast 20 procent av rören kragas respektive borrar.





## 5 Problemidentifiering

*Med utgångspunkt från de VSM:er som kartlägningsarbetet resulterat i presenteras i detta kapitel de allvarligaste problem som examensarbetarna har identifierat.*

### 5.1 Stora råvarulager

Med råvarulager menas lagring av rör i metervara, alltså 6-metersrör. Detta sker både hos TP D&B och hos EMV och det framgår tydligt av VSM:erna att tiden i dessa lager innan förädling påbörjas är en väldigt stor del av den totala ledtiden för rören. Detta är ett problem eftersom stora lager binder mycket kapital, kapital som alltså inte kan användas för att exempelvis göra investeringar. I och med detta går verksamheten miste om en eventuell avkastning på det bundna kapitalet. Det kostar också pengar att hålla stora lager eftersom plats måste göras för att möjliggöra lagerhållning och det blir svårare för lagerpersonalen att få en överblick. Detta ökar dramatiskt osäkerheten i verkligt lagersaldo och kan innebära bristkostnader då lagret oväntat tar slut. Detta leder i sin tur åter tillbaka till lagernivån då det krävs ett större säkerhetslager för att täcka denna osäkerhet. Med högre lagernivåer ökar också risken att problem senare i flödet inte upptäcks exempelvis vid tillfällen då kassationer kan ersättas direkt ur lager. De rör som lagerhålls har i regel inget utgångsdatum och risken för att rör blir utdaterade och behöver slängas är liten.

### 5.2 Råvarulagring i flera steg

Rör levereras från leverantör enligt VSM 1 först för inlagring hos TP D&B i Lund. Från detta lager skickas rören efter uppskattat behov till EMV med lastbil flera gånger i per vecka. Detta gör att samtliga rörlådor hanteras flera gånger med lastning och lossning samt inlagring både hos TP D&B och hos EMV. En följd av förfarandet är också ökade koldioxidutsläpp. När rören har kapats hos EMV lastas de återigen på lastbil för att skickas tillbaka till TP D&B. Då endast en bråkdel av de ökade rören går till bockningsstationens reservlager hos TP D&B innebär omvägen förbi Lund fler leveranser och längre leveranstider. För att uppnå ett optimalt flöde behöver antalet överlämningar minimeras. Eftersom lagring sker på flera ställen är det också nödvändigt att hålla säkerhetslager på flera ställen för att undvika brist. Detta krävs för att täcka ledtiden för transport mellan lager. När lager hålls på flera ställen skapas felkällor till osäkerhet i lagersaldo och detta återkopplar till de höga lagernivåer som beskrevs i föregående avsnitt. Eftersom flödet är kontinuerligt men varierande i storlek är det svårt att hålla exakt uppsikt över aktuellt lagersaldo i varje lager.

### 5.3 Ledtid för enskilda rör i förhållande till värdeadderande tid

Då den värdeadderande tiden för en produktionsorder är summan av den värdeadderande tiden för samtliga rör i den ordern innebär det att den värdeadderande tiden för ett enskilt rör är relativt sett mycket liten. Ledtiden för ett enskilt rör i produktion är dock i princip densamma som för en produktionsorder. Resultatet blir att den värdeadderande tiden för ett enskilt rör i produktionen är mycket liten i förhållande till ledtiden. En stor del av den tid som varje rör spenderar i tillverkningslinjen utgörs alltså av lagerhållning då röret befinner sig i vila. Detta medför kapitalbindning och långa ledtider i värdeflödeskedjan.

### 5.4 Lagring mellan varje processteg

Som det framgår av VSM 2 och VSM 3 sker det mellanlagring av rörsatser mellan varje processteg. Ibland har det noterats flera rörsatser och ibland ingen men det har alltså identifierats

medellagernivåer för mellanlagring. Följden blir att förädlingsprocessen inte är kontinuerlig på grund av att det tillåts bygga lager. I de flesta fall tillåts dessa lager bli stora då det inte finns någon maxlagernivå som begränsar dem. Andra lager regleras mer systematiskt som till exempel mellanavstickning och svetsning där det inte någon gång noterats mer än tre produktionsorder. Det har framgått av studien att TP D&B:s avsikt är att producera orderstyrt och arbeta enligt ett kontinuerligt flöde. Medellagernivåerna i mellanlager bör därför hållas nere för att uppfylla detta och när antalet mellanlager ökar blir också kapitalbindningen och ledtiden större. Om lagring ska ske bör det vara så tidigt i förädlingsprocessen som möjligt för att hålla nere kapitalbindningen och ledtid till kund.

## 5.5 Övriga problem som identifierats

Det har identifierats problem som inte har utgångspunkt i de VSM:er som tagits fram. Dessa problem har framkommit vid observationer av materialflödet och intervjuer under studiens arbetsgång.

### 5.5.1 Avsaknad av verktyg för DIN-standard

I nuläget har inte EMV verktyg för att kunna bocka rör av DIN-standard. Det gör att anläggningar som monteras hos EMV med rör av DIN-standard måste få dess rör bockade hos TP D&B. Detta leder till att rörsatser av DIN-standard kapas hos EMV, skickas till TP D&B för bockning och skickas därefter tillbaka till EMV för montering och svetsning. Följden blir alltså ytterligare transporter vilket i sin tur medför ökade transportkostnader och hantering av material. Andelen processanläggningar som tillverkas enligt DIN-standard är dock liten.

### 5.5.2 Bristhantering

Brister är något som finns hos många företag, i synnerhet företag med många lagerförda artiklar. TP D&B är inget undantag; en ansevärd mängd arbetskraft och tid går åt till att leta efter och ersätta komponenter som saknas. Två pallar hos TP D&B är dedikerade till enbart brister, den ena är avsedd för TP D&B:s svets- och montagelinje och den andra för artiklar som ska levereras till EMV. Dessa töms genom att bristerna levereras till respektive mål cirka en gång per dag. Ofta kan produktionen fortsätta relativt obehindrat trots brister men likväl ger bristerna i sig upphov till ett onödigt flöde.

### 5.5.3 Lastbärare

De lastbärare som används är dåligt anpassade till dess användningsområden. Komplexiteten ligger i att en rörsats består av ett stort antal rör som kan ha en mycket varierande längd. Därför är det många gånger svårt för operatörer att hitta rätt rör. Detta resulterar i en stor mängd tid som går åt till att leta material. Problemet gäller även komponentvagnar på vilka komponenter som antingen ska svetsas eller monteras till en viss processanläggning placeras. Då det är stor variation på vilka komponenter som ska plockas till varje vagn varierar även här sammansättningen kraftigt vilket gör det svårt att ta fram en standardiserad vagn. Komplexitet i sammansättning kräver materialvagnar som är flexibla.

### 5.5.4 Kassationer hos EMV och saldofel

Kassationerna ger på grund av det schablonmässiga påslaget om 25 % som nämns i avsnittet kapning upphov till saldofel i affärssystemet. Dessa 25 % anses av TP D&B bäst skildra den generella kassationen per order som EMV kapar åt TP D&B. I dessa 25 % ingår även den extra längd som krävs för bockoperationen, och som sedan kasseras. Eftersom påslaget är schablonmässigt stämmer den verkliga åtgången av rör inte med vad som konsumeras i affärssystemet, då den verkliga åtgången självklart varierar med varje rörsats. Det som ytterligare påverkar den verkliga lagernivån och ger upphov till saldofel är att konsumtionen i affärssystemet sker fem dagar efter det fysiska

lagerpocket. Detta beror på att samtliga komponenter, inklusive rör, konsumeras i affärssystemet samtidigt. Tidpunkten för detta är då komponenter har hämtats ur komponentlagret innan produktionsordern ska startas i svetslinjen. Det totala saldofelet för de vanligaste rördimensionerna 25, 38, 51, 63,5, 76,1 samt 101,6 millimeter för år 2010 var cirka 5,5 kilometer. Detta kan sättas i relation till en total förbrukning på cirka 55,5 kilometer rör av samma dimensioner och år. Saldofelet år 2010 utgjorde alltså 9,9 % av den totala förbrukningen.



## 6 Analys

*I detta kapitel knyts föregående kapitel, empiri och problemidentifiering, samman och analyseras ingående. Analysens fokus riktas främst på två delar vilka är storleken på råvarulagren samt kassationer hos EMV. En liten del teori presenteras även i detta kapitel då det har en nära anknytning till vad som analyseras. På grund av sekretesskäl presenteras inte uträkningar och siffror som kan vara konfidentiella. Således är dessa väldigt begränsade i detta kapitel och arbete i stort.*

Examensarbetarna har identifierat de stora råvarulagernivåerna som det område där förbättringspotentialen är störst. Detta baseras på att det är där som rör spenderar överlägset störst andel av ledtiden. Det finns flera anledningar till att råvarulagret är stort och en orsak är ett annat problemområde som redan har identifierats. Eftersom lagringen sker i flera steg, både hos TP D&B och hos EMV, krävs det som nämnts flera säkerhetslager för att undvika brist vid produktion. En annan orsak är problemet med kassationer. Kassationer ger upphov till saldo fel som är en osäkerhet som måste täckas med större lagernivåer. Under år 2010, som lagernivåerna har baserats på, har TP D&B även haft en del problem med leverantörer av rör. Detta har lett till att TP D&B i vissa fall tvingats att köpa in större partier av rör vilket har medfört större lager.

### 6.1 Storlek på råvarulager

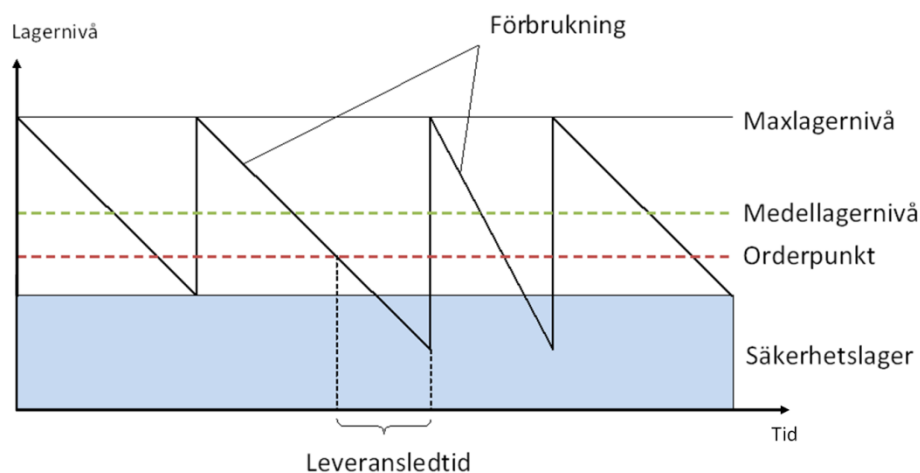
Under år 2010 var den totala medellagernivån av rör i metervera 15 616 meter och maxlagernivån 28 860 meter. Den sistnämnda siffran är tagen som ett stickprov och kan därmed i verkligheten vara större. I detta avsnitt analyseras olika alternativ för detta lager och dess storlek i syfte att generera beslutsunderlag för omorganisering.

#### 6.1.1 Dimensionering av säkerhetslager

En viktig aspekt av ett lager är dess säkerhetslager som måste dimensioneras på ett väl underbyggt sätt för att minimera lagerkostnaderna. För att sätta säkerhetslagret i kontext går teori förknippat med detta genom i följande avsnitt.

##### 6.1.1.1 Lagerrelaterade begrepp

Beställning av rör sker i dagsläget för TP D&B enligt ett orderpunktsystem vilket innebär att när lagernivån nått ner till en viss punkt beställs nya rör för att täcka den kommande beräknade efterfrågan. Orderpunkten är beräknad så att det inte ska kunna uppstå brist i lagret under ledtiden från leverantör. Om efterfrågan varierar kan även detta ge upphov till brist. Figur 24 visar förenklat hur ett lager är uppbyggt och hur nivån varierar över tiden.



Figur 24 Förenklad illustration av dynamiken i ett lager med tillhörande lagerrelaterade begrepp.

Som illustreras av figur 24 finns en mängd begrepp att skilja på angående lagernivåer. Säkerhetslagret är den delen av lagret som ska täcka upp osäkerhetsfaktorerna i ledtid från leverantör och variationer i efterfrågan. Orderpunkten är den lagernivå då beställning av varor sker och medellagernivån beräknas med hjälp av storleken på säkerhetslagret och utifrån de orderkvantiteter som används. Maxlagernivån är den största nivån i lagret som uppnås och differensen mellan maxlagernivå och säkerhetslager kallas omsättningslager och är den del som varierar över tiden.

#### 6.1.1.2 Servicenivå

Dimensionering av säkerhetslagret baseras på vilken servicenivå företaget önskar uppfylla, vilket beskrivs som en procentsats. Servicenivån definieras på två olika sätt, SERV1 och SERV2. SERV1 är sannolikheten att inte få brist under en lagercykel och SERV2 är andel av efterfrågan som kan levereras direkt ur lager. Med brist menas att lagret är tomt när en vara ska levereras. Det första sättet att definiera servicenivån tar alltså inte hänsyn till hur stor bristen är, utan endast sannolikheten att den uppstår. Den andra definitionen grundas istället på hur stor bristen är och sätter den i relation till företagets uppsatta servicenivå. Vid 99 procent servicenivå uppstår en brist, oavsett storlek, en gång av hundra lagercykler när säkerhetslagret dimensioneras enligt SERV1. För SERV2 gäller att bristen i sig inte får överstiga en procent av efterfrågan. I båda fallen bestäms säkerhetslagret baserat på osäkerheten i ledtid från leverantör och osäkerhet i kommande efterfrågan. För att beskriva denna osäkerhet beräknas en gemensam standardavvikelse som krävs enligt formel 1:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_D^2 \times LT + \sigma_{LT}^2 \times D^2} \quad (1)$$

$LT$  står för ledtiden och  $D$  står för efterfrågan i formel 1. Med känd standardavvikelse kan säkerhetslagret beräknas enligt formel 2:

$$SL = k \times \sigma \quad (2)$$

I formel 2 är  $SL$  säkerhetslagret och  $k$  säkerhetsfaktorn. Säkerhetsfaktorn bestäms beroende på om beräkningen ska ske enligt SERV1 eller SERV2. För SERV1 används bilaga 2 där önskad servicenivå letas upp i matrisen och korresponderande säkerhetsfaktor avläses och sätts in i formeln.

Fastställandet av säkerhetsfaktorn blir mer komplicerad när detta ska ske enligt SERV2 och det tillkommer en servicefunktion som beskrivs enligt formel 3:

$$f(k) = \frac{(1-SERV2) \times Q}{\sigma} \quad (3)$$

Formel 3 beskriver servicefunktionen  $f(k)$ . Beräknat värde på denna letas upp i matrisen i bilaga 3 där korresponderande säkerhetsfaktor avläses och sätts in i formel 2 på samma sätt som för SERV1.

### 6.1.2 Beräkning av säkerhetslager för TP D&B

För att dimensionera säkerhetslagret krävs att standardavvikelsen för efterfrågan bestäms. Baserat på bilaga 1 visar tabell 25 medelförbrukningen per månad under år 2010.

Tabell 25 Medelförbrukning per månad under år 2010.

| Månad             | 25,0 mm | 38,0 mm | 51,0 mm | 63,5 mm | 76,1 mm | 101,6 mm | Totalt  |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Medelvärde        | 580     | 972     | 1 401   | 856     | 593     | 223      | 4 626 m |
| Standardavvikelse | 261     | 477     | 583     | 576     | 330     | 178      | 2 042 m |

I tabell 25 syns medelvärdet av förbrukningen och standardavvikelsen per månad för varje rördimension. Efterfrågan varierar alltså ganska kraftigt och detta leder till att ett större säkerhetslager krävs. Efterfrågan och dess standardavvikelse gäller för både råvarulagret hos TP D&B och för kaplagret hos EMV. Som nämnts påverkar också ledtiden, och standardavvikelsen för ledtiden, säkerhetslagret. Tabell 26 visar värden för dessa.

Tabell 26 Ledtider, dess standardavvikelser och antagen servicenivå för råvarulager hos TP D&B och kaplager hos EMV.

| Beteckning        | Råvarulager, TP D&B | Kaplager, EMV |
|-------------------|---------------------|---------------|
| Ledtid            | 31 dagar            | 1 dag         |
| Standardavvikelse | 8 dagar             | 5 h           |
| Servicenivå       | 99 %                | 99 %          |

Det som visas i tabell 26 är det avtalsmässiga medelvärdet på ledtiden för rörleveranser från Butting för TP D&B vilket är ungefär 1 månad. Standardavvikelsen historiskt sett under 2010 var ungefär 8 dagar. För kaplagret är ledtiden betydligt kortare då rör kan skickas direkt från råvarulagret och därför krävs endast tillgång till en lastbil. För detta lager antas ledtiden vara 1 dag och standardavvikelsen 5 timmar. Erforderlig servicenivå för båda lager sätts till 99 procent.

Genom att utföra under 6.1.1.2 *Servicenivå* beskrivna beräkningar enligt formel 1 för samtliga rördimensioner erhålls respektive kombinerade standardavvikelse för råvarulagret och kaplagret. Dessa beskrivs i tabell 27.

Tabell 27 Statistiska medeldata för år 2010 för råvarulager hos TP D&B och kaplager hos EMV.

| Beteckning                 | 25,0 mm | 38,0 mm | 51,0 mm | 63,5 mm | 76,1 mm | 101,6 mm |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Medelförbrukning           | 580     | 972     | 1 401   | 856     | 593     | 223      |
| Std, råvarulager, TP D&B   | 298     | 535     | 680     | 615     | 362     | 186      |
| Std, kaplager, EMV         | 47      | 86      | 105     | 104     | 59      | 32       |
| Orderkvantitet till TP D&B | 1 219   | 1 923   | 1 786   | 1 304   | 805     | 346      |
| Orderkvantitet till EMV    | 452     | 552     | 410     | 280     | 260     | 111      |

Förutom medelförbrukning och standardavvikelse visar tabell 3 även medelvärdet av respektive rördimensions orderkvantitet för år 2010. Med hjälp av dessa värden kan säkerhetslager beräknas vilket utförs enligt tidigare beskrivna formel 2 och 3. Omsättningslagret baseras helt och hållet på i tabell 27 angivna orderkvantiteter. Resultatet av beräkningarna beskrivs i tabell 28 och 29.

Tabell 28 Beräknade säkerhetslager för råvarulager hos TP D&B enligt SERV1 och SERV2.

| Råvarulager | Säkerhetslager | Medelnivå på omsättningslager | Totalt lager |
|-------------|----------------|-------------------------------|--------------|
| SERV1       | 6 228 m        | 3 692 m                       | 9 921 m      |
| SERV2       | 4 122 m        | 3 692 m                       | 7 814 m      |

Tabell 29 Beräknade säkerhetslager för kaplager hos Emv enligt SERV1 och SERV2.

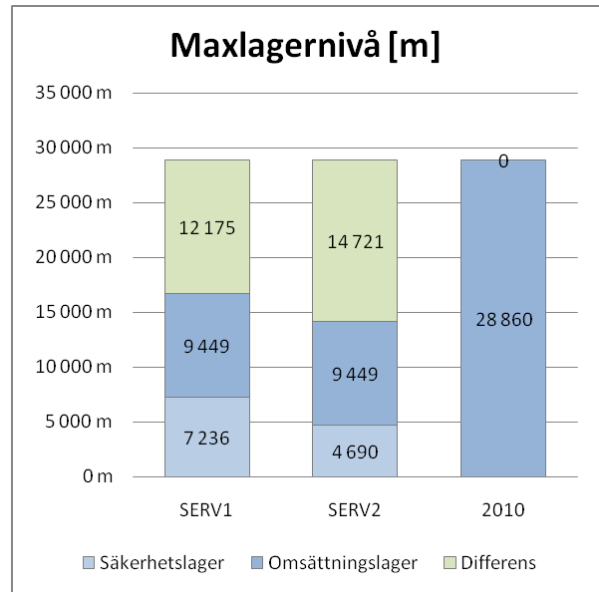
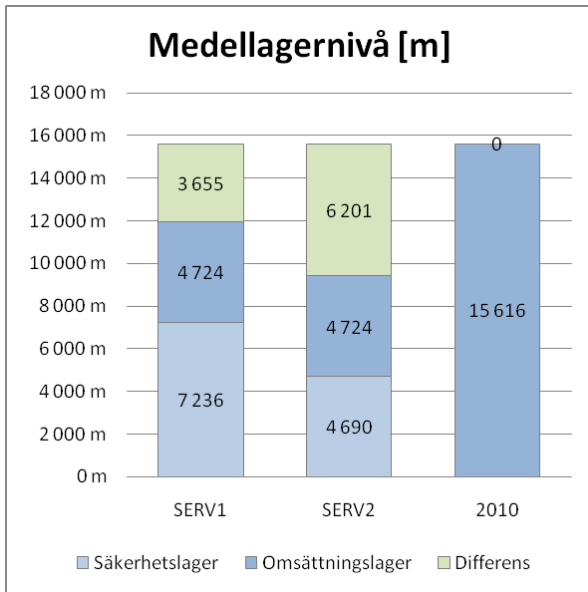
| Kaplager | Säkerhetslager | Medelnivå på omsättningslager | Totalt lager |
|----------|----------------|-------------------------------|--------------|
| SERV1    | 1 008 m        | 1 032 m                       | 2 040 m      |
| SERV2    | 568 m          | 1 032 m                       | 1 600 m      |

Tabell 28 visar råvarulagret och tabell 29 visar kaplagret.

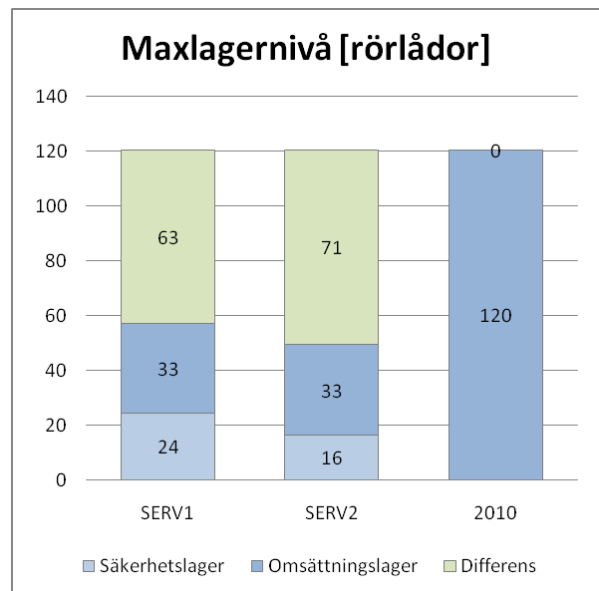
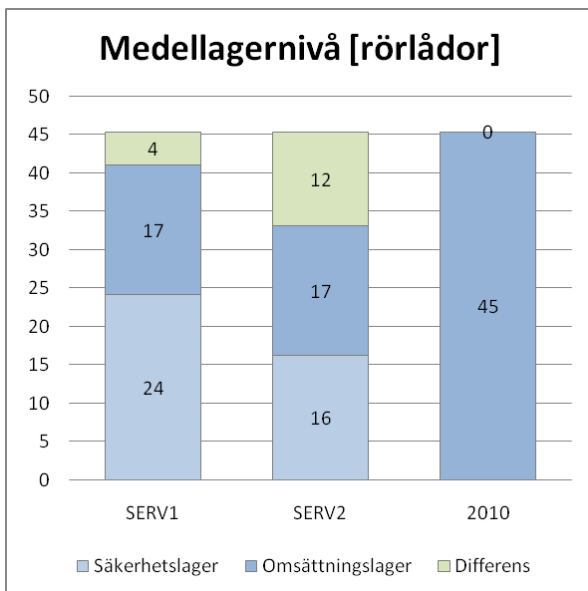
### 6.1.3 Råvarulager hos TP D&B, kaplager hos EMV

För att få ett jämförelsevärde och för att avgöra vad som är bäst att göra med råvarulagret krävs att flera alternativ övervägs. Det första alternativet är att behålla lagrena som det ser ut idag och utifrån det beräkna säkerhetslager. Som jämförelse blir det totala lagret summan av de båda. Figur 25 och 26 visar medellagernivån för de båda definitionerna av servicenivå jämfört med utfallet för 2010.





Figur 25 Medellagernivå och maxlagernivå uttryckt i meter och beräknat för två lagerställen av rör i metervara: råvarulager hos TP D&B och kaplager hos EMV.

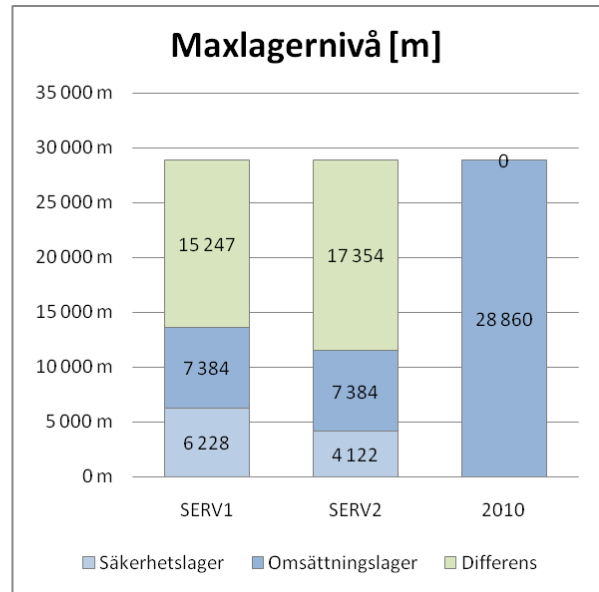
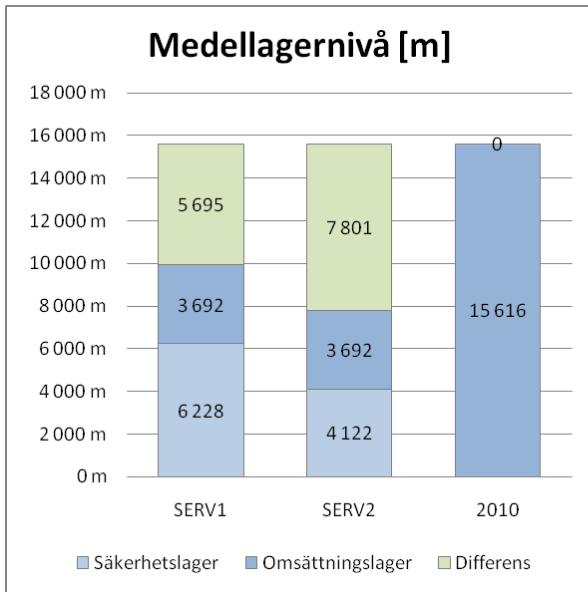


Figur 26 Medellagernivå och maxlagernivå uttryckt i rörlådor och beräknat för två lagerställen av rör i metervara: råvarulager hos TP D&B och kaplager hos EMV.

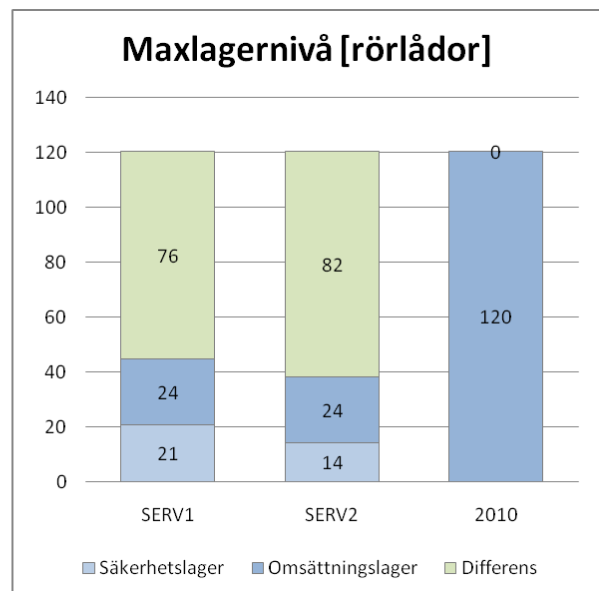
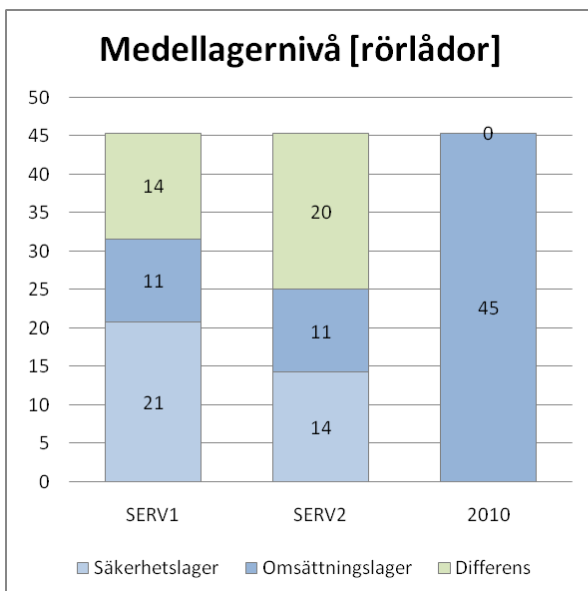
Figur 25 och 26 visar att vid nydimensionering av säkerhetslager blir den totala medellagernivån 3 655 meter lägre än utfallet för 2010 om SERV1 används och 6 201 meter lägre om SERV2 används. Vid en jämförelse med ett stickprov på maxlagernivån blir skillnaden 12 175 meter för SERV1 och 14 721 meter för SERV2.

#### 6.1.4 Råvarulager endast hos EMV

Möjligheten finns för TP D&B att hyra lagerplats hos EMV och endast lagerhålla rör på den platsen. Detta medför att endast råvarulager kommer hållas och då blir utfallet enligt figur 27 och 28.



Figur 27 Medellagernivå och maxlagernivå uttryckt i meter och beräknat för ett lagerställe av rör i metervara: råvarulager hos EMV.



Figur 28 Medellagernivå och maxlagernivå uttryckt i rörlådor och beräknat för ett lagerställe av rör i metervara: råvarulager hos EMV.

För detta alternativ blir minskningen av medellagernivån enligt figur 27 och 28 5 695 meter för SERV1 och 7 801 meter för SERV2. Jämförelsen av maxlagernivån visar att minskningen blir 15 247 meter för SERV1 och 17 354 meter för SERV2.

### 6.1.5 Jämförelse

Tabell 30, 31 och 32 visar jämförelse i tid i lager samt procentuell differens mellan alternativen och det faktiska utfallet för 2010.

Tabell 30 Potentiell tid i råvarulager hos TP D&B och kaplager hos EMV med nydimensionerade säkerhetslager.

| Tid i lager         |       | Timmar  | Dagar    |
|---------------------|-------|---------|----------|
| Råvarulager, EMV    | SERV1 | 636 h   | 40 dagar |
|                     | SERV2 | 501 h   | 31 dagar |
| Råvarulager, TP D&B | SERV1 | 767 h   | 48 dagar |
| Kaplager, EMV       | SERV2 | 603 h   | 38 dagar |
| 2010                |       | 1 000 h | 63 dagar |

Tabell 31 Potentiell minskning av medellagernivåer i råvarulager hos TP D&B och kaplager hos EMV med nydimensionerade säkerhetslager.

| Medellagernivå | Råvarulager, EMV | Råvarulager, TP D&B<br>Kaplager, EMV |
|----------------|------------------|--------------------------------------|
| SERV1          | 36,5%            | 23,4%                                |
| SERV2          | 50,0%            | 39,7%                                |

Tabell 32 Potentiell minskning av maxlagernivåer i råvarulager hos TP D&B och kaplager hos EMV med nydimensionerade säkerhetslager.

| Maxlagernivå | Råvarulager, EMV | Råvarulager, TP D&B<br>Kaplager, EMV |
|--------------|------------------|--------------------------------------|
| SERV1        | 52,8%            | 42,2%                                |
| SERV2        | 60,1%            | 51,0%                                |

Det framgår av tabell 30, 31 och 32 att alternativet att endast ha råvarulager hos EMV är mest fördelaktigt när endast dessa faktorer beaktas. Övriga faktorer tillkommer såsom översikten av lagret minskar för TP D&B:s del då de inte har samma direkta anslutning till lagret. Dock ökar den potentiella möjligheten till att ha god översikt av lagret då allt är samlat på samma ställe. Problem kan uppstå med leveranser till EMV då denna anläggning ligger något avsides.

### 6.1.6 Potentiell besparing i materialhanteringskostnader

En flytt av råvarulagret till EMV skulle innebära en besparing i materialhanteringskostnader. Detta innebär att en lastning och lossning skulle kunna undvikas samt att uppmärkning och uppletning inte skulle bli nödvändig i samma utsträckning. Tabell 33 beskriver 2010 års rörleveranser från TP D&B till EMV.

Tabell 33

| Beteckning | 2010 |
|------------|------|
| Leveranser | 80   |
| Rörlådor   | 156  |

Tabell 33 visar att det var 80 leveranser av rörlådor som tillsammans bestod av 156 rörlådor avrundat uppåt till hela lådor. Dessa leveranser transporterade i regel även annat material som skulle till EMV. Alltså kan det inte antas att det är 80 leveranser av rör som skulle besparas. Ett

rimligt värde på antalet transporter skulle istället vara att dela antalet rörlådor på 4 (ty det i snitt får plats fyra rörlådor i lastbilen som skickar rören) som ett medelvärde för besparat antal leveranser till EMV. En lastbilstransport till EMV kostar 505 kronor och en lastning/lossning tar en timme vardera. Med en antagen timlönskostnad på 300 kr blir den årliga besparingen enligt tabell 34.

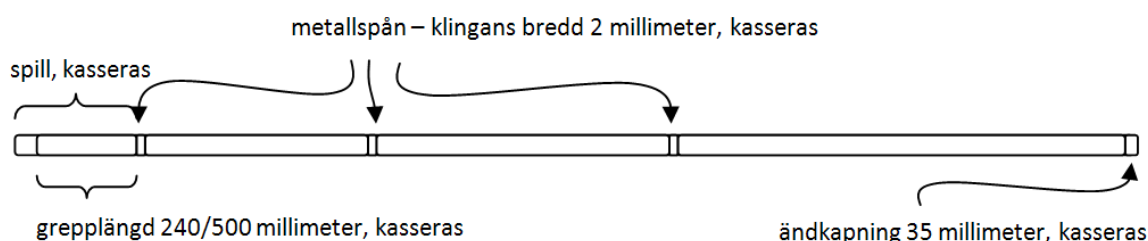
Tabell 34

| Delmoment     | Kostnad          |
|---------------|------------------|
| Transport     | 19 695 kr        |
| Lastning      | 24 000 kr        |
| Lossning      | 24 000 kr        |
| <b>Totalt</b> | <b>67 695 kr</b> |

Den totala årliga materialhanteringsbesparingen blir vid en flytt av råvarulagret till EMV ungefär 68 000 kr enligt tabell 34.

## 6.2 Kassationer hos EMV

För att skilja på begreppen kassation och spill visas i figur 29 nedan en klargörelse av betydelsen på dessa.



Figur 29 Exempelskiss över vad som är spill och vad som kasseras när ett 6-metersrör kapas upp i lämpliga längder.

Spill är alltså det som återstår när röret är färdigkapat och däri ingår i nuläget grepplängden. Med en kapningsmaskin med *integrerad grepplängd* däremot ingår inte grepplängden i spill utan i den sista uppkapade rörbiten, det vill säga grepplängden tas tillvara. I nuläget har kapningsmaskinerna hos EMV inte en integrerad grepplängd.

För att undvika stora lagerkvantiteter och saldo fel måste TP D&B som sagt hålla koll på kassationer, då det just nu är en stor mängd rör som kasseras. Kassationerna sker främst hos EMV i samband med kapningsoperationen. Idag kapas utgångsmaterialet som är 6-metersrör i flera mindre, och oftast olika långa, rörbitar. Hur detta förfarande ser ut är nyckelfrågan. Kaplistan är sorterad med rörlängderna i stigande ordning. Operatören börjar oftast med de längsta rören och arbetar sig mot de mindre. Innan kapningen sker på röret kontrolleras emellanåt så att ännu ett rör kan kapas ur samma 6-metersrör. Då operatören inte har nödvändiga förutsättningar är detta dock inte ett inarbetat moment i kapningsoperationen och sker således endast sporadiskt. Operatören har med andra ord inga egentliga möjligheter att matcha längderna på rören så att det som återstår från 6-metersröret är så lite spill som möjligt. Vi kan fastställa två centrala problem som rutinerna hos EMV leder till:

1. Det förekommer orimligt mycket spill hos EMV. Detta spill innebär bortkastade pengar varje år för TP D&B.
2. Spillet är högst oförutsägbart. Detta medför svårigheter i att konsumera rätt mängd rör från affärssystemet, vilket i sin tur leder till stora saldofel.

Just hur mycket spill som förekommer hos EMV är mycket svårt att veta. Som tidigare nämnts lämnar kapningsmaskinerna som används i nuläget alltid en spillbit på minst 240 respektive 500 millimeter, och detta motsvarar längden på deras spännbackar. Alltså kan spillet för endast spännbackarnas längd åtminstone räknas ut. Tabell 35 avser år 2010 och visar hur mycket rör som gick åt endast på grund av grepländan, det vill säga den minsta möjliga längden på spillbiten för varje 6-metersrör.

Tabell 35 Beskrivning av spill i form av kapningsmaskinernas greppyta i förhållande till total förbrukning.

| Rör           | Total förb.       | Förbrukning p.g.a. greppyta |
|---------------|-------------------|-----------------------------|
| 25,0 mm       | 7 203,6           | 444,2                       |
| 38,0 mm       | 12 057,9          | 743,6                       |
| 51,0 mm       | 17 800,5          | 1 097,7                     |
| 63,5 mm       | 10 511,5          | 648,2                       |
| 76,1 mm       | 7 420,5           | 457,6                       |
| 101,6 mm      | 2 726,9           | 168,2                       |
| <b>Totalt</b> | <b>57 720,9 m</b> | <b>3 559,5 m</b>            |

Totalt under år 2010 utgjordes den totala rörförbrukningen av 3 559,5 meter rör som endast bestod av spill på grund av spännbackarnas längd. Detta motsvarar cirka 6,2 % av den totala rörförbrukningen.

Till problem nummer två. Spillet är inte bara för mycket utan också oförutsägbart. Oförutsägbart spill leder till saldofel vilket i sin tur leder till att lagerkvantiteterna måste hållas höga för att inte riskera lida brist på rör. Som tidigare nämnts var differensen år 2010 cirka 5,5 kilometer (4) av de sex vanligaste rördimensionerna. Differensen avser saldot i affärssystemet och den faktiska mängden rör i lager. Det betyder att det totalt saknades 5,5 kilometer rör i de fysiska lagren år 2010.

Med hänsyn till ovanstående och i synnerhet de nämnda problemen kan två frågor formuleras:

1. Hur ska kapningen optimeras så att mängden spill minimeras?
2. Kan optimeringen även leda till en större insyn över mängden rör som kasseras?

Om optimeringsarbetet kan leda till en större insyn över kassationer innebär det att saldofelet i princip kan elimineras, vilket i sin tur leder till att säkerhetslagren kan minskas.

### 6.2.1 Javaprogram

En möjlig lösning på att optimera kapningen av ovan beskrivna situation är ett dataprogram som har kaplistan som input och kapordningen som output. Dataprogrammet består i sin tur av en eller flera algoritmer som fördelar rören i kaplistan på så få 6-metersrör som möjligt, och på så vis minimerar spillet. Då examensarbetarna är kunniga i Java, ett vanligt programmeringsspråk, används detta för att skriva programmeringskoden. Algoritmen som krävs kan se ut på oändligt många sätt, somliga är

i det aktuella fallet betydligt bättre än andra. Den allra bästa algoritmen testar alla möjliga kombinationer och väljer den som ger minst spill. Dock är denna algoritm mycket komplex och tidskrävande att skriva. Andra algoritmer kallade "Next Fit", "First Fit" samt "Best Fit" är lämpligare att använda. Dessa är egentligen så kallade "bin packing algorithms", det vill säga algoritmer för att effektivt fylla en lagerhylla med olika stora lådor. De används främst i distributionstunga företag som har många lagerförda artiklar och som tjänar mycket på att optimera platsen i sina lagerhyllor.

Med algoritmen "Next Fit" riktas fokus på en hylla i taget (Bartholdi & Hackman, 2010). Hyllan tilldelas lådor från den sorterade listan med början på den största lådan. När hyllan inte får plats med nästa låda i listan "stängs" hyllan och övervägs aldrig mer. En ny hylla "öppnas" och blir den nya aktuella hyllan. Processen fortsätter på detta vis tills lådorna i listan är slut. Onekligen slösas en del plats med denna algoritm då samma hylla aldrig mer övervägs efter att en låda har varit för stor för att få plats. Fördelen är att lådorna antar samma inbördes ordning på hyllorna som på listan, om det nu är önskvärt. Nästa algoritm, "First Fit", fyller på hyllorna på liknande sätt med undantag från att en hylla aldrig "stängs" (Bartholdi & Hackman, 2010). För varje gång en ny låda från listan plockas övervägs alla hyllor med början på den första. På så sätt minskas den outnyttjade ytan. Algoritmen "Best Fit" är i sin tur ännu en utveckling på "Next Fit", där nästa låda som plockas från listan placeras i den hylla med minst plats kvar men där den ändå får plats (Bartholdi & Hackman, 2010). Det har dock visast sig att "Best Fit" i genomsnitt inte ökar effektiviteten jämfört med "First Fit" (Bartholdi & Hackman, 2010).

Som läsaren kanske själv har insett är dessa algoritmer passande att använda till problemet med kassationer i samband med kapningsoperationen. Hyllorna representerar 6-metersrören och lådorna representerar de olika rörlängderna som kapas upp. Dock måste vissa faktorer i vårt problem tas hänsyn till.

- De två kapningsmaskinerna, den manuella och den semiautomatiska, kräver en grepplängd på 240 millimeter respektive 500 millimeter. Dessa längder går inte att utnyttja utan inkluderas i spill och går oavkortat till kassation.
- Då risken finns att ändan på 6-metersröret är skadad kapas cirka 35 millimeter av denna bort. Detta är alltid den första kapningen som sker på varje 6-metersrör.
- För varje gång 6-metersröret kapas försvinner cirka två millimeter av röret i form av metallspån. Dessa två millimeter motsvarar klingans bredd.

Programmet matchar alltså rören i kaplistan med varandra så att så lite spill som möjligt erhålls från 6-metersrören. Programmet måste matas med en dimension i taget, och ger också resultatet dimensionsvis. Vilket i sin tur medför att även själva kapningen måste ske i en dimension i taget. För att minimera spillet ytterligare och optimera kapningen bör så många order åt gången som möjligt köras. Det gör att programmet kan välja mellan fler längder vilket ökar sannolikheten att matchningen optimeras. På grund av platsbrist kan inte EMV köra mer än sex order per gång, vilket torde räcka för att erhålla goda resultat, se simuleringar nedan.

För att se hur väl programmet presterar har ett antal simuleringar körts med olika värden på parametrar och förhållanden. I simuleringarna har order från september och oktober år 2010 använts. Programmet har utvecklats så att det, förutom den optimerade kapordningen, även returnerar:

- Kaplistan sorterad med det längsta röret först
  - För att algoritmen ska fungera måste rören vara sorterade i fallande ordning. Kaplistan är däremot sorterad i stigande ordning. Sorteringen måste alltså vara inbyggd i programmet.
- Antal 6-metersrör som krävs för körningen
  - Detta är bra att veta ty 6-metersrören som krävs kan på förhand förberedas och placeras i ställ bredvid kapningsmaskinerna innan kapningen inleds. På så sätt behöver operatören inte ideligen hämta ett nytt 6-metersrör från rörlådorna.
- Den totala längden rör som nyttjas
  - Detta är summan av alla rör i kaplistan
- Den totala längden rör som kasseras
  - Detta är summan av längderna på alla spillbitar för varje 6-metersrör.
- Spilllängd per 6-metersrör
  - Detta är längden på spillbiten för varje 6-metersrör

Med hjälp av detta kan mycket intressanta siffror räknas fram, framför allt det genomsnittliga procentuella påslaget (som i dagsläget är generellt och satt till 25 %) och den verkliga rörförbrukningen. Den sistnämnda kan användas, efter en viss rutinmässig förändring, för att konsumera rätt mängd rör från affärssystemet och på så vis eliminera saldofel, ett problem som bidrar till stora lagerkvantiteter. Denna rutinmässiga förändring behandlas senare i detta kapitel.

Fem order har grupperats för varje simulering. Tabell 36 nedan visar resultatet av simuleringar med spännbackens längd satt till 370 millimeter, vilket är ett genomsnitt på längderna på de två maskinernas spännbackar. Det antas med andra ord att de två kapningsmaskinerna används lika mycket.

**Tabell 36** Resultat av tre oberoende simuleringar om fem verkliga produktionsorder vardera där produktionsorderna är tagna från det representativa underlaget till den här rapporten. För dessa simuleringar är spännbackarnas grepplängd satt till 370 mm.

| Simulering    | Dim. | Verklig längd | 25 % pålägg | Kaplista | Verklig förbr. | Andel spill   | Spill/6-m.rör   |
|---------------|------|---------------|-------------|----------|----------------|---------------|-----------------|
| Simulering 1  | 25   | 42 400        | 53 000      | 49 463   | 52 891         | 24,7 %        | 428,5           |
|               | 38   | 60 000        | 75 000      | 71 729   | 77 210         | 28,7 %        | 456,8           |
|               | 51   | 103 200       | 129 000     | 124 180  | 133 883        | 29,7 %        | 441,0           |
| Simulering 2  | 25   | 55 200        | 69 000      | 68 244   | 73 569         | 33,3 %        | 443,8           |
|               | 38   | 100 800       | 126 000     | 122 058  | 131 256        | 30,2 %        | 438,0           |
|               | 51   | 120 800       | 151 000     | 150 243  | 162 384        | 34,4 %        | 449,7           |
| Simulering 3  | 25   | 49 600        | 62 000      | 56 537   | 61 704         | 24,4 %        | 516,7           |
|               | 38   | 67 200        | 84 000      | 78 084   | 84 247         | 25,4 %        | 440,2           |
|               | 51   | 63 200        | 79 000      | 76 677   | 82 631         | 30,7 %        | 458,0           |
| <b>Totalt</b> |      |               |             |          |                | <b>29,1 %</b> | <b>452,5 mm</b> |

Tabell 36 säger oss att i dagsläget, med en kapningsmaskin utan integrerad grepplängd, bör påslaget vara runt 29 % (observera att denna siffra är specifik för just de order som ingick i simuleringen, och att den nödvändiga längden för bockningsoperationen är inkluderad). Det bör dock noteras att när andelen spill räknas ut görs detta efter en optimerad kapordning, vilket är med stor sannolikhet

långt från verkligheten idag. Det betyder alltså att det faktiska nödvändiga påslaget idag är desto högre.

Om tabell 36 ovan jämförs ovan med tabell 37 nedan ser vi stora skillnader på det genomsnittliga procentuella påslaget och den genomsnittliga längden på spillbiten för varje 6-metersrör. Tabell 37 nedan är nämligen framtagen genom simuleringar som har körts utan spännbackslängd. Det vill säga då en maskin med integrerad greplängd används.

**Tabell 37 Resultat av tre oberoende simuleringar om fem verkliga produktionsorder vardera där produktionsorderna är tagna från det representativa underlaget till den här rapporten. För dessa simuleringar är spännbackarnas greplängd satt till 0 mm.**

| Simulering    | Dim. | Verklig längd | Affärssystem | Kaplista | Verklig förbr. | Andel spill   | Spill/6-m.rör  |
|---------------|------|---------------|--------------|----------|----------------|---------------|----------------|
| Simulering 1  | 25   | 42 400        | 53 000       | 49 463   | 50 059         | 18,1 %        | 74,5           |
|               | 38   | 60 000        | 75 000       | 71 729   | 72 621         | 21,0 %        | 74,3           |
|               | 51   | 103 200       | 129 000      | 124 180  | 126 000        | 22,1 %        | 82,6           |
| Simulering 2  | 25   | 55 200        | 69 000       | 68 244   | 69 106         | 25,2 %        | 78,4           |
|               | 38   | 100 800       | 126 000      | 122 058  | 123 690        | 22,7 %        | 81,6           |
|               | 51   | 120 800       | 151 000      | 150 243  | 151 994        | 25,8 %        | 70,0           |
| Simulering 3  | 25   | 49 600        | 62 000       | 56 537   | 57 775         | 16,5 %        | 137,6          |
|               | 38   | 67 200        | 84 000       | 78 084   | 78 934         | 17,5 %        | 65,4           |
|               | 51   | 63 200        | 79 000       | 76 677   | 78 000         | 23,4 %        | 80,6           |
| <b>Totalt</b> |      |               |              |          |                | <b>21,4 %</b> | <b>82,8 mm</b> |

Tabell 37 visar att om en maskin med integrerad greplängd används, samtidigt som optimeringsprogrammet nyttjas, ligger påslaget runt 21 %. Denna reduktion med cirka tio procentenheter är inte att förringa. Dessutom kan rätt mängd rör konsumeras från affärssystemet, vilket är svårt att uppskatta värdet på. I tabellen ovan ses även att längden på spillbiten blir i genomsnitt 83 millimeter. För att uppskatta hur mycket rör TP D&B sparar per år genom att använda sig av både optimeringsprogrammet och en kapningsmaskin med integrerad greplängd, måste ett antagande göras på hur mycket spill hos EMV sker i dagsläget. Tabell 38 visar potentiell besparing.

**Tabell 38 Den potentiella besparingen per rördimension för ett intervall mellan 83 millimeter och 1 meter.**

| Rör           | Greppyta         | 1 m spill        | 83 mm spill    | Potentiell besparing |                  |
|---------------|------------------|------------------|----------------|----------------------|------------------|
| 25,0 mm       | 444,2            | 1 200,6          | 99,6           | 1 100,9              | 344,6            |
| 38,0 mm       | 743,6            | 2 009,6          | 166,8          | 1 842,8              | 576,8            |
| 51,0 mm       | 1 097,7          | 2 966,8          | 246,2          | 2 720,5              | 851,5            |
| 63,5 mm       | 648,2            | 1 751,9          | 145,4          | 1 606,5              | 502,8            |
| 76,1 mm       | 457,6            | 1 236,7          | 102,7          | 1 134,1              | 354,9            |
| 101,6 mm      | 168,2            | 454,5            | 37,7           | 416,8                | 130,5            |
| <b>Totalt</b> | <b>3 559,5 m</b> | <b>9 620,1 m</b> | <b>798,5 m</b> | <b>8 821,7 m</b>     | <b>2 761,0 m</b> |

I tabell 38 ovan ses ett intervall på hur långa spillbitarna hos EMV uppskattas vara, nämligen mellan 83 millimeter och 1 000 millimeter. Om spillet är 1 000 millimeter innebär detta att spilllängden reduceras med över 90 %. Vidare kan den potentiella besparingen räknas ut, vilket är mellan cirka

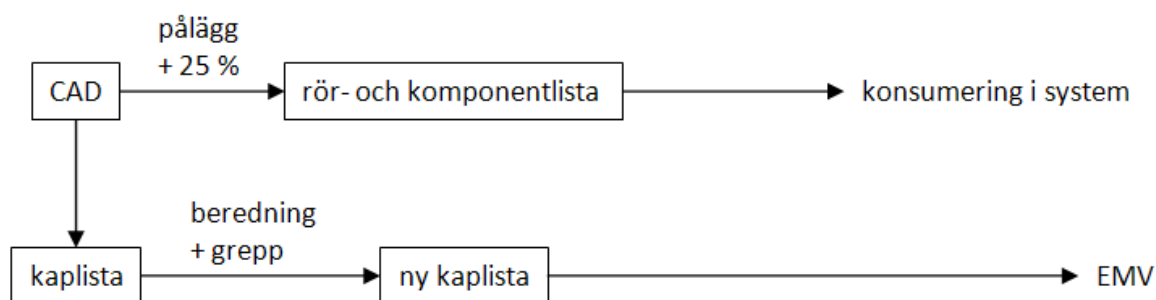


2 700 och 8 800 meter rör per år. Den genomsnittliga längden på spillbiten hos EMV är med stor sannolikhet betydligt närmare 1 000 millimeter än 370 millimeter, vilket betyder att TP D&B sparar strax under 8 800 meter rör per år genom att använda optimeringsprogrammet och en kapningsmaskin med integrerad grepplängd. Uttryckt i pengar motsvarar detta cirka 1 miljon kronor<sup>2</sup>.

För att förverkliga dessa siffror behöver TP D&B investera i en ny kapningsmaskin. Med de avtal på rörpriser TP D&B har med rörleverantören skulle återbetalningstiden bli mellan 5 och 15 månader. Detta är inklusive grundinvestering och inkörskostnad. Återigen, då det är stor sannolikhet att spillet hos EMV är betydligt närmare 1 000 millimeter än 370 millimeter per 6-metersrör, bedöms återbetalningstiden vara närmare 5 månader än 15 månader. Dessutom kan en av de nuvarande kapningsmaskinerna säljas om en ny köps in.

### 6.3 Rutinmässiga förändringar

En avgörande orsak till att lagringen av rör i metervera är svår att inventera och kontrollera är tidsskillnaden mellan fysiskt lagerplock och affärssystemmässig konsumtion av lagersaldo. Problemet resulterar precis som osäkerheten i verklig röråtgång i att lagersaldot inte stämmer överens med verkligheten vid ett givet tillfälle och kan medföra brist i lager. För att få kontroll på detta krävs att EMV blir mer involverade och ansvarstagande i lagerföringen. Om detta ska uppnås måste rutinerna och förutsättningarna för lagerplock och lagerkonsumtion förändras. Figur 30 illustrerar hur det i dagsläget fungerar från det att en processanläggning är ritad i CAD-programmet till dess att rör fysiskt plockas från lagret och sedan konsumeras i systemet.

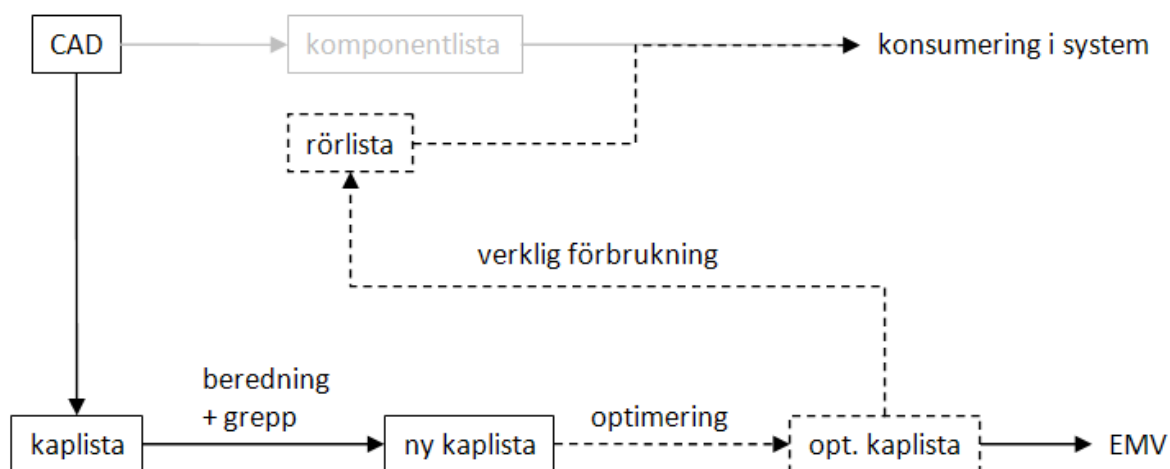


Figur 30 Schematisk skiss över hur konsumtionen i affärssystemet förhåller sig till den verkliga fysiska konsumtionen i lagret.

Som framgår av figur 30 genereras det en artikellista för både rör och övriga komponenter som ingår i en processanläggning. Detta medför att rör och komponenter måste konsumeras samtidigt i affärssystemet. I artikellistan ökas den mängd rör som ska konsumeras med 25 procent för att täcka in kassationer och spill. CAD-programmet genererar även en lista med enbart rör kallad kaplista. Rören i denna lista bereds inför bockning genom att längder för bockningsmaskinens greppyta läggs på och resultatet blir en uppdaterad kaplista som skickas till EMV. Fem dagar efter att rörsatsen har plockats från lagret och kapats hos EMV konsumeras saldot i affärssystemet hos TP D&B när

<sup>2</sup> På grund av sekretesskäl kan beräkningar angående besparingar inte beskrivas mer utförligt.

rörsatsen ska vidareförädlas med bockning och svetsning. Figur 31 visar ett möjligt alternativ till hur situationen kan hanteras.



Figur 31 Schematisk skiss över hur verklig förbrukning kan konsumeras i affärssystemet och hur det kan ske samtidigt som det fysiska lagerplocket utförs för att undvika saldfel.

Om rutinen för rörkonsumtion i affärssystemet sker enligt figur 31 ökar möjligheten att den konsumerade rörmängden stämmer nära överens med verkligheten. De streckade linjerna i figuren visar nödvändiga förändringar. Genom att dela upp artikellistan i två kan rör skiljas från övriga komponenter (möjlighet finns givetvis för ytterligare differentiering). På det sättet kan olika detaljer konsumeras systemmässigt vid olika tillfällen och därmed undviks tidsförskjutningens inverkan på saldfel i råvarulagret. Genom att dessutom kombinera den nya rutinen med optimering av kapordningen hos EMV kan den verkliga rörmängden uppdateras med den verkliga förbrukningen. Följden blir att felkällan som det 25 procentiga pålägget innebär elimineras eftersom den verkliga åtgången av rör varierar. För att möjliggöra ett arbetssätt enligt figur 2 krävs dock att beredningen av rören utförs före artikellistan registreras i systemet vilket inte är fallet idag. Denna rutinförändring är nödvändig för att en verklig förbrukning av rör ska kunna konsumeras systemmässigt. Nackdelen är att arbetsförfarandet inte längre tillåter att all lagerkonsumtion utförs på samma gång och av samma person och därför tas längre tid i anspråk för att utföra samma moment.

Kostnaden för differentiering av artikellistan har uppskattats av mjukvaruavdelningen till ungefär 20 000 kr. Till detta kommer ett extra arbetsmoment för konstruktören som ritar anläggningen att klassificera ingående komponenter vilket beräknas ta 0,5 timmar per BPU. Det kan sättas i relation till att ritningsarbetet uppskattningsvis tar mellan 60 och 70 arbetstimmar för konstruktören. För att konsumtionen ska kunna ske i anslutning till det fysiska lagerplocket krävs också att lagerpersonalen hos EMV får tillgång till en terminal med uppkoppling till TP D&B:s affärssystem.

## 7 Resultat

Detta kapitel syftar till att presentera de resultat och slutsatser examensarbetarna har kommit fram till. Resultatet är uppdelat i rekommendationer. Arbete med dessa kan verkställas omgående. I slutet av detta kapitel framförs även förslag till fortsatt arbete hos TP D&B; dessa områden kräver en större arbetsinsats.

### 7.1 Rekommendationer och slutsatser

Författarna har under arbetet med studien och efter analys av insamlat och dokumenterat material kommit fram till att förändringar kan göras för att öka lönsamheten i TP D&B:s verksamhet. För att återkoppla till det inledande kapitlet och rapportens syfte presenteras här återigen uppställda mål:

1. Kartlägga materialflödet ur ett värdeskapande perspektiv
2. Identifiera brister och problemområden
3. Presentera en handlingsplan med åtgärder

Det första målet har uppnåtts genom framställandet av tre VSM:er och dessa utgör kulmen av empiriarbetet. Dessa VSM:er beskriver materialflödet av rör ur ett värdeskapande perspektiv från det att rören lämnar tillverkaren till dess att de är redo för montering i en processanläggning.

Med utgångspunkt i de framtagna VSM:erna har materialflödet analyserats och det område med störst förbättringspotential har identifierats som råvarulagringen av rör i metervara. För att möjliggöra förbättring har problemet analyserats och de viktigaste orsakerna fastställts. Resultatet presenteras genom tre rekommendationer vilka författarna anser som nödvändiga för att uppnå presenterade resultat.

#### Rekommendation 1:

Författarna bedömer att medellagernivån i råvarulagret kan sänkas genom att avveckla råvarulagringen i Lund hos TP D&B och istället endast hålla råvarulager hos EMV. Säkerhetslagret och materialhanteringen kan på det sättet minimeras genom minskningen i antalet överlämningar. Tabell 39 visar förbättringspotentialen.

Tabell 39 Potentiell förbättring av medellagernivån i råvarulagret om lagringen sker endast hos EMV.

|                              |             |          |
|------------------------------|-------------|----------|
| Råvarulager endast hos EMV   | MLN         | 7 814 m  |
|                              | Tid i lager | 31 dagar |
| Utfall, 2010                 | MLN         | 15 616 m |
|                              | Tid i lager | 63 dagar |
| Förändring av medellagernivå |             | -50,0 %  |

Genom att flytta råvarulagret till EMV och dimensionera säkerhetslagret kan medellagernivån av rör i metervara minskas med 50 %. En flytt av råvarulagret resulterar även i en total besparing på cirka 68 000 kr per år i materialhanteringskostnader. Till fördelarna hör även den ökade kontrollen på lagersaldot med större möjlighet till översikt och inventering. Personal som annars varit knutna till

materialhanteringen har möjlighet att engagera sig i andra istället kanske värdeadderande aktiviteter.

### **Rekommendation 2:**

För att minska medellagernivån krävs att TP D&B känner till saldot på den faktiska mängden rör i lager. Detta är en mycket svår uppgift så länge rör fortsätter kasseras oregistrerat. Därför är rekommendation 2 att göra optimeringsprogrammet till en del av verksamheten hos TP D&B och slopa det schablonmässiga pålägget om 25 %. Optimeringsprogrammet optimerar kapningen samtidigt som det talar om hur mycket rör som kasseras. Detta kan användas för att konsumera den exakta mängden rör från affärssystemet innan kapningen har inletts, och på så sätt medger detta en högre grad av kontroll över lagersaldot. Detta är en förutsättning för att sänka lagersaldot utan att riskera lida brist på rör då behov uppstår.

### **Rekommendation 3**

Med utnyttjandet av optimeringsprogrammet och en kapningsmaskin med integrerad greppyta kan spillet generellt sett sänkas till 83 millimeter per 6-metersrör, nästan tiofaldigt. Detta motsvarar en besparing på strax under 1 Mkr per år. Kostnaden idag för endast greplängden i kapningsmaskinen hos EMV, det vill säga rörlängd som går oavkortat till kassation, är drygt 400 000 kr per år. Därför är rekommendation 3 föga förvånande att investera i en ny kapningsmaskin med integrerad greppyta. Kapningsmaskinen uppskattas inte kosta mer än 400 000 kr och återbetalningstiden blir således kring 6 månader.

### **Rekommendation 4**

Den fjärde rekommendationen innebär en förändring av rutinerna angående affärssystemets koppling till det fysiska lagret. För att knyta affärssystemet närmare till det fysiska lagret krävs ett integrerat samarbete med EMV. Det är nödvändigt att artikelkonsumtionen för varje processanläggning delas upp så att rör och övriga komponenter skiljs åt och kan konsumeras från affärssystemet vid det faktiska fysiska lagerpocket. Det är även essentiellt att en terminal upprättas hos EMV med direktuppkoppling till affärssystemet för rapportering av lagerkonsumtion.

Samtliga rekommenderade åtgärder är individuellt genomförbara med positiva effekter som resultat. Författarna anser dock att potentialen är betydligt större då åtgärderna införs tillsammans tack vare de synergieffekter som uppstår. Kombinationen av åtgärderna möjliggör en nydimensionering av säkerhetslagret som minskar kapitalbindningen med 50 procent. Genom att investera i en ny rörkap som på ett effektivare sätt utnyttjar rörlängden kan andelen spill i denna operation uppskattningsvis minskas med mellan 80 och 90 procent. Återbetalningstiden bedöms vara mindre än ett år och författarna anser att den sammanlagda årliga besparingen kommer att överstiga en halv miljon kronor.

## **7.2 Förslag till fortsatt arbete**

Eftersom detta arbete är en fallstudie hos TP D&B syftar detta avsnitt främst på fortsatt arbete på företaget i fråga, och inte på den vetenskapliga aspekten i studien. Ett antal olika alternativ till eventuell utveckling hos TP D&B har uppenbarats sig under arbetets gång, och då det är orealistiskt att fullgott studera varje sådant alternativ ingående har dessa utvecklingsmöjligheter passerat

utforskade. För både läsarnas och TP D&B:s intresse presenteras dessa möjliga utvecklingsmöjligheter i detta avsnitt.

### **7.2.1 Flytta specialmontage till EMV, kapa hemma**

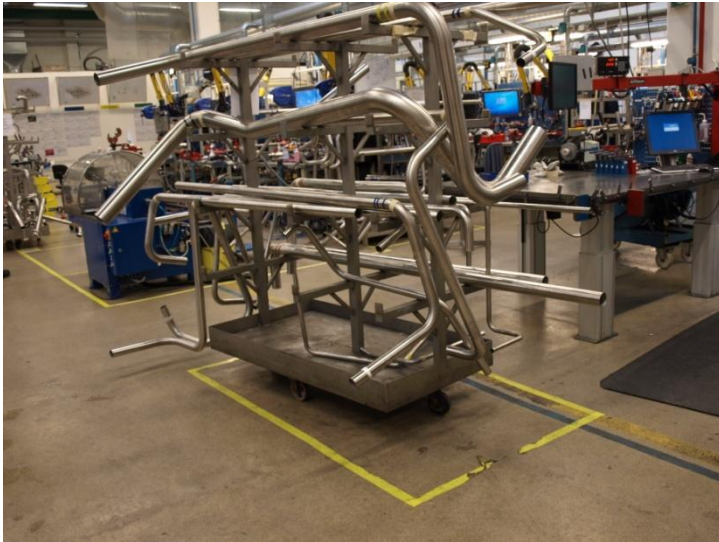
Att placera kapningsoperationen, något som är en betydande del i materialflödet, hos en extern aktör torde kännas vanskligt. Möjligheterna att flytta denna operation till TP D&B:s lokal, i anslutning till de övriga förädlingsoperationerna, borde ses över. Om orsaken till att kapningsoperationen inte utförs i egna lokaler är platsbrist, kan en utvärdering på att flytta specialmontage till EMV göras. Det vill säga byta plats på kapningsoperationen och specialmontage. Detta känns mer intuitivt då EMV redan monterar hela anläggningar åt TP D&B.

### **7.2.2 Samma person mäter, borrar, kragar, sticker och sköljer**

I nuläget bildas lager mellan mätning, borrar/kragning och avstickning. För att undvika detta och få ett så kontinuerligt flöde som möjligt bör samma person utföra alla dess operationer. På så sätt undviks mellanlager samtidigt som antalet överlämningar i produktionen minskas. Vidare kontrolleras i dagsläget att mätningen är korrekt utförd i borrarstationen, något som är tidskrävande och inte tillför värde. Detta onödiga moment elimineras också om samma person har ansvaret över röret från mätstationen till och med sköljning av röret.

### **7.2.3 5 S på rörvagnar**

Rörvagnarna som används i produktionen idag är inte optimerade för sitt syfte. De ger ett oöverskådligt intryck och det går mycket tid åt att leta efter rätt rör eller artikel. Dessutom är platserna för vagnarna (markerade med gula rutor) otillräckliga då vagnarna i nuläget står på till synes slumpmässiga platser. Dessa behöver således också ses över. Figur 33 visar hur det kan se ut i produktionen.



Figur 32. En rörvagn på sin designerade ruta.



Figur 33. Rörvagnar som inte har en designerad ruta.

#### 7.2.4 Kapning och bockning av exportorder hos EMV

Bockningsstationen hos TP D&B förser svetslinjen liksom produktionen i Shanghai och Greenwood med bockade rör. Dessa bockas i dagsläget simultant trots att det är sagt att bockningen ska ske orderstyrt, det vill säga en order åt gången. Huruvida det är rätt eller fel har examensarbetarna inte tagit ställning till utan konstaterar bara att det ledningen har bestämt inte följs, vilket tyder på att det finns anledning till att ta en djupare titt i området i fråga. Anledningen till att ordena bockas simultant är att det på grund av färre verktygsbyten tar mindre tid.

### 7.3 Felkällor

I varje vetenskaplig studie är felkällor ofrånkomliga och det är viktigt att om de inte går att undvika istället vara väl medveten om dem. I detta arbete har det förekommit ett flertal varav de viktigaste beskrivs i detta avsnitt.

## Orderstatistiska felkällor

Resultatet av den orderstatistiska generaliseringen av en medelproduktionsorder är i vissa avseenden inte pålitlig. Felkällan ligger framför allt i just själva generaliseringen eftersom det endast är ett fåtal olika processanläggningstyper som valts ut. Dessutom har endast två rörsatstyper valts och detta begränsar ytterligare användbarheten av datan. Det är utöver detta stor variation inom det framtagna materialet vilket leder till att tillämpbarheten minskar. Framtagna värdeadderande tider för specifika arbetsmoment är även dessa generaliserade vilket leder till en ytterligare felkälla. Eftersom urvalet som valts står för den största andelen av vad som producerats har denna felkälla till stor del eliminerats.

## Felkällor i lager

Lagernivåer har bestämts på två olika sätt, genom stickprovskontroller och med hjälp av affärssystemet. Eftersom medellagernivån i kaplagret hos EMV endast är taget som ett medelvärde på ett antal stickprov kan detta innebära en grov skillnad mot den verkliga medellagernivån. Detta gör dock ingen allvarlig skillnad på slutresultatet eftersom den totala medellagernivån för samtliga lager är bestämd med hjälp av affärssystemet. Felkällan leder alltså endast till att fördelningen mellan kaplagret hos EMV och råvarulagret hos TP D&B förskjuts. Dock har affärssystemets medellagernivå påverkats av att TP D&B har behövt köpa in större partier med rör för att täcka upp för problem med leverantör. Detta har jämnats ut genom att nivån har bestämts över en ett helt år. Medellagernivåer i mellanlager har även dessa bestämts genom att ta stickprovskontroller. Dessa har emellertid utförts under en längre period och med större noggrannhet vilket leder till säkrare värden. Eftersom det i vissa fall har varit svårt att skilja på vilket lager en viss produktionsorder har tillhört kan detta även ha påverkat den totala medellagernivån. Eftersom den totala ledtiden är väldigt stor har detta liten betydelse för slutresultatet.

## Felkällor till säkerhetslager

De uträknade erforderliga säkerhetslagrena är fastställda baserat på vissa antaganden som påverkar osäkerheten och därmed storleken på säkerhetslagrena. Ett av dessa antaganden är standardavvikelsen för ledtiden från leverantör. Den är bestämd som ett värde baserat på den historiska leveranssäkerheten, alltså differensen mellan överenskommet leveransdatum och faktiskt leveransdatum. Vad gäller den verkliga leveranstiden är denna antagen att stämma överens med den avtalsmässiga ledtiden med leverantören. Riktigt så är inte fallet utan många gånger är det överenskomna leveransdatumet senare för en specifik order av rör. Den framtida förbrukningen av rör är baserad på tidigare förbrukning och kan således förändras över tiden men då förändringar förväntas ske långsamt blir felkällan ringa.

## Felkällor i simuleringsresultat

De utförda simuleringarna är baserade på ett urval av de produktionsorder av rör som valts ut under empiridelen. Eftersom urvalet har begränsats på det sättet som beskrivits under *Orderstatistiska felkällor* innebär det att simuleringarna endast gäller för vald produktfamilj. Det finns ingen garanti för att resultatet är överensstämmande med verkligheten då varje produktionsorder trots urvalet är unik. Simuleringen är även endast utförd för tre olika rördimensioner och genererar alltså inget annat än antaganden om övriga dimensioner. Resultatet av simuleringen beskriver en potentiell

framtida besparing men eftersom det inte går att ta reda på det verkliga utfallet för simulerade rörkapningar är det omöjligt att fastställa den exakta besparingen.

Felkällor är förekommande i studien och men som beskrivits i detta avsnitt och tidigare i rapporten har hänsyn tagits till detta på olika sätt. Därför bedöms att slutprodukten och resultatet av studien är väl överrensstämmande med verkligheten.



## 8 Källförteckning

- Alvesson, M., & Sköldberg, K., 2008. *Tolkning och reflektion*. 2nd ed. Lund: Studentlitteratur.
- Arbnor, I. & Bjerke, B., 1994a. *Företagsekonomisk metodlära*. 2nd ed. Lund: Studentlitteratur.
- Arbnor, I. & Bjerke, B., 1994b. *Methodology for creating business knowledge*. 2nd ed. Lund: Studentlitteratur.
- Bartholdi III, J. & Hackman, S., 2010. *Warehouse & distribution science*. Release 0.93. [online] Georgia institute of technology. Tillgänglig på:  
<<http://www.isye.gatech.edu/~jjb/wh/book/editions/wh-sci-0.93.pdf>> [Besökt 10 april 2011]
- Björklund, M. & Paulsson, U., 2003. *Seminarieboken: att skriva, presentera och opponera*. Lund: Studentlitteratur.
- Chen, L. & Meng, B., 2010. The application of value stream mapping based lean production system. *International Journal of Business and Management*, 5(6), pp.203-210.
- Christopher, T. & Towill, D., 2001. An integrated model for the design of agile supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 31(4), pp.235-246.
- Churchman, C.W., 1979. *The systems approach and its enemies*. New York: Basic Books.
- Eliasson, A., 2006. *Kvantitativ metod från början*. Lund: Studentlitteratur.
- Ely, M. et al., 1993. *Doing qualitative research: circles in circles*. Översatt av Carl G. Liungman. Lund: Studentlitteratur.
- Fabrizio, T. & Tapping, D., 2006. *5S for the office: organizing the workplace to eliminate waste*. New York: Productivity Press.
- Gammelgaard, B., 2004. Schools in logistics research?: a methodological framework for analysis of the discipline. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(6), pp.479-491.
- Hayes, R. & Wheelwright, S., 1984. *Restoring our competitive edge: competing through manufacturing*. New York: John Wiley And Sons Ltd.
- Herber, n.d. Tube bending guide. [online] Tillgänglig på:  
<[http://www.herber.se/downloads/machines/Tube\\_Bending\\_Guide\\_SV\\_EN.pdf](http://www.herber.se/downloads/machines/Tube_Bending_Guide_SV_EN.pdf)> [Besökt 26 april 2011]
- Hill, A. & Hill, T., 2009. *Manufacturing operations strategy*. 3rd ed. Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- Hines, P. et al. 1998. Value stream management. *International Journal of Logistics Management*, 9(1), pp.25-42.
- Jin-Hai, J., Anderson, A. & Harrison, R., 2003. The evolution of agile manufacturing. *Business Process Management Journal*, 9(2), pp.170-190.

- Karlöf, B. & Helin Lövingsson, F., 2010. *Management från A till Ö: förklaringar till mer än 200 begrepp och modeller*. 2nd ed. Stockholm: SIS förlag
- Kohlbacher, M., 2010. The effects of process orientation: a literature review. *Business Process Management Journal*, 16(1), pp.135-152.
- Kovács, G. & Spens, K.M., 2005. Abductive reasoning in logistics research. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(2), pp.132-144.
- Lasa, I., Laburu, C. & de Castro Vila, R., 2008. An evaluation of the value stream mapping tool. *Business Process Management Journal*, 14(1), pp.39-52.
- Lekvall, P. & Wahlbin, C., 2001. *Information för marknadsföringsbeslut*. 4th ed. Göteborg: IHM Publishing.
- Liker, J., 2004. *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. Reissue ed. New York: McGraw-Hill Professional.
- Ljungberg, A. & Larsson, E., 2001. *Processbaserad verksamhetsutveckling*. Lund: Studentlitteratur.
- Mangan, J., Lalwani, C. & Gardner, B., 2004. Combining quantitative and qualitative methodologies in logistics research. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(7), pp.565-578.
- Matthews, S., 2010. Factory efficiency comes to the hospital. *New York Times*. 11 juli. pBU1.
- Näslund, D., 2002. Logistics needs qualitative research – especially action research. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 32(5), pp.321-339.
- Ohno, T., 1988. *Toyota production system: beyond large-scale production*. Översatt från japanska av C.B.Rosen. Oregon: Taylor & Francis Inc.
- Oskarsson, B., Aronsson, H. & Ekdahl, B., 2006. *Modern logistik – för ökad lönsamhet*. 3rd ed. Malmö: Liber.
- Ramesh, G. & Devadasan, S.R., 2005. Literature review on the agile manufacturing criteria. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 18(2), pp.182-201.
- Rosing, H., n.d. *Att resonera logiskt: inledning till logikens grundbegrepp och metoder*. [online] Åbo Akademi. Tillgänglig på: <<http://web.abo.fi/fak/hf/filosofi/HRlogik/logik.html>> [Besökt 31 mars 2011]
- Rother, M. & Shook, J., 2004. *Learning to see – value stream mapping to add value and eliminate muda*. Översatt av Jan Helling. Göteborg: Lean Enterprise Institute Sweden.
- Sarkis, J., 2001. Benchmarking for agility. *Benchmarking: An International Journal*, 8(2), pp.88-107.
- Ståhl, J.E., 2006. *Industriella tillverkningsystem – länken mellan teknik och ekonomi*. Lund: Studentlitteratur.

Yang, C.C., 2005. The redefined Kano's model and its application. *Total Quality Management*, 16(10), pp.1127-1137.

Yin, R.K., 2007. *Fallstudier: design och genomförande*. Översatt av Björn Nilsson. Malmö: Liber.



## 9 Bilagor

### 9.1 Bilaga 1

Medelförbrukning per månad under 2010.

| Månad         | 25 mm | 38 mm | 51 mm | 63,5 mm | 76 mm | 101,6 mm | Totalt          |
|---------------|-------|-------|-------|---------|-------|----------|-----------------|
| januari -10   | 294   | 667   | 699   | 300     | 238   | 52       | 2 250           |
| februari -10  | 358   | 754   | 1 115 | 629     | 370   | 79       | 3 304           |
| mars -10      | 1 089 | 2 314 | 2 692 | 1 842   | 1 253 | 508      | 9 699           |
| april -10     | 328   | 974   | 1 175 | 87      | 547   | 63       | 3 173           |
| maj -10       | 348   | 821   | 687   | 365     | 135   | 58       | 2 413           |
| juni -10      | 413   | 777   | 977   | 283     | 956   | 169      | 3 575           |
| juli -10      | 648   | 955   | 1 150 | 1 586   | 925   | 346      | 5 612           |
| augusti -10   | 753   | 848   | 1 791 | 1 178   | 731   | 254      | 5 555           |
| september -10 | 521   | 1 149 | 1 316 | 808     | 317   | 596      | 4 705           |
| oktober -10   | 984   | 1 228 | 1 432 | 1 544   | 688   | 160      | 6 035           |
| november -10  | 679   | 804   | 2 063 | 981     | 528   | 178      | 5 233           |
| december -10  | 548   | 374   | 1 711 | 675     | 432   | 217      | 3 956           |
| <b>Totalt</b> |       |       |       |         |       |          | <b>55 509 m</b> |

### 9.2 Bilaga 2

K-värdestabell för SERV1.

| SERV1   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| k-värde | 0,00   | 0,01   | 0,02   | 0,03   | 0,04   | 0,05   | 0,06   | 0,07   | 0,08   | 0,09   |
| 0,0     | 0,5000 | 0,5040 | 0,5080 | 0,5120 | 0,5160 | 0,5199 | 0,5239 | 0,5279 | 0,5319 | 0,5359 |
| 0,1     | 0,5398 | 0,5438 | 0,5478 | 0,5517 | 0,5557 | 0,5596 | 0,5636 | 0,5675 | 0,5714 | 0,5753 |
| 0,2     | 0,5793 | 0,5832 | 0,5871 | 0,5910 | 0,5948 | 0,5987 | 0,6026 | 0,6064 | 0,6103 | 0,6141 |
| 0,3     | 0,6179 | 0,6217 | 0,6255 | 0,6255 | 0,6293 | 0,6368 | 0,6406 | 0,6443 | 0,6480 | 0,6517 |
| 0,4     | 0,6554 | 0,6591 | 0,6628 | 0,6664 | 0,6700 | 0,6736 | 0,6772 | 0,6808 | 0,6844 | 0,6879 |
| 0,5     | 0,6915 | 0,6950 | 0,6985 | 0,7019 | 0,7054 | 0,7088 | 0,7123 | 0,7157 | 0,7190 | 0,7224 |
| 0,6     | 0,7257 | 0,7291 | 0,7324 | 0,7357 | 0,7389 | 0,7422 | 0,7422 | 0,7454 | 0,7486 | 0,7549 |
| 0,7     | 0,7580 | 0,7611 | 0,7642 | 0,7673 | 0,7704 | 0,7734 | 0,7764 | 0,7794 | 0,7794 | 0,7823 |
| 0,8     | 0,7881 | 0,7910 | 0,7939 | 0,7967 | 0,7995 | 0,8023 | 0,8051 | 0,8078 | 0,8106 | 0,8133 |
| 0,9     | 0,8159 | 0,8186 | 0,8212 | 0,8238 | 0,8264 | 0,8289 | 0,8315 | 0,8340 | 0,8365 | 0,8389 |
| 1,0     | 0,8413 | 0,8438 | 0,8461 | 0,8485 | 0,8508 | 0,8531 | 0,8554 | 0,8577 | 0,8599 | 0,8621 |
| 1,1     | 0,8643 | 0,8665 | 0,8686 | 0,8708 | 0,8729 | 0,8749 | 0,8770 | 0,8790 | 0,8810 | 0,8830 |
| 1,2     | 0,8849 | 0,8869 | 0,8888 | 0,8907 | 0,8925 | 0,8944 | 0,8962 | 0,8980 | 0,8997 | 0,9015 |
| 1,3     | 0,9032 | 0,9049 | 0,9066 | 0,9082 | 0,9099 | 0,9115 | 0,9131 | 0,9147 | 0,9162 | 0,9177 |
| 1,4     | 0,9192 | 0,9207 | 0,9222 | 0,9236 | 0,9251 | 0,9265 | 0,9279 | 0,9292 | 0,9306 | 0,9319 |
| 1,5     | 0,9332 | 0,9345 | 0,9357 | 0,9370 | 0,9382 | 0,9394 | 0,9406 | 0,9418 | 0,9429 | 0,9441 |
| 1,6     | 0,9452 | 0,9463 | 0,9474 | 0,9484 | 0,9495 | 0,9505 | 0,9515 | 0,9525 | 0,9535 | 0,9545 |
| 1,7     | 0,9554 | 0,9564 | 0,9573 | 0,9582 | 0,9591 | 0,9599 | 0,9608 | 0,9616 | 0,9625 | 0,9633 |

|     |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1,8 | 0,9641 | 0,9649 | 0,9656 | 0,9664 | 0,9671 | 0,9678 | 0,9686 | 0,9693 | 0,9699 | 0,9706 |
| 1,9 | 0,9713 | 0,9719 | 0,9726 | 0,9732 | 0,9738 | 0,9744 | 0,9750 | 0,9756 | 0,9761 | 0,9767 |
| 2,0 | 0,9772 | 0,9778 | 0,9783 | 0,9788 | 0,9793 | 0,9798 | 0,9803 | 0,9808 | 0,9812 | 0,9817 |
| 2,1 | 0,9821 | 0,9826 | 0,9830 | 0,9834 | 0,9838 | 0,9842 | 0,9846 | 0,9850 | 0,9854 | 0,9857 |
| 2,2 | 0,9861 | 0,9864 | 0,9868 | 0,9871 | 0,9875 | 0,9878 | 0,9881 | 0,9884 | 0,9887 | 0,9890 |
| 2,3 | 0,9893 | 0,9893 | 0,9898 | 0,9898 | 0,9904 | 0,9904 | 0,9909 | 0,9909 | 0,9913 | 0,9913 |
| 2,4 | 0,9918 | 0,9918 | 0,9922 | 0,9922 | 0,9927 | 0,9927 | 0,9931 | 0,9931 | 0,9934 | 0,9934 |
| 2,5 | 0,9938 | 0,9940 | 0,9941 | 0,9943 | 0,9945 | 0,9946 | 0,9948 | 0,9949 | 0,9951 | 0,9952 |
| 2,6 | 0,9953 | 0,9955 | 0,9956 | 0,9957 | 0,9959 | 0,9960 | 0,9961 | 0,9962 | 0,9963 | 0,9964 |
| 2,7 | 0,9965 | 0,9966 | 0,9967 | 0,9968 | 0,9969 | 0,9970 | 0,9971 | 0,9972 | 0,9973 | 0,9974 |
| 2,8 | 0,9974 | 0,9974 | 0,9976 | 0,9976 | 0,9977 | 0,9977 | 0,9979 | 0,9979 | 0,9980 | 0,9980 |
| 2,9 | 0,9981 | 0,9981 | 0,9982 | 0,9982 | 0,9984 | 0,9984 | 0,9985 | 0,9985 | 0,9986 | 0,9986 |
| 3,0 | 0,9987 | 0,9987 | 0,9987 | 0,9988 | 0,9988 | 0,9989 | 0,9989 | 0,9989 | 0,9990 | 0,9990 |
| 3,1 | 0,9990 | 0,9991 | 0,9991 | 0,9991 | 0,9992 | 0,9992 | 0,9992 | 0,9992 | 0,9993 | 0,9993 |
| 3,2 | 0,9993 | 0,9993 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9995 |
| 3,3 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 |
| 3,4 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 |
| 3,5 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 |
| 3,6 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 |
| 3,7 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 |
| 3,8 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 |
| 3,9 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 4,0 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |

### 9.3 Bilaga 3

K-värdestabell för SERV2.

| SERV2   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| k-värde | 0,00   | 0,01   | 0,02   | 0,03   | 0,04   | 0,05   | 0,06   | 0,07   | 0,08   | 0,09   |
| 0,0     | 0,3989 | 0,394  | 0,389  | 0,3841 | 0,3793 | 0,3744 | 0,3697 | 0,3649 | 0,3602 | 0,3556 |
| 0,1     | 0,3509 | 0,3464 | 0,3418 | 0,3373 | 0,3328 | 0,3284 | 0,324  | 0,3197 | 0,3154 | 0,3111 |
| 0,2     | 0,3069 | 0,3027 | 0,2986 | 0,2944 | 0,2904 | 0,2863 | 0,2824 | 0,2784 | 0,2745 | 0,2706 |
| 0,3     | 0,2668 | 0,263  | 0,2592 | 0,2592 | 0,2555 | 0,2481 | 0,2445 | 0,2409 | 0,2374 | 0,2339 |
| 0,4     | 0,2304 | 0,227  | 0,2236 | 0,2203 | 0,2169 | 0,2137 | 0,2104 | 0,2072 | 0,204  | 0,2009 |
| 0,5     | 0,1978 | 0,1947 | 0,1917 | 0,1887 | 0,1857 | 0,1828 | 0,1799 | 0,1771 | 0,1742 | 0,1714 |
| 0,6     | 0,1687 | 0,1659 | 0,1633 | 0,1606 | 0,158  | 0,1554 | 0,1554 | 0,1528 | 0,1503 | 0,1453 |
| 0,7     | 0,1429 | 0,1405 | 0,1381 | 0,1358 | 0,1334 | 0,1312 | 0,1289 | 0,1267 | 0,1267 | 0,1245 |
| 0,8     | 0,1202 | 0,1181 | 0,116  | 0,114  | 0,112  | 0,11   | 0,108  | 0,1061 | 0,1042 | 0,1023 |
| 0,9     | 0,1004 | 0,0986 | 0,0968 | 0,095  | 0,0933 | 0,0916 | 0,0899 | 0,0882 | 0,0865 | 0,0849 |
| 1,0     | 0,0833 | 0,0817 | 0,0802 | 0,0787 | 0,0772 | 0,0757 | 0,0742 | 0,0728 | 0,0714 | 0,07   |
| 1,1     | 0,0686 | 0,0673 | 0,0659 | 0,0646 | 0,0634 | 0,0621 | 0,0609 | 0,0596 | 0,0584 | 0,0573 |
| 1,2     | 0,0561 | 0,055  | 0,0538 | 0,0527 | 0,0517 | 0,0506 | 0,0495 | 0,0485 | 0,0475 | 0,0465 |
| 1,3     | 0,0455 | 0,0446 | 0,0436 | 0,0427 | 0,0418 | 0,0409 | 0,04   | 0,0392 | 0,0383 | 0,0375 |
| 1,4     | 0,0367 | 0,0359 | 0,0351 | 0,0343 | 0,0336 | 0,0328 | 0,0321 | 0,0314 | 0,0307 | 0,03   |

|     |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1,5 | 0,0293 | 0,0286 | 0,028  | 0,0274 | 0,0267 | 0,0261 | 0,0255 | 0,0249 | 0,0244 | 0,0238 |
| 1,6 | 0,0232 | 0,0227 | 0,0222 | 0,0216 | 0,0211 | 0,0206 | 0,0201 | 0,0197 | 0,0192 | 0,0187 |
| 1,7 | 0,0183 | 0,0178 | 0,0174 | 0,017  | 0,0166 | 0,0162 | 0,0158 | 0,0154 | 0,015  | 0,0146 |
| 1,8 | 0,0143 | 0,0139 | 0,0136 | 0,0132 | 0,0129 | 0,0126 | 0,0123 | 0,0119 | 0,0116 | 0,0113 |
| 1,9 | 0,0111 | 0,0108 | 0,0105 | 0,0102 | 0,01   | 0,0097 | 0,0094 | 0,0092 | 0,009  | 0,0087 |
| 2,0 | 0,0085 | 0,0083 | 0,008  | 0,0078 | 0,0076 | 0,0074 | 0,0072 | 0,007  | 0,0068 | 0,0066 |
| 2,1 | 0,0065 | 0,0063 | 0,0061 | 0,006  | 0,0058 | 0,0056 | 0,0055 | 0,0053 | 0,0052 | 0,005  |
| 2,2 | 0,0049 | 0,0047 | 0,0046 | 0,0045 | 0,0044 | 0,0042 | 0,0041 | 0,004  | 0,0039 | 0,0038 |
| 2,3 | 0,0037 | 0,0037 | 0,0035 | 0,0035 | 0,0033 | 0,0033 | 0,0031 | 0,0031 | 0,0029 | 0,0029 |
| 2,4 | 0,0027 | 0,0027 | 0,0026 | 0,0026 | 0,0024 | 0,0024 | 0,0023 | 0,0023 | 0,0021 | 0,0021 |
| 2,5 | 0,002  | 0,0019 | 0,0019 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0017 | 0,0017 | 0,0016 | 0,0016 | 0,0015 |
| 2,6 | 0,0015 | 0,0014 | 0,0014 | 0,0013 | 0,0013 | 0,0012 | 0,0012 | 0,0012 | 0,0011 | 0,0011 |
| 2,7 | 0,0011 | 0,001  | 0,001  | 0,001  | 0,0009 | 0,0009 | 0,0009 | 0,0008 | 0,0008 | 0,0008 |
| 2,8 | 0,0008 | 0,0008 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0006 |
| 2,9 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0004 |
| 3,0 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 |
| 3,1 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 |
| 3,2 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| 3,3 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| 3,4 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| 3,5 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |