



CHALMERS



# Effektivisering av Lagerrobot: Analys och förbättringsförslag

Genomgående analys av strategier för en förbättrad tillverkningsprocess

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och Produktionsteknik

Anton Andersson

Felix Vejsholt

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
AVDELNINGEN FÖR SUPPLY & OPERATIONS MANAGEMENT

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, 2024  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



# Effektivisering av lagerrobot: Analys och förbättringsförslag

Genomgående analys av strategier för en förbättrad  
tillverkningsprocess

Anton Andersson  
Felix Vejsholt

TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
Avdelning för Supply & Operations Management  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2024

Effektivisering av lagerrobot: Analys och förbättringsförslag  
Genomgående analys av strategier för en förbättrad tillverkningsprocess

Anton Andersson  
Felix Vejsholt

© Anton Andersson, 2024  
© Felix Vejsholt, 2024

Teknikens ekonomi och organisation  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Sverige  
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Göteborg, Sverige 2024

# Abstract

In a market characterized by high technical competence and growing demand, companies are required to continuously develop in order to maintain or increase their market shares. This work aims to streamline the production of the warehouse robot, an advanced warehouse management system. The research questions being investigated include "In what ways can the manufacturing process of EAB's warehouse robot be made more efficient, with a focus on reducing time and resource consumption as well as identifying areas for improvement?" and "What measures are necessary to increase EAB's production capacity of the warehouse robot to 20 units per week?" The project begins with a detailed review of the current production flow, identification of potential inefficiencies, and a comprehensive value stream analysis. Through methodical data collection, including time measurements and semi-structured interviews with staff, a clear picture of the production process bottlenecks has emerged. Lean principles such as 5S and pull flow have been applied to suggest specific actions. These include improvement proposals for workstations and standardization of work processes to enhance both productivity and product quality, while transforming into a learning organization characterized by continuous development. The results indicate opportunities for EAB to increase its production capacity through changes in flow and rebalancing of resources for more effective resource management. The study also shows how the proposed improvements could lead to financial savings in the form of reduced waste and increased operational efficiency. The work concludes with a discussion on the implementation of these changes, results, and methodology choices, with step-by-step recommendations for achieving the set goals of 20 units per week.

Key words: Lean production, value stream, improvement work, leveled production, streamlining.

# Sammanfattning

I en marknad som kännetecknas av hög teknisk kompetens och växande efterfrågan ställs höga krav på kontinuerlig utveckling hos de företag som önskar behålla eller öka sina marknadsandelar. Arbetet syftar till att effektivisera lagerrobotproduktionen, ett avancerat system för lagerhantering. Frågeställningarna som undersöks är “På vilka sätt kan tillverkningsprocessen av EABs lagerrobot effektiviseras, med fokus på minskning av tids- och resursåtgång samt identifiering av förbättringsområden?” samt “Vilka åtgärder krävs för att öka EABs produktionskapacitet av lagerrobot till 20 enheter per vecka?” Arbetet inleds med en detaljerad genomgång av det nuvarande produktionsflödet, identifiering av potentiella ineffektiviteter och en omfattande värdeflödesanalys. Genom metodisk datainsamling, inklusive tidsmätningar och semistrukturerade intervjuer med personal, har en tydlig bild av produktionsprocessens flaskhalsar framträtt. Lean-principer såsom 5S och ett dragande flöde har tillämpats för att föreslå specifika åtgärder. Dessa inkluderar förbättringsförslag för arbetsstationer och standardisering av arbetsprocesser för att förbättra både produktivitet och produktkvalitet samt kunna bli en lärande organisation präglad av ständig utveckling. Resultaten visar på möjligheter för EAB att öka sin produktionskapacitet genom förändringar i flödet och ombalansering av resurser för en effektivare resurshantering. Arbetet visar även hur förbättringsförslagen kan bidra till ekonomiska besparingar i form av mindre slöserier och en ökad operativ effektivitet. Arbetet avslutas med en diskussion kring implementeringen av dessa förändringar, resultat och metodval, med stegvisa rekommendationer för att uppnå de satta målen om 20 enheter i veckan.

Nyckelord: Lean produktion, värdeflöde, förbättringsarbete, utjämnad produktion, effektivisering.

# Förord

Arbetet är ett examensarbete som omfattar 15 högskolepoäng som en del i programmet Ekonomi och produktionsteknik på Chalmers Tekniska Högskola. Rapporten är skriven under Teknikens Ekonomi och Organisation, på företaget EAB Aktiebolag.

Vi vill passa på att rikta ett stort tack till EAB Aktiebolag och ledningen för förtroendet och att vi fick skriva detta arbete hos er. Vi blev mottagna med öppna armar och kände oss hemma redan från dag ett. Vi har haft möjligheten att träffa en rad olika människor med en rad olika positioner men vad de alla har gemensamt är den familjära EAB-känslan där alla hälsar och hjälps åt vid behov. Arbetet har varit insiktsfullt samt utvecklande och kommer förhoppningsvis väl till hands vid företagets fortsatta expansionsresa.

Vi vill rikta ett särskilt tack till Anton Andersson och Björn Carlsson som har varit med och stöttat oss under arbetets gång med givande diskussioner och svar på frågor. Vi vill även tacka Carl Wänström som har varit handledare och examinator för arbetet. Han har varit till stor hjälp i utformandet av arbetet och kommit med viktiga insikter under arbetets gång.

*Anton Andersson & Felix Vejsholt  
Göteborg Juni 2024*



# Innehållsförteckning

1. Introduktion .....	1
1.1 Bakgrund .....	1
1.2 Samarbetande företag .....	2
1.3 Syfte .....	2
1.4 Avgränsningar .....	2
1.5 Frågeställningar .....	3
2. Teoretisk referensram .....	4
2.1 Lean Production .....	4
2.1.1 Muda Mura Muri .....	5
2.1.2 7+1 slöserier (Muda) .....	5
2.1.3 Kaizen .....	6
2.1.4 Standardiserat arbete .....	7
2.1.5 5S .....	7
2.1.6 Flaskhals .....	8
2.1.7 Tryckande och dragande flöde .....	8
2.1.8 Intern och extern produktion .....	8
2.2 Värdeflödesanalys .....	9
2.2.1 Värdeflödeskarta .....	10
2.2.2 Supermarket .....	11
2.2.3 Säkerhetslager .....	11
2.2.4 Processer .....	11
2.2.5 Beställningspunktsystem .....	12
2.2.6 Batch och batchstorlek .....	12
2.2.7 Little's lag .....	12
2.3 Hawthorne-effekten .....	12
2.4 Tyst och explicit kunskap - organisatoriskt lärande .....	12
2.4.1 SECI-modellen .....	13
3. Metod .....	14
3.1 Ansats .....	14
3.2 Datainsamling .....	14
3.2.1 Litteraturundersökning .....	14
3.2.2 Semistrukturerade intervjuer .....	15
3.2.3 Tidsmätningar .....	15
3.3 Dataanalys .....	16
3.4 Utförande .....	16
3.4.1 Inledande Fas .....	16

3.4.2 Orienteringsfas.....	16
3.4.3 Processkartläggning.....	17
3.4.4 värdeflödesanalys .....	17
3.4.5 Förbättringsförslag och skalbarhetsanalys.....	17
3.5 Etiska överväganden.....	17
3.6 Reliabilitet och validitet .....	17
4. Nulägesbeskrivning .....	19
4.1 Nulägesbeskrivning av processer .....	19
4.2 Nulägesbeskrivning av tider och mellanlager.....	20
4.2.1 Ställtider .....	20
4.2.2 Cykeltider .....	21
4.2.3 Mellanlager.....	21
4.3 Nulägesbeskrivning av takttid .....	22
4.4 Nulägesbeskrivning av värdeflödet i sin helhet.....	22
5. Analys .....	25
5.1 värdeflödesanalys .....	25
5.1.1 Analys av nuläget .....	25
5.1.2 Kartläggning av framtida läge .....	28
5.1.3 Det ideala tillståndet .....	31
5.2 Förbättringsområden .....	33
5.2.1 Förbättring av monterings-stationen.....	33
5.2.2 Förbättring av testnings-stationen.....	35
5.3 Skalbarhetsanalys .....	36
6. Rekommendationer .....	39
6.1 Rekommendationer till nuvarande produktion .....	39
6.2 Rekommendationer för ökad produktionskapacitet.....	40
7. Diskussion .....	41
7.1 Utvärdering av tillämpade metoder .....	41
7.2 Resultatdiskussion .....	41
7.3 Framtida utvecklingsområden och utmaningar .....	43
8. Slutsats .....	44
9. Referenser .....	45
Appendix.....	48

# 1

## Introduktion

I detta avsnitt beskrivs en introduktion till arbetet i stort, med dess syfte, avgränsningar och frågeställningar.

### 1.1 Bakgrund

I en värld som ständigt utvecklas står effektivitet och innovation i huvudfokus. Som en följd av detta har tillverkningsindustrin genomgått flertalet förändringar under åren. En av dessa växande förändringar inom industrin är autonoma lagerrobotar, vilket är ett sätt att både effektivisera yta och samtidigt göra tidsbesparingar på ett kostnadseffektivt sätt.

Det fanns år 2020 ungefär 151 000 lager i världen och försäljningen av logistikrobotar projekterades till att år 2020 vara över 100 000 (Statista, 2022). Den globala marknaden för automation i lager projekterades vara värd 41 miljarder USD år 2027 och med en total omsättning om cirka 27,41 miljarder dollar. Vanligast av framtida investeringar var skyttelrobotar där 49% av tillfrågade "logistik professionals" svarade att de planerar att investera i detta (Statista, 2022). Till följd av en växande marknad, har företaget EAB Aktiebolag skapat ett avancerat autonomt lagerrobotsystem (EAB, u.å.).

Lagerroboten är ett patenterat system av EAB. Denna teknologi använder sig av en automatiserad shuttle för att hämta och leverera pallar inom ett väldigt kompakt pallställsystem, vilket minimerar behovet av utrymme för truckgångar och förbättrar tidsanvändningen i lagerprocesserna. Systemets förmåga att hantera gods på ett snabbt och säkert sätt minskar inte bara operationstiderna utan bidrar även till en minskad risk för skador på både lagerutrustning och varor.

En aspekt som skiljer denna lagerrobot från andra autonoma lagerrobotar är dess anpassningsbarhet. Systemet är designat för att kunna hantera flera olika pallstorlekar, vilket gör det till ett flexibelt system för en mängd olika lagringsbehov. Detta gör att systemet är användbart i många olika miljöer, inklusive kylförvaringsanläggningar, där det fungerar effektivt över ett brett temperaturområde från  $-30^{\circ}\text{C}$  till  $+40^{\circ}\text{C}$  (EAB, u.å.).

Med den sjätte generationens lagerrobot har systemet implementerats i över 2000 installationer globalt. De effektiva robotarna kan hantera vikter upp till 1 800 kg och är kompatibelt med mer än 200 godkända palltyper, vilket visar på dess flexibilitet (EAB, u.å.). Beroende på driftsförhållandena är avkastningen på investeringen vanligtvis 1-2 år, vilket gör det lönsamt i många olika typer av miljöer (EAB, u.å.).

Även i takt med globaliseringens framfart har konkurrensen inom denna industri intensifierats, och som en konsekvens har ökade krav på effektivitet och innovation, blivit avgörande för anpassning och överlevnad (Canadian College For Higher Studies, 2018). För att lyckas med detta har företag över hela världen vänt sig till lean-principer, däribland Nike, Ford och Nissan (Adams, 2022). Lean, som produktionsfilosofi, har sina rötter i Toyotas framgångsrika tillämpning inom bilindustrin med sin början på 1950-talet och har blivit en central strategi för att effektivisera produktion. Lean-principer fungerar som ett ramverk för att eliminera slöseri och förbättra processer (Liker, 2004).

I dagens samhälle utgör autonoma robotar en stor del av den moderna produktionen, särskilt inom lagerhantering och logistik. Dessa robotar, som kan operera självständigt utan mänsklig inblandning, skapar en ytterligare dimension på effektivitet som tidigare inte var möjlig. Robotarna är inte bara programmerbara för att utföra repetitiva uppgifter med hög precision, utan kan även anpassas till olika miljöer och situationer. Dessa faktorer gör dem till ett flexibelt verktyg i lean-produktionsprocessen, genom dess anpassningsförmåga och effektivitet.

Med ökad försäljning och marknadsandelar i en växande marknad, strävar nu EAB efter att effektivisera produktionen och skalningen för att ytterligare stärka sin position och öka sin andel på marknaden.

## 1.2 Samarbetande företag

Examensarbetet skrivs tillsammans med och för EAB aktiebolag, org.nr 556122-0673, med huvudkontor i Smålandstenar, Sverige. I enlighet med företaget har all data anonymiserats och istället för exakta tal och tider har dessa angetts som procentenheter med ett förhållande till verkliga tider. Detta tillvägagångssätt möjliggör en tydlig visualisering av trender och mönster utan att avslöja specifika data.

## 1.3 Syfte

Syftet med examensarbetet är att genomföra en omfattande analys och utvärdering av tillverkningsprocessen för EABs lagerrobotsystem, med målet att identifiera och föreslå förbättringsåtgärder som kan öka effektiviteten, minska ledtiderna och förbättra resursanvändningen.

## 1.4 Avgränsningar

För att säkerställa att examensarbetet blir fokuserbart men även hanterbart är det viktigt att definiera tydliga avgränsningar. En av dessa avgränsningar är att arbetet skall endast fokusera på produktionen av lagerroboten, och inte av några andra produkter (eller tjänster) som tillverkas av EAB. Vidare avgränsas analysen av produktionen endast till EABs huvudkontor och fabrik i Smålandsstenar, det vill säga att andra produktionsanläggningar eller externa aktörer inte inkluderas i arbetet. Arbetet bör även ta hänsyn till befintliga tekniska och ekonomiska begränsningar som finns hos EAB, det vill säga att inte föreslå förbättringar som

innebär orealistiska investeringar som inte kan anses ekonomiskt försvarbara. Slutligen skall arbetet avgränsas till att endast fokusera på befintliga komponenter och arbetsmoment inom produktionen av lagerroboten. Således undersöks det inte om potentiella nya komponenter skulle effektivisera produktionen.

## 1.5 Frågeställningar

De frågeställningar som kommer att undersökas för att uppnå syftet med arbetet är följande:

På vilka sätt kan tillverkningsprocessen av EABs lagerrobot effektiviseras, med fokus på minskning av tids- och resursåtgång samt identifiering av förbättringsområden?

- Vilka åtgärder krävs för att öka EABs produktionskapacitet av lagerroboten till 20 enheter per vecka?

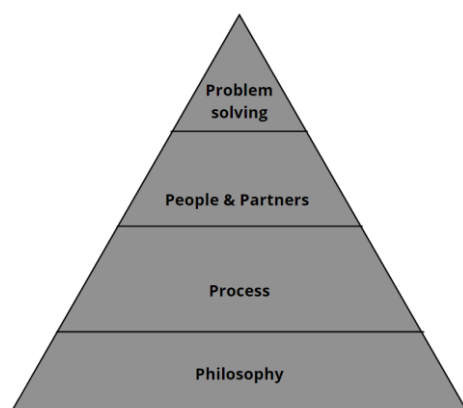
## 2

# Teoretiskt referensram

Denna teoretiska referensram utgör den teoretiska grund som behövs för att skapa en relevant och solid grund för bearbetning, analys och diskussion av de frågeställningar som senare behandlas i studien.

## 2.1 Lean Production

Lean production är en företagsfilosofi grundad ur Toyotas principer för en ständigt mer effektiviserad produktion och bygger på att eliminera slöserier i olika former samt maximera effektiviteten i företagsprocesser (Liker, 2004). Fokus ligger på det långsiktiga perspektivet. Filosofin utvecklades av Toyota men har sedan dess spridit sig till olika branscher och företag. Principerna är hierarkiskt uppdelade inom vad Liker benämner de fyra P:na: Philosophy, Process, People & Partners, Problem Solving.



(Bild 1, Likers uppdelning av de fyra P:na)

Philosophy (Filosofi) är det mest fundamentala och handlar i huvudsak om att bygga upp ett företag på en långsiktig filosofi som går före kortsiktiga finansiella mål. Det finns en grundläggande tro om att det rätta sättet att göra affärer är genom filosofin om att kontinuerligt förbättras och att arbeta i harmoni med omgivningen (Liker, 2004)

Process (Processer) fokuserar på att förstå och förbättra processerna på företaget med fokus på att minimera slöseri (muda), skapa värde för kunden och uppnå bästa möjliga flöde i produktionen. Det inkluderar principer som Just-in-Time (JIT), vilket betyder att material och produkter levereras precis när det behövs för att på så vis effektivisera processen (Liker, 2004).

People & Partners (Människor & Partners) fokuserar på att engagera, motivera och utveckla både anställda och partners, till exempel leverantörer. De tror på att bygga ett starkt team och företagskultur vilket främjar personlig tillväxt, samarbete och ett kontinuerligt lärande. Att

utveckla människor och partners är centralt för att upprätthålla kvalitet och innovation (Liker & Meier, 2005).

Problem Solving (Problemlösning) är det fjärde P:et och betonar en kultur där ständig förbättring (kaizen) och att ständigt hitta rotorsaken till problem är viktigt. Problem ses alltid som en möjlighet till förbättring. För att hitta rotorsaken till problem används bland annat "fem varför-metoden" vilket innebär att ställa sig frågan "varför?" vanligtvis fem gånger men ibland fler gånger för att på så vis komma till den underliggande orsaken. Det fungerar genom att varje "varför" för en närmare till rotorsaken. I rapporten används ett antal av Toyotas andra verktyg och principer vilka beskrivs nedan (Liker & Meier, 2005).

### 2.1.1 Muda Mura Muri

Muda, mura och muri handlar om tre centrala typer av slöserier som företag bör sträva efter att eliminera (Liker & Meier, 2005). Muda betyder slöseri på japanska och det refererar till processer eller aktiviteter som inte tillför något värde ur kundens perspektiv. Toyota identifierar 7+1 typer av slöserier som beskrivs detaljerat under kapitel 2.1.2 7+1 slöserier.

Mura står för ojämnheter inom produktion eller arbetsbelastning. Det kan uppstå genom till exempel ojämn efterfrågan vilket kan leda till att vissa processer eller montörer blir överbelastade medan andra står stilla. Eliminering av Mura refererar därför till att skapa ett jämnt och stabilt arbetsflöde för att maximera effektiviteten. Det minskar även risken för överbelastning, benämnt muri (Liker, 2004).

Muri hänvisar som nämnt till överbelastning. Det är något som kan uppstå genom överarbete bland anställda eller orimliga belastningar av maskiner. Detta kan leda till skador och sjukskrivningar samt leda till maskinhaveri vilket leder till minskad produktion. Genom att eliminera muri skapas en säkrare och mer hållbar arbetsmiljö vilken är en förutsättning för långsiktigt bättre resultat (Liker & Meier, 2005).

### 2.1.2 7+1 slöserier (Muda)

Toyota har identifierat sju slöserier vanligen förekommande inom industrin kallat Muda (Liker & Meier, 2005). Slöserier enligt definitionen att de inte tillför något värde till slutkunden, det vill säga icke värdeskapande aktiviteter inom företaget. Genom att identifiera och eliminera dessa kan organisationer bli mer effektiva i sin produktion. De sju slöserierna är överproduktion, väntan, transport, överarbete, överflödigt lager, onödig rörelse samt kassationer och omarbete.

Överproduktion innebär att det produceras mer än vad som efterfrågas av kunden vilket leder till att överflödigt arbetskraft används för att skapa produkter som ligger på lager och binder upp kapital. (Liker & Meier, 2005).

Väntan uppstår när en operatör tvingas vänta på att föregående process ska färdigställas innan operatören själv kan påbörja sitt arbetsmoment. Det innefattar även att material står stilla i

väntan på bearbetning mellan stationer. Det kan förekomma på grund av flaskhalsar eller andra ojämnheter i produktionen (Liker, 2004).

Transporter innebär förflyttning av material eller information mellan olika platser inom produktionen. Onödiga transporter leder till ökad handpåläggning samt en risk för skador varje gång produkterna bearbetas (Liker, 2004).

Överarbete ökar kostnaderna och förlänger ledtider inom produktion. Överarbete hänvisar till när en produkt bearbetas mer än vad kunden uppskattar. Det innebär mer arbete och en onödigt hög kvalitet vilket slutligen leder till minskad effektivitet (Liker, 2004).

Överflödigt lager binder upp kapital och tar upp plats i lagerhyllorna. Det leder till onödiga transporter och kan leda till förluster i form av inkurans. Överflödigt lager döljer också underliggande problem i produktionen som ojämna produktionsled, leveransförseningar och långa ställtider (Liker, 2004).

Onödig rörelse är både fysiska och mekaniska aktiviteter som inte i sig bidrar till någon värdeökning för slutprodukten. Det kan till exempel vara moment som att plocka upp, lägga ner eller flytta objekt utan att det skapar värde för slutprodukten. Onödiga rörelser kan leda till ökade produktionstider, högre kostnader och en ökad trötthet hos personalen (Liker, 2004).

Det finns en åttonde form av slöseri, vanligen uttryckt outnyttjad kapacitet (Liker & Meier, 2005). Detta slöseri är mer grundläggande men också mer svårämmt. Det handlar om att inte ta tillvara på kompetensen personalen besitter och är en av huvudprinciperna inom lean production. Övriga slöserier går enklare att mäta i produktionen och således enklare förbättra. Taiichi Ohno, frontfigur inom Toyota, menar att överproduktion är den mest fundamentala sortens slöseri då den direkt leder till de övriga slöserierna (Liker, 2004).

### 2.1.3 Kaizen

Kaizen är en japansk term som vanligen används inom företagsledning. Det är en av huvudprinciperna enligt Toyota (Liker, 2004). Kai är japanska för "change" och Zen för "bättre" vilket på svenska ofta översätts till förändring till det bättre. Idén bygger på att det aldrig finns ett bästa tillstånd, och uppmanar således att alltid utmana nuvarande tillstånd. Kaizen involverar vanligen regelbundna möten och diskussioner för att identifiera möjliga förbättringar. Förändringarna kan vara små men bidrar kumulativt till ett ständigt förbättringsarbete. Genom att tillämpa Kaizen strävar organisationer för att skapa en kultur där hela organisationen ständigt utvecklas. Viktigare än de faktiska förbättringarna som individer bidrar med är kulturen runt ständigt lärande som inte bara accepterar förändring utan aktivt omfamnar tanken (Liker, 2004).

#### 2.1.3.1 Kaizenstjärnor

Fokusområden som identifierats inom värdeflödesanalyser brukar kallas kaizenstjärnor. De är de processer som sticker ut, ofta en flaskhals i produktionen. När förändring ska ske är det

kaizenstjärnorna som prioriteras först. Det finns i regel flertalet förbättringsområden i en produktion och kaizenstjärnorna hjälper till att fokusera på de mest kritiska processerna (Chen & Cox, 2012).

#### 2.1.4 Standardiserat arbete

Enligt teorin om Lean är standardiserat arbete en grundförutsättning för kaizen. Teorin menar att förbättringar inte kan göras om det inte finns ett dokumenterat och standardiserat arbetssätt att utgå ifrån.

#### 2.1.5 5S

5s är en central del av Toyotas företagsfilosofi. Det är ett sätt att organisera en arbetsplats och även en viktig hörnsten i arbetet med kaizen. Genom att 5s tillämpas och samtidigt integreras i det vardagliga arbetet, skapas en kultur där ständiga förbättringar främjas och där verksamheten blir alltmer effektiv och mer kapabel att leverera högkvalitativa produkter. De fem s:en följer de fem stegen: Sortera, Systematisera, Städa, Standardisera och Skapa vana. (Liker & Meier, 2005).

Sortera innebär att sortera bort sällan eller aldrig använda objekt från arbetsområdet och bara behålla det som är nödvändigt för arbetsuppgifterna. Syftet är att få en renare arbetsplats genom att onödigt utrustning, verktyg och material plockas bort vilket förenklar arbetsflödet och minskar risken för olyckor. Objekt som används sällan flyttas till särskilda arbetsområden (Liker & Meier, 2005).

Systematisera är det andra steget och innebär att arrangera och systematisera den sorterade arbetsplatsen. Syftet är att minimera tidsåtgången för att hitta och använda verktyg. Exempel på metoder för att systematisera är att visuellt märka upp verktyg efter färgkoder och etiketter (Liker & Meier, 2005).

Städa innebär regelbunden och noggrann rengöring av arbetsplatsen för att återställa den enligt den aktuella standarden. Att städning efterföljs är avgörande för att upprätthålla en säker och hälsosam arbetsmiljö. Regelbunden rengöring fungerar som en besiktning för att lättare identifiera eventuella problem (Liker & Meier, 2005).

Standardisering av de bästa praktikerna enligt de tre stegen sortera, systematisera och städa säkerställer att varje medarbetare följer samma rutiner. Steget stödjer idén om enhetliga processer vilket är lättare att följa och upprätthålla (Liker & Meier, 2005).

Att skapa vana innebär att skapa en kultur av disciplin för att dels upprätthålla de tidigare stegen men också ständigt arbeta med förbättring. Det handlar om att göra 5S till en integrerad del av arbetskulturen. Skapa vana betonar vikten av att följa de bestämda reglerna och rutinerna för organisering och strukturering på arbetsplatsen och att ständigt utveckla dem. Det är vid det sista steget som en kultur skapas där de ständiga förbättringarna främjas.

En vana av att hålla rent ses också som ett sätt att visa respekt till varje individ (Liker & Meier, 2005).

### 2.1.6 Flaskhals

I ett produktionssammanhang refererar flaskhals till den delen av produktionen där produktionen är begränsad och därmed sätter standarden för den resterande del av produktionsflödet. Det finns kortsiktiga och långsiktiga flaskhalsar. Kortsiktiga flaskhalsar är oregelbundna och tillfälliga. Långsiktiga flaskhalsar är regelbundna. När man tillämpar principer inom lean är det viktigt att identifiera flaskhalsar då de är kritiska för att förstå och effektivisera produktionen. En effektivisering vid flaskhalsen leder till direkt ökad produktion. (Goldratt & Cox, 2004)

### 2.1.7 Tryckande och dragande flöde

Ett tryckande flöde, eller push system, är när produktionen drivs av prognoser och scheman snarare än en faktiskt efterfrågan. Det betyder att produkter tillverkas och skickas till nästa produktionssteg eller lager utan direkt efterfrågan. Då prognoser är just prognoser och inte sanningar leder det ofta till överproduktion som hamnar som antingen mellanlager eller i ett färdigvarulager. Det bidrar således till muda vilket man vill undvika (Rother & Shook, 2003).

Vid ett dragande flöde, eller pull system, är produktion istället direkt kopplat till efterfrågan istället för en prognostiserad efterfrågan. Det innebär i kort att man bara producerar det som behövs, när det behövs, i den mängd som behövs. Det bygger på att principen att varje produktionsprocess signalerar till tidigare produktionsprocess vad behovet är. Ett dragande flöde minimerar därför muda i form av överproduktion och vad det för med sig i form av bland annat överflödigt lager. Genom att endast producera det som behövs kan produktionen snabbare anpassa sig till förändringar i efterfrågan (Liker & Meier, 2005).

### 2.1.8 Intern och extern produktion

Produktionsprocesser i ett företag kan delas upp i intern och extern produktion. Intern produktion avser de operationer som utförs inom en specifik avdelning inom en organisation, som är dedikerade till specifika produktionsuppgifter. Exempelvis kan detta innefatta montering, kvalitetstestning och packning av slutprodukter. Denna typ av produktion är ofta karakteriserad av högt specialiserade processer och även utrustning för att kunna hantera produktkrav (Slack & Brandon-Jones, 2019).

Extern produktion är däremot den produktionsaktivitet som sker utanför den specifika avdelningen. Dessa processer kan innefatta underleverantörers arbete, tillverkning av komponenter eller halvfabrikat, och andra former av produktion. Dessa processer stödjer delvis den interna produktionen genom att leverera nödvändiga delar eller halvfabrikat som krävs för att den interna produktionen ska kunna genomföras. (Slack & Brandon-Jones, 2019).

## 2.2 Värdeflödesanalys

Värdeflödeskartläggning är en metod för att visuellt framställa en process med avseende på det fysiska flödet i produktionen från råmaterial till slutkund (Rother & Shook, 2003).

Värdeflödet innefattar alla aktiviteter och processer i ett produktionsflöde. Det består av både värdeskapande och neutrala aktiviteter. De olika processtegen visas ihop med data relaterade till flöde, kvalitet, ledtid och genomloppstid i förhållande till takttid. Ett värdeflöde innefattar både materialflöde och informationsflöde. Materialflödet är materialets väg från råmaterial till slutkund och informationsflödet är vägen information når ut till de olika processerna för att tala om vad som ska tillverkas. En kartläggning av värdeflödet är centralt för att kunna förstå var slöserier uppstår i en produktionskedja och vad som kan förbättras för att minska eller eliminera det (Van Landeghem & Cottyn, 2022).

Genom att börja från slutet och röra sig bakåt genom värdeflödet förstår man kundens perspektiv bättre. Kunden värdesätter inte hur produkten färdas i flödet utan vill veta vart det kommer ifrån. Specifikt om det hämtas från ett mellanlager eller om det kommer direkt från en tidigare bearbetningsprocess. Ur ett värdeflödesperspektiv måste processerna vara stabila och fokus ligger på att leverera det kunden önskar, när kunden önskar och på det mest effektiva sättet möjligt. (Liker & Meier, 2005)

Det finns tre centrala steg inom en värdeflödesanalys: nulägesanalys, idealt tillstånd och framtida läge. När en värdeflödeskarta illustreras ska det göras med papper och penna. Genom att rita med papper och penna kan värdeflödeskartan ritas direkt utan fördröjning samt att den som ritas får en bättre förståelse för material- och informationsflödet. Det riktar även fokus på själva utformandet av värdeflödeskartan istället för hur eventuella programvaror används. När värdeflödeskartan över nuläget är uppritad sammanställs de värdeskapande aktiviteterna och ställs mot den totala ledtiden för att ge en ratio över hur mycket av den totala tiden som är värdeskapande (Rother & Shook, 2003).

Det är viktigt att nulägeskartan, det vill säga grundläget, inte ses som en framtida sanning utan endast som en grund att jobba från (Liker & Meier, 2005). Risken finns annars att åtgärder görs utifrån den gamla layouten, vilket redan görs enligt Kaizen. Den framtida kartan bör tas fram av en grupp högre uppsatta personer som en gemensam åtgärd. Detta för att den verkliga styrkan ligger i att bilda ett gemensamt missnöje över nutida slöserier och samtidigt skapa en gemensam syn på framtida målbild. Den framtida värdeflödeskartan ska ej göras detaljerad utan endast göras övergripande. Det är av vikt att en person med tidigare lean-erfarenheter är med i utformandet för att den besitter en djupare förståelse över vad som har ritats (Liker & Meier, 2005).

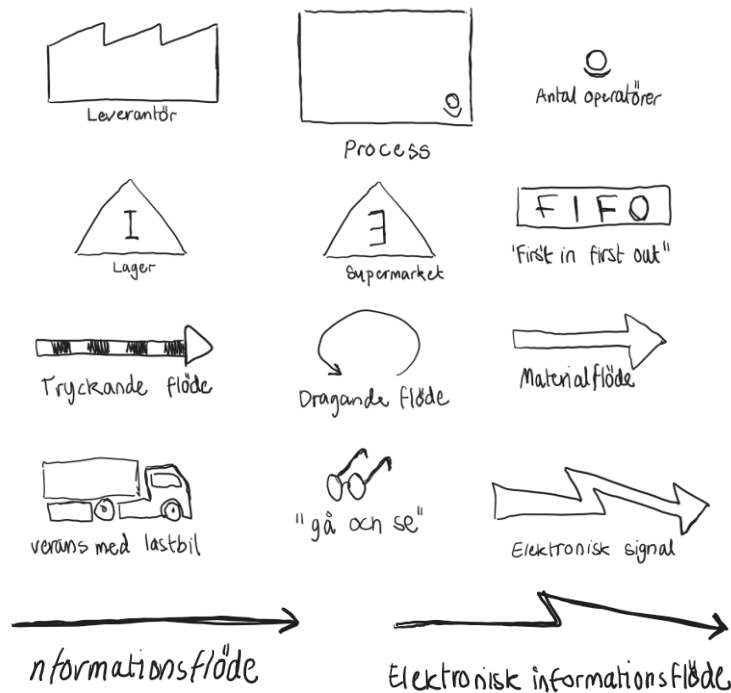
För att framgångsrikt ta fram ett framtida läge finns det åtta huvudpunkter som vanligen används enligt Rother & Shook (2003) bok "Learning to see" i vilken de förklarar stegvis hur värdeflödesanalys görs med framgång:

- 1) Vad är takttiden?

- 2) Kommer slutprodukter hamna i ett färdigvarulager (supermarket) eller produceras produkter direkt till kunden? Det leder eventuellt till att inget färdigvarulager behövs men större vikt vid korta ledtider inom produktionen.
- 3) Var i flödet kan kontinuerligt flöde tillämpas?
- 4) Vart kommer det behövas ett supermarket dragande system för att styra produktionen uppströms?
- 5) Vid vilken enskild punkt i produktionskedjan kommer produktionen schemaläggas? (Förutsätter att nedströms operationer är synkroniserade i behov)
- 6) Hur kommer produktionsmixen att jämnas ut vid den taktgivande processen? Det handlar om att släta ut produktionsvolymen och variationen över en viss period för att minska risken för toppar och dalar, vanligt vid batchproduktion.
- 7) Vilka inkrement kommer användas vid den taktgivande processen? Relaterar till storlek och frekvens av orderna där en balans förespråkas mellan ineffektiva stora order och små order som kan vara för opraktiska.
- 8) Vilka processförbättringar kommer att vara nödvändiga för att värdeflödet ska flöda enligt det framtida läget? Här specificeras stationer som måste ändras i form av exempelvis upptid eller ställtid av en maskin (Rother & Shook, 2003).

### 2.2.1 Värdeflödeskarta

För att förstå en värdeflödesanalys är det viktigt att förstå den data som framställs i värdeflödeskartan. Cykeltid, ställtid och genomloppstid är tre viktiga begrepp inom värdeflödesanalys. Cykeltid hänvisar till den tid det tar för en produkt att genomföra en process (Van Landeghem & Cottyn, 2022). Till exempel kan det vara tiden en produkt befinner sig i en maskin eller den för en montör att montera en produkt. Ställtid avser den tid det tar att förbereda en maskin inför ett produktionsmoment. Till exempel att justera maskininställningar inför en batch. Genomloppstid är den totala tiden det tar för en produkt eller tjänst att gå igenom hela produktionsflödet från början till slut. Det inkluderar således ställtider och cykeltider för alla enskilda operationer. Vidare är takttid ett kritisk tidsmått. Det är den tid som produkter måste produceras för att kunna möta kundens efterfrågan (Bizuneh & Omer, 2024). Takttiden räknas ut genom att dividera tillgänglig produktionstid med kundbehovet. Är produktionstiden för en produkt längre än takttiden betyder det att produkterna kommer att bli försenade. En kortsiktig lösning på detta kan vara att planera in övertid för att öka den tillgängliga produktionstiden. Det finns ett antal vanligt förekommande symboler i en värdeflödeskarta (Rother & Shook, 2003). Dessa är presenterade nedan i bild X. Exempelvis indikerar en triangel ett lager, medan en tjockare randig pil indikerar ett tryckande flöde mellan olika processer.



(Bild 2, Värdeflödeskarta Symboler)

## 2.2.2 Supermarket

Vid operationer där kontinuerligt flöde inte är möjligt kan en så kallad supermarket implementeras. Det avser ett kontrollerat lager som reglerar flödet av material eller produkter i en produktionsprocess. Det kan liknas vid en buffert mellan processer och är användbart då processer förädlar olika produkter, det är ett längre avstånd mellan processer, eller vissa processer har oförutsägbara ledtider. Fysiska tomrum i en supermarket fungerar som en visuell indikation på vilka produkter som det är hög åtgång på och som närmast kommer behöva kompletteras (Rother & Shook, 2003).

## 2.2.3 Säkerhetslager

Säkerhetslager - Används som säkerhet för produktionen i händelse av produktionsstopp eller i form av ett buffertlager. Hjälper till att täcka upp för perioder då efterfrågan överstiger leveransen. Det leder således till minskad risk för lagerbrist, ökad kundtillfredsställelse och fungerar som en buffert under perioder med lagerpåfyllnad. Ett säkerhetslager är en kortsiktig lösning som kan dölja rotorsaken varpå det ska användas med försiktighet (Rother & Shook, 2003).

## 2.2.4 Processer

Processer är specifika aktiviteter eller serier av aktiviteter inom ett företag som utförs i en viss ordning. Varje process är beroende av utfallet av den föregående processen. De är utformade för att skapa värde till slutkunden och bidrar tillsammans till att skapa produkter från

råmaterial. Exempel på processer inom en vanlig tillverkningsindustri är: materialinköp, montering, kvalitetskontroll och förpackning (Rother & Shook, 2003).

### 2.2.5 Beställningspunktsystem

Beställningspunktsystem är en lagerstyrningsmodell som styr när beställning av nya artiklar ska ske och i vilken kvantitet. Systemet är utformat för att säkerställa att det alltid finns tillräckligt med artiklar på lager för att möta efterfrågan under ledtiden. Beställningspunkt räknas ut genom att multiplicera daglig förbrukning med ledtid och därefter addera säkerhetslagret (Eberlein & Freitag, 2023).

### 2.2.6 Batch och batchstorlek

Batch relaterar till en grupp liknande produkter som bearbetas eller produceras samtidigt i en produktionsprocess. Batcher används vanligen när enstycksflöden inte går att hantera. För ett så effektivt flöde som möjligt vill man i regel ha små batchstorlekar. I ett optimalt flöde förespråkas små batchstorlekar, om möjligt enstycksflöde (Rother & Shook, 2003) (Liker & Meier, 2005).

### 2.2.7 Little's lag

Little's lag beskriver sambandet mellan tre grundläggande nyckelfaktorer inom stabila system: det genomsnittliga antalet enheter i systemet ( $L$ ) är lika med den genomsnittliga ankomsthastigheten multiplicerat ( $\lambda$ ) med den genomsnittliga tiden en enhet tillbringar i systemet ( $W$ ). Genom Little's lag kan produktionsflöden bättre förstås utan att detaljerad information av enskilda processer (Pound et al., 2014).

## 2.3 Hawthorne-effekten

Hawthorne-effekten refererar till ett fenomen där människor ändrar sitt beteende på grund av medvetenheten om att de blir observerade. Experimenten undersökte hur arbetarnas arbetstakt ändrades när belysningen förbättras i lokalen. Arbetstakten ökade när belysningen var bättre men det observerades också att den var fortsatt hög efter att belysningen återställdes till det normala. Slutsatsen som drogs var att det inte var fysiska förutsättningarna i sig som påverkade prestationen, utan snarare en medvetenhet om att det blev observerade (McCarney et al., 2007).

## 2.4 Tyst och explicit kunskap - organisatoriskt lärande

Organisatoriskt lärande är ett begrepp som handlar om hur en organisation utvecklar, förvärvar, och överför kunskap inom organisationen. Begreppen "tyst kunskap" och "explicit kunskap" är centrala inom organisatoriskt lärande och de representerar två typer av kunskap som vanligen förekommer inom företaget (Jacobsen & Thorsvik, 2021).

En stor del av lärande som sker på en arbetsplats är i form av tyst kunskap. Det är till stor del kunskap som den enskilde individen utvecklat under tiden. Ofta kan det beskrivas med att man "bara gör saker" för att det fungerar. Det är en kunskap som ofta är svår att sätta ord på

och som individen ibland själv inte uppfattar som en kunskap. Motsatsen till tyst kunskap är explicit kunskap (Jacobsen & Thorsvik, 2021).

Explicit kunskap är kunskap som man kan sätta ord på. Den uttrycks vanligen i skrift och blir till grund för företagets rutiner, procedurer och strukturer. En uppfattning som delas av många är att en stor del i organisatoriskt lärande handlar om att avslöja och artikulera den tysta kunskapen som finns och se till att den blir tillgänglig för flera i organisationen. Det kan ske i form av en externalisering. En externalisering innebär att den tysta kunskapen görs tillgänglig för andra genom att den artikuleras, vanligen i skrift, och således blir till explicit kunskap (Jacobsen & Thorsvik, 2021).

Internalisering är ett begrepp relaterar till hur den explicita kunskapen anammas för varje individ som omvandlar det till sin egen tysta kunskap. Lyckas man ta tillvara på dessa former av lärande skapas en inläringsspiral vilken leder till kontinuerligt lärande inom organisationen (Jacobsen & Thorsvik, 2021).

#### 2.4.1 SECI-modellen

SECI-modellen är en teori om kunskapsomvandling som har utvecklats av Nonaka & Takeuchi, (1995). Den fokuserar på hur just tyst och explicit kunskap omvandlas och överförs inom organisationer för att skapa ny kunskap. Modellen består av de fyra olika tidigare nämnda processerna, som bildar en cykel:

**Socialisering** (från tyst till tyst): Socialiseringen innebär överföring av tyst kunskap genom direkt interaktion. Detta sker vid gemensamma arbetsytor där arbetsätt omedvetet adopteras genom observation och efterliknande (Jacobsen & Thorsvik, 2021).

**Externalisering** (från tyst till explicit): Här omvandlas tyst kunskap till explicit. Omvandlas genom dialoger och reflektioner där personliga insikter och lärdomar formuleras i ord eller skrift och som kan delas med andra (Jacobsen & Thorsvik, 2021).

**Kombination** (från explicit till explicit): Under denna process samlas, kombineras och systematiseras olika former av explicit kunskap. Det leder till ny, mer omfattande och användbar kunskap. Detta kan ta form av dokument, rapporter eller databaser (Jacobsen & Thorsvik, 2021).

**Internalisering** (från explicit till tyst): Det sista steget innebär att explicit kunskap praktiskt tillämpas och därmed internaliseras. Den explicita kunskapen omvandlas till tyst kunskap när individen absorberar och anammar kunskapen till sin egen (Jacobsen & Thorsvik, 2021).

# 3

## Metod

Metodkapitlet visar hur detta arbete har utfört datainsamlingar, analyser och tolkningar av resultat i studien. Denna del ger läsaren en detaljerad beskrivning av de använda metoderna och processerna, för att läsaren ska kunna tolka och förstå arbetet.

### 3.1 Ansats

I denna rapport har en case-studie antagits för att grundligt utvärdera och förbättra tillverkningsprocessen för just lagerrobotproduktionen. Vid en case-studie observeras några få fall mer på djupet inom området som analyseras (Range & Lillian M., 2023). Ansatsen valdes med en avsikt att tillhandahålla en objektiv och mätbar bedömning av systemets nuvarande prestanda och samtidigt identifiera möjliga effektiviseringar inom den existerande tillverkningsprocessen.

Valet av en case-studie stöds av flera faktorer som är kopplade till arbetets syfte och frågeställningar. Först och främst tillåter den att mäta och analysera data på ett sätt som ger konkreta svar på hur tillverkningsprocessen för lagerroboten kan effektiviseras (Range & Lillian M., 2023). Genom att använda olika metoder kan även tider som är relaterade till tillverkningsprocessen både mätas och analyseras, såsom cykeltider, ställtider och genomloppstider.

### 3.2 Datainsamling

Datainsamlingen för studien om effektiviseringen av lagerrobotens produktion har utförts genom att använda en rad olika insamlingstekniker. Detta är för att kunna få en bredare förståelse inom området, samtidigt som mätbar data tillhandahålls.

#### 3.2.1 Litteraturundersökning

Litteraturundersökningen genomfördes genom att identifiera och analysera vetenskapliga artiklar, branschrapporter och böcker inriktade mot främst Lean Production, autonoma lagerrobotar, värdeflödesanalys och kaizen-principer. Sökningarna utfördes i kända databaser som Google Scholar och Chalmers Bibliotek, med fokus på peer-reviewed material och relevanta industriella case-studier. För att enklare sortera material från de olika databaserna användes söksträngar (Tran et al., 2024). Användningen av söksträngar är en metod där relevanta nyckelord sätts inom citattecken vid en databassökning för att sortera bland de tusentals artiklar, rapporter och case-studier som finns tillgängliga. Exempel på söksträngar som användes var: "VSM", "Lean Production", "Method", "Dissertation", "Production engineering".

Arbetet granskade även företagets egna dokumentation relaterat till lagerroboten för att få en mer djupgående förståelse av produkten och dess produktion. Denna noggranna litteraturundersökning har varit grundläggande för att skapa en robust teoretisk bas och för utvecklingen av förbättringsförslag.

Datan som har hämtats från litteraturkällor som Google Scholar samt Chalmers bibliotek har varit vetenskapliga källor som är peer-reviewed och kan därför till största del beaktas som trovärdiga källor. Det tas dock hänsyn till att vissa böcker och rapporter fortfarande kan vara vinklade till syftets fördel och därför bör tolkas i enlighet med det. Lean har dock etablerat sig väl och används över företag globalt, inte minst av industrier. Detta stärker trovärdigheten till den teori som grundar sig i Lean. Information från företagets egna hemsida analyseras särskilt med detta i beaktande, då denna information främst är skriven i ett säljande syfte.

### 3.2.2 Semistrukturerade intervjuer

I fabriken genomfördes intervjuer vid produktionsprocesser som var relaterade till lagerroboten. Metoden för intervjuerna var i form av semistrukturerade intervjuer. Det är en form av upplägg av en intervju där det finns viss struktur och förberedelse, men även en öppenhet för intervjupersonen att diskutera fritt (O'Gorman & MacIntosh, 2015). Inför stundande intervjuer var därav de redan kända punkterna antecknade. Under intervjuens gång tilläts sedan en mer öppen diskussion. Detta ledde till att information som inte var tidigare känd förmedlades genom intressanta diskussioner och tankar.

Genom dessa intervjuer skapades en djupare förståelse för potentiella hinder som kunde uppstå vid omstrukturering av produktionsflödet. Intervjuerna gav också insikt i de utmaningar som medarbetarna stötte på vid olika processer och bidrog till en ökad förståelse för den komplexitet som finns i produktionen. Denna insikt utgjorde en väsentlig grund för hur förbättringsförslagen formulerades och stödde utvecklingen av strategier för att effektivisera och förbättra produktionsprocesserna.

### 3.2.3 Tidsmätningar

En stor del av den kvantitativa datainsamlingen utgjordes av tidsmätningar. Genom noggranna mätningar som dokumenterades kunde cykeltider och ställtider mätas på ett effektivt sätt. Dessa mätningar möjliggör att på ett effektivt sätt identifiera potentiella flaskhalsar i produktionen. Mätningarna utgjorde även den data som ligger till grund för den huvudsakliga analysen av produktionsflödet, vilket skapade en grund för att analysera förbättringsförslag och på så sätt även effektivisera produktionen.

Samtliga tidsmätningar genomfördes med digitalt stoppur, och dokumenterades för varje enskild station. På varje station mättes både cykeltider och ställtider under två till tre olika tillfällen vilket enligt Bryman et al. (2021) stärker reliabiliteten då samma testresultat påvisas vara stabilt över tid. Därtill togs medelvärdet av de olika mätvärdena för att skapa ett mer rättvisande värde, för respektive tidmätning.

### 3.3 Dataanalys

Vid intervjuer ute i produktionen riskerar information att förvrängas. Till exempel berättar Jacobsen & Thorsvik (2021) om hur personlig vinkling kan spela in vid vad som återberättas och små problem kan målas upp som större än vad de ibland är. Vid de tidsmätningar som gjorts har operatörerna varit medvetna om detta vilket tas i beaktande då personer som vet om att de är under uppsyn tenderar att arbeta snabbare. Detta kan beskrivas enligt Hawthorne-effekten, där forskare kollade på hur olika arbetsförhållanden kunde öka effektiviteten. Det visade sig att enbart det faktum att de övervakas bidrog till en högre produktivitet (McCarney et al., 2007). Detta togs därför i beaktning under de tidsmätningar som genomfördes.

### 3.4 Utförande

Utförandet av arbetet beskriver hur arbetet praktiskt utfördes, från inledande fas till förbättringsförslag och skalbarhetsutvärdering, i syfte att läsaren ska få en uppfattning om hur arbetet utfördes.

#### 3.4.1 Inledande Fas

Arbetet inleddes med ett uppstartsmöte med handledarna och HR-chefen på EAB. Syftet med mötet var att få en introduktion av EAB som företag. Därefter presenterades lagerinredningsdelen med fokus på främst lagerroboten. Detta möte fungerade som en grund för att förstå den specifika roll som lagerroboten spelar i företagets sortiment och vision. Det skapades en uppfattning för produktionens storlek och kapacitet samt vilka ökade produktionsmöjligheter som var önskade för att tillgodose det ökade behovet av lagerinredning.

Vidare presenterades tidigare case där lagerroboten varit en framgångsrik investering. Det var exempel från hela världen och i olika miljöer som till exempel fryslager vilket ytterligare tydliggjorde produktens funktion och anpassningsbarhet. Genom detta kunde en djupare förståelse skapas vilket hjälper analysarbetet.

#### 3.4.2 Orienteringsfas

När introduktionen och den grundläggande informationen för produkten var känd inleddes orienteringsfasen ute i produktionen. Det innebar en genomgång av produktionsflödet från råmaterial till utleverans av färdiga produkter. Det genomfördes en översiktlig genomgång av de processer som skedde utanför lagerrobotproduktionen. Väl inne i lagerrobotproduktionen genomfördes en mer grundlig orientering för att bekanta sig med de olika processer som senare eventuellt skulle studeras ytterligare. Det visade sig att processerna utanför lagerrobotproduktionen hanterade mycket av företagets andra artiklar. De olika delarna av den externa produktionen var laserskärning, försänkning, bockning, svetsning, blästring och lackering.

### 3.4.3 Processkartläggning

Efter orienteringsfasen påbörjades en detaljerad processkartläggning. Varje steg i tillverkningsprocessen av lagerroboten analyserades noggrant genom visuella studier. Det undersöktes alltifrån initial beställning till färdig produkt. Syftet var att dokumentera och samtidigt förstå processerna mer i detalj. Vid processkartläggningen räknades även mellanlagerna som fanns mellan varje process. Cykeltider och ställtider undersöktes vid ett senare skede.

### 3.4.4 Värdeflödesanalys

Med den grundliga processkartläggningen färdigställd kunde sedan värdeflödesanalysen påbörjas. Eftersom förarbetet med processkartläggningen var noggrant gjort kunde flödet enkelt illustreras. Återigen analyserades de olika processerna men nu med fokus på vänte-, ställ- och cykeltider. Tiderna uppmättes vid flera tillfällen och av två personer för att skapa ett rättvisande medelvärde och minska risken för att engångshändelser skulle spela in. Det hämtades även viss data från operatörer och förmän. Med de olika tiderna insamlade kunde värdeflödeskartan färdigställas. För att visualisera värdeflödeskartan användes Visio Professional 2021. Flaskhalsar och ineffektiviteter blev nu mer visualiserade och de områden med mest förbättringspotential markerades med kaizenstjärnor.

### 3.4.5 Förbättringsförslag och skalbarhetsanalys

Med kaizenstjärnor markerade kunde de identifierade områdena djupare analyseras. Det togs fram förbättringsförslag efter vad som sågs som rimliga förbättringar med avseende på tillgängliga resurser och produktionsyta. Fokus lades främst på att minska ledtider genom effektivisering samt minskning av olika slöserier. Som en del av analysen kring förbättringsförslag genomfördes semistrukturerade intervjuer där montörerna beskrev problem de upplevde vid monteringsstationen.

Det gjordes även en skalbarhetsutvärdering med målet att undersöka vad som krävs för att öka till 20 maskiner i veckan. Utvärderingen tog hänsyn till tillgängliga resurser och lagerkapacitet och baserades på både tidsstudier och insikter från intervjuer med personalen. Slutligen sammanställdes både förbättringsförslagen och skalbarhetsutvärderingen och presenterades för ledningen.

## 3.5 Etiska överväganden

Med anledning av att rapportens primära fokus är produktionsflödet, har all persondata anonymiserats. För att upprätthålla etiska standarder, har även de semi-strukturerade intervjuerna som genomförts gjorts i samtycke med operatörer. Vidare har mätningar och intervjuer genomförts med syfte att inte störa den normala arbetsprocessen.

## 3.6 Reliabilitet och validitet

Validitet och reliabilitet är två centrala begrepp inom forskningsmetodik som är relevanta för att bedöma kvaliteten och tolka dess resultat på rätt sätt (Hallin, 2015). Reliabilitet avser

graden av precision på slutsatserna som tas. Det kan till exempel förklaras med att ett test ska kunna utföras flera gånger men ändå ge ett likvärdigt resultat. Inkonsekventa resultat tyder på att testerna ej är av hög reliabilitet. Detta sänker värdet av de slutsatser som dragits då faktan de bygger på ej är konsekvent eller rentav falsk. Även fluktuationer bland testresultaten kan uppstå när exempelvis två olika personer använder samma testverktyg. Standardiseringar av tester motverkar fluktuationer (Fitzner, 2007). Synen på vad reliabilitet är beror på relationen till arbetet, ofta har därav den potentiella läsaren och forskaren olika syn på reliabilitet och hur det styrks.

För att stärka reliabiliteten i arbetet har flera åtgärder vidtagits. Vid mätningarna gjorda ute i produktionen har tidtagningar gjorts vid olika tillfällen. Resultatet av likvärdiga tider tyder på att tiderna är konsekventa. Vidare när intervjuer genomförs är det fördelaktigt att ha minst två personer närvarande som för anteckningar (Patel & Davidson, 2019). Genom att två olika perspektiv och uppfattningar bildas kan anteckningarna jämföras mot varandra för att kontrollera det som styrks hos båda parter. Vid de intervjuer som har genomförts i produktionen har därför alltid två personer varit närvarande som båda fört egna anteckningar för att öka reliabiliteten. Frågorna som ställts är framtagna genom dialog mellan två personer med kunskap inom produktionsutveckling vilket ökar reliabiliteten då frågorna blir mer genomarbetade och risken minskar för att felaktig data inhämtas (Patel & Davidson, 2019).

När det kommer till validitet refererar begreppet till graden av noggrannhet och att träffa rätt med det som ska mätas (Fitzner, 2007). Ett påstående om validitet behöver specificera vilken typ av validitet som avses. Detta eftersom det finns olika former och perspektiv gällande vad som anses korrekt. I vetenskapliga sammanhang lyfts ofta sju centrala typer av validitet fram: ytvaliditet, innehållsvaliditet, kriterievaliditet, konstruktvaliditet, samtidig validitet, extern- och intern validitet (Fitzner, 2007). De som blir centrala typer av validitet i detta arbete är ytvaliditet och innehållsvaliditet.

Ytvaliditet är ett subjektivt omdöme om den uppenbara lämpligheten hos ett mätverktyg eller en fråga. Det är en bedömning av om ett test ser ut att mäta det testet påstår mäta på ytan. Ytvaliditet är ofta det första steget för att avgöra validiteten hos ett mätinstrument och är baserat på en huvudsakligen intuitiv bedömning snarare än genom en mängd kriterier (Fitzner, 2007). I arbetet har ytvaliditeten stärkts främst genom noggrann eftertänksamhet i de intervjufrågor som har tagits fram till de semistrukturerade intervjuerna.

Innehållsvaliditet granskar om mätinstrumentet täcker alla relevanta delar av det koncept det avser mäta. Det säkerställer att testet är representativt för alla aspekter av det givna begreppet eller beteendet. Det uppnås genom en noggrann granskning av experter inom det specifika området som mäts för att bedöma om frågorna helt och hållet representerar vad som är tänkt (Fitzner, 2007). För att stärka innehållsvaliditeten inför problemformuleringar har diskussioner med experter inom området Lean production hållits.

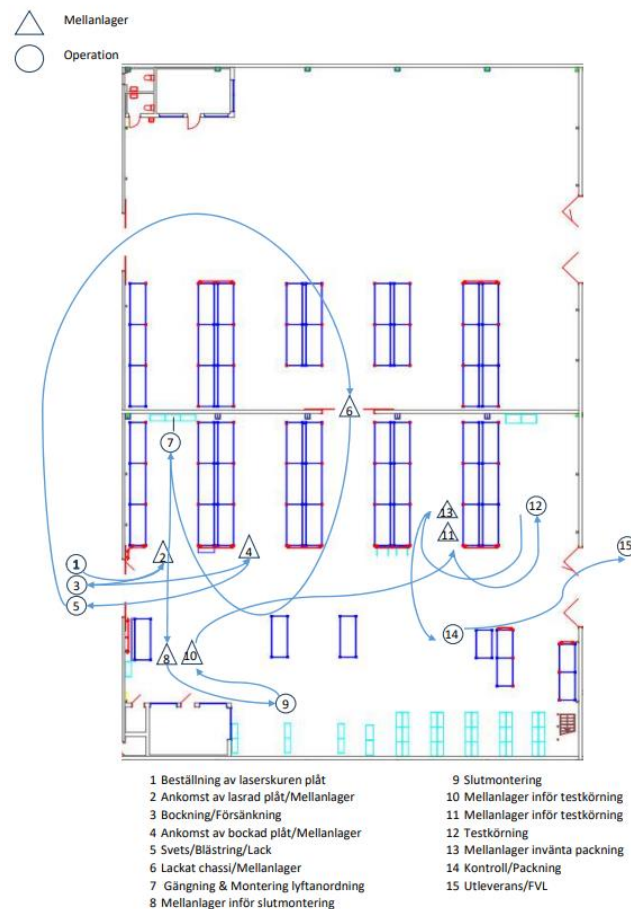
# 4

## Nulägesbeskrivning

Nulägesbeskrivningen presenterar en grundlig genomgång av det aktuella tillståndet för produktionen av lagerroboten. Detta kapitel utgör basen i det huvudsakliga arbetet, att identifiera förbättringsområden och effektiviseringsmöjligheter.

### 4.1 Nulägesbeskrivning av processer

Som ett första steg i att kunna förstå nuläget av produktionen är en nulägesbeskrivning av befintliga processer ett viktigt steg för att se hur produkten rör sig. Processkartläggningen tydliggör varje steg i produktionsprocessen och de mellanlager som produkten passerar genom, vilket ger en överblick över flödet och möjliggör identifiering av potentiella effektivitetsförbättringar och optimeringar i tillverkningsprocessen. Processerna redovisas i form av ett spagettidiagram, se bild 3 nedan, vilket är ett känt verktyg för att visualisera hur en produkt och operatörer rör sig i produktionen (Weber, 2023).



(Bild 3, spagettidiagram över processer)

Processen inleds med beställning av laserskuren plåt i form av tre olika detaljer. Framsida, baksida samt hub (1), som vid ankomst (2) lagras i ett mellanlager innan den genomgår försänkning och bockning (3). Efter denna operation transporteras den bearbetade plåten till ett nytt mellanlager (4), varefter den fortsätter till svetsning, blästring och lackering (5). Dessa ovanstående processer utförs av andra enheter av produktionen, som är i samma fabrik men vid andra avdelningar.

Efter dessa moment sker resterande processer i tillverkningen av lagerroboten i samma lokaler som specifikt tilldelats för produktion av lagerroboten. Det lackade chassit placeras i ett mellanlager (6) innan gängning och montering av lyftanordningen sker (7). Efter denna montering flyttas produkten till ett mellanlager inför slutmonteringen (8), där alla komponenter sammanfogas till den färdiga produkten (9). Det finns i nuläget tre stycken monteringsstationer, där genomsnittligen en monteringsstation används.

Därefter passerar produkten genom två ytterligare mellanlager (10 och 11) inför testkörningen (12) som har syftet att säkerställa att allt fungerar som det ska. Efter godkänd testkörning flyttas produkten till ett mellanlager i väntan på packning (13), varefter den genomgår en slutlig kontroll och packning (14) innan den slutligen är redo för utleverans och ställs i färdigvarulager (15).

## 4.2 Nulägesbeskrivning av tider och mellanlager

Nulägesbeskrivning av tider och mellanlager ger en inblick i hur effektiv produktionen är för närvarande. Det hjälper till att identifiera flaskhalsar genom att de tidsmässigt utstickande processerna synliggörs. Med tiderna identifierade kan den faktiska kapaciteten räknas fram och jämföras med den teoretiska kapaciteten. Skiljer sig den faktiska kapaciteten mycket med den teoretiska kan det tyda på att det finns förbättringar att göra. Tiderna redovisas enbart med ett medelvärde som är baserat på 2-3 olika tidsmätningar under separata tillfällen.

### 4.2.1 Ställtider

De uppmätta ställtiderna för varje process redovisas i tabellform nedan. Dessa tider är i förhållande till cykeltiderna väldigt små, där många ställtider även är icke-existentiella. Detta är ett resultat av att många av processerna (inkluderande gängning och montering av lyftanordning, montering och kontroll & packning) är ägnade endast till produktionen av lagerrobotar, vilket gör att dessa processer inte behöver ställa om någonting.

<i>Beskrivning av process</i>	<i>Ställtid (procentenheter)</i>
Laserskärning	1%
Försänkning och bockning	6%
Svetsning, blästring och lackering	2%
Gängning och montering av lyftanordning	0%

Montering	0%
Testning av maskin	5%
Kontroll och packning	0%

(Tabell 1, beskrivning av ställtider)

Den process som utgör högst ställtid är försäkring och bockning, vilket är på grund av att maskinerna och verktygen måste ställas om manuellt till rätt dimensioner.

#### 4.2.2 Cykeltider

Även cykeltiderna för respektive process redovisas i tabellform nedan. Dessa tider varierar mer mellan de olika processerna, och utgör en betydligt större del av den totala produktionstiden, till skillnad från ställtiderna.

<i>Beskrivning av process</i>	<i>Cykeltid (procentenheter)</i>
Laserskärning	16%
Försänkning och bockning	9%
Svetsning, blästring och lackering	59%
Gängning och montering av lyftanordning	45%
Montering	300%
Testning av maskin	61%
Kontroll och packning	75%

(Tabell 2, beskrivning av cykeltider)

Den största cykeltiden är vid monteringen, vilket är den mest omfattande processen i produktionen. Här monteras alla system, vilket är ett komplext och tidskrävande arbete. Monteringen är helt avgörande för produktens funktionalitet, och det är därför viktigt att alla steg går rätt till. Det är också därför processen har längst cykeltid, då arbetet utförs med syftet att det ska bli helt rätt från början.

#### 4.2.3 Mellanlager

De nuvarande mellanlagerna som finns utgör en viktig del i den nuvarande produktionen då mycket av processerna görs efter uppskattningar. Dessa lager används för att lagra halvfabrikat innan de går vidare till nästa process i produktionen. Nedan redovisas de nuvarande mellanlagerna i tabellform, för att ge en uppfattning om den nuvarande situationen.

<i>Beskrivning av mellanlager</i>	<i>Storlek (stycken)</i>
Plåt	250 st
Lasrad plåt	60 st
Bockad plåt	120 st
Lackat chassi	33 st
Gängade chassin	10 st
Monterade produkter (mellanlager 1)	4 st
Monterade produkter (mellanlager 2)	8 st
Testkörda produkter	2 st
Färdigvarulager	21 st

(Tabell 3, beskrivning av mellanlager)

Antalet artiklar är som störst i början av tillverkningen. Efterhand som materialet går igenom flera processer, minskar i regel antalet i mellanlagererna successivt. Detta visar vidare på att produktionen till största dels styrs av uppskattningar, då tidigare mellanlager blir avgörande i produktionsprocessen.

### 4.3 Nulägesbeskrivning av taktid

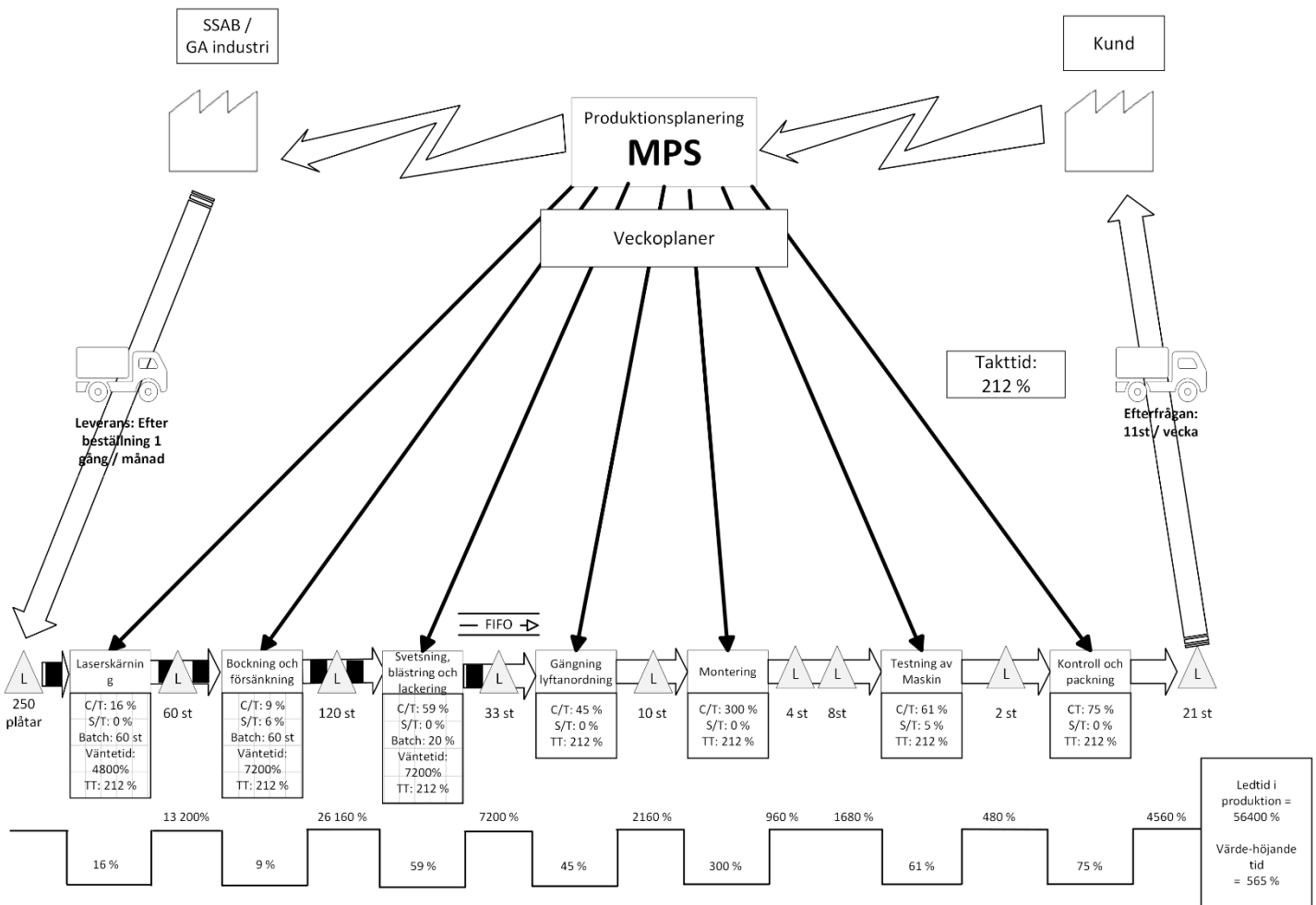
Produktionen är igång under dagtid och står i stort sett helt still under raster. Detta resulterar i att personalen jobbar under totalt X timmar och X minuter under en normal arbetsvecka som motsvarar 2335 procentenheter.

Sammanställd statistik från säljavdelningen visar att efterfrågan är ungefär elva lagerrobotar i veckan. Genom att dividera den totala tiden produktionen är igång med den totala efterfrågan visade sig taktiden vara 212 procentenheter. I nuläget mäktar inte produktionen med detta på ordinarie arbetstiden då den högsta cykeltiden överstiger taktiden. Detta resulterar i att det förekommer övertid i perioder under året.

### 4.4 Nulägesbeskrivning av värdeflödet i sin helhet

Värdeflödet kan beskrivas med hjälp av tidigare information om processer, tider, mellanlager samt taktid. I nuläget skickas veckoplaner från produktionsplaneringen ut till varje station veckovis. Det första steget i värdeflödet är beställningen av plåt, vilket är en viktig del för den första bearbetningsstationen. Processen fortsätter genom flera steg där varje steg har specifika tider för cykeltid (C/T), ställtider (S/T) och taktid (TT) som är avgörande för flödet genom produktionen. De processer som tillhör den externa produktionen även en väntetid som är den

tid produkterna står i kö för att processas. Dessutom har även dessa processer en batchstorlek. Alla dessa tider är sammanställda i värdeflödeskartan nedan, se bild 4.



(Bild 4, värdeflödet av produktionen för lagerroboten)

De processer som tillhör den externa produktionen har ett tryckande flöde. Produktionen övergår sedan till ett dragande flöde, där processer görs allteftersom föregående process är utförd. Det skapas däremot fortfarande mindre mellanlager mellan dessa processer på grund av olika cykeltider och en ojämn arbetsbelastning.

I lagerrobotproduktionen, det vill säga den interna produktionen, är det sex operatörer som arbetar heltid. Dessa operatörer är fördelade mellan de olika stationerna ojämnt, där operatörerna förflyttar sig efter behov till de olika stationerna.

Med avseende på hela värdeflödet, från beställning av plåt till den slutgiltiga kontrollen och packningen, är den totala ledtiden 56400% med en total värdehöjningstid 565%. Detta visar den totala tiden det tar för en produkt att gå igenom hela produktionsprocessen, hela vägen från råmaterial till den färdiga produkten redo för leverans till kunden.



# 5

## Analys

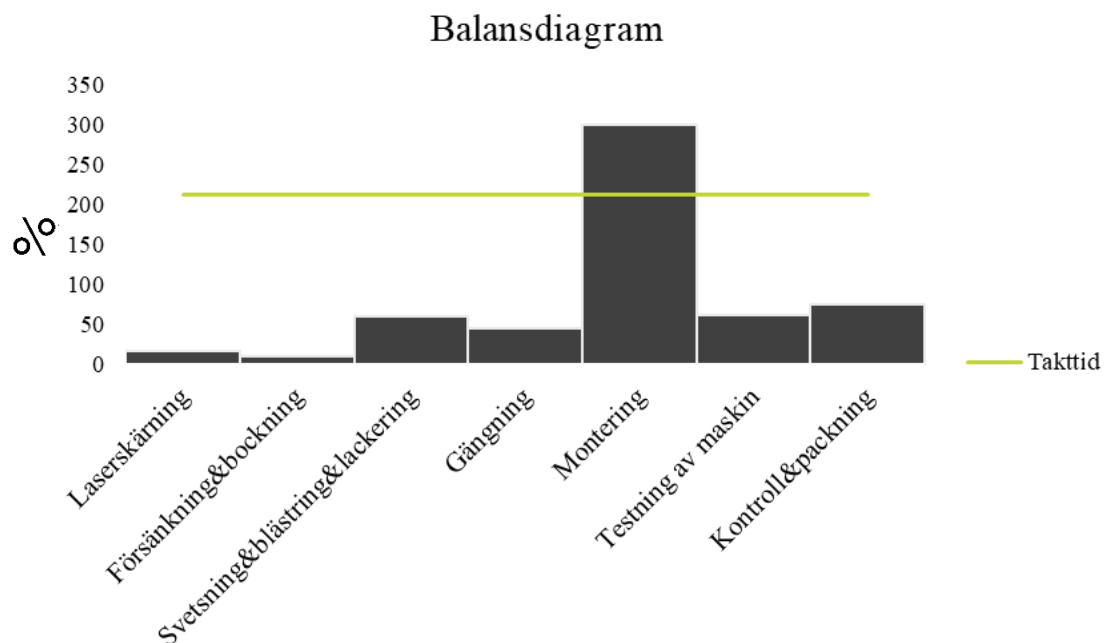
I detta kapitel genomförs grundliga analyser av lagerrobotproduktionens effektivitet i dess nuvarande tillstånd och även framtida tillstånd, med särskild uppmärksamhet på värdeflödesanalys och fokus på utmärkta förbättringsområden.

### 5.1 Värdeflödesanalys

Värdeflödesanalysen blir den mest omfattande analysen av lagerrobotproduktionen, och visar hur produktionsprocessen och dess flöde kan förbättras, för att identifiera och minska olika typer av slöserier, öka effektiviteten och förbättra värdeskapandet.

#### 5.1.1 Analys av nuläget

I takt med att marknaden växer och EAB tar allt större marknadsandelar kommer efterfrågan öka varpå effektivitet blir allt viktigare. Det faktum att lagerrobotproduktionen i nuläget inte klarar av att producera efter det behov som finns under sin ordinarie arbetstid är ett direkt resultat av en ojämn arbetsbelastning där den högsta cykeltiden överstiger takttiden. Detta tydliggörs i balansdiagrammet nedan, se bild 5, som visar de olika cykeltiderna för respektive process ställt mot takttiden som måste hållas för att klara av efterfrågan (Rother & Shook, 2003).



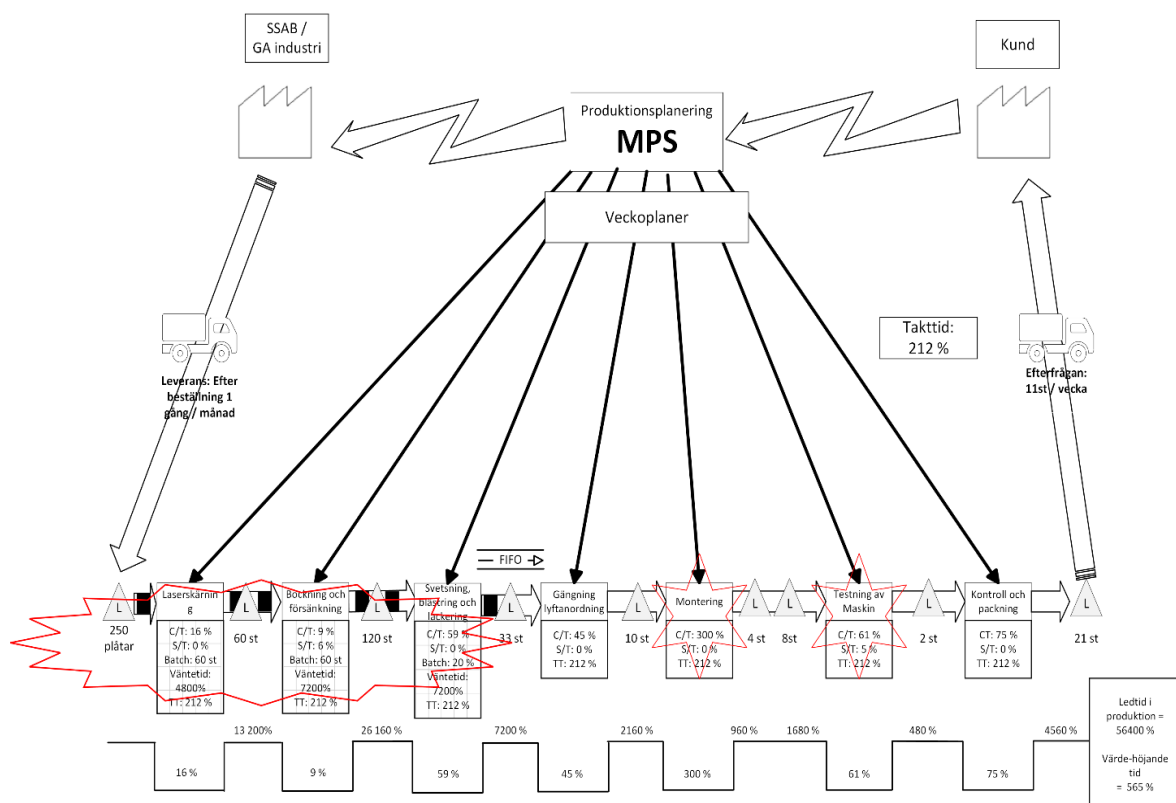
(Bild 5, balansdiagram över nulägesproduktion)

I diagrammet synliggörs det att monteringen utgör den överlägset högsta cykeltiden. Det är dock viktigt att notera att diagrammet är gjort efter premissen att en lagerrobot monteras av en montör åt gången. Det finns tre monteringsstationer i nuläget där montörer kan arbeta

parallellt. Dessa används dock ojämnt och kan variera mellan alltifrån att ingen station används till att alla tre används. Därav analyseras det som att en operatör arbetar heltid vid denna station, då det är den genomsnittliga arbetstiden som utförs. Detta stöds även av att det förekommer övertid i produktionen, vilket visar på att takttiden inte uppnås.

Med avseende på dessa nuvarande stationer och balansdiagrammet finns det därav flera förbättringsområden. Som tidigare nämnt utmärker stationen för monteringen sig i en märkbart högre cykeltid än vid resterande processer vilket blir visuellt tydligt via balansdiagrammet ovan. Det är tydligt att stationen har störst utvecklingspotential och markeras därav med den en kaizenstjärna (Chen & Cox, 2012), som illustrerar ett område för förbättring och är illustrerad i bild 6.

Vidare önskade ledningen för lagerroboten själva en förbättring av processen för testningen av robotarna. Det framkommer av ledningen att de vill se en effektivisering av teststationen då det snabbare kan frigöra en montör till att arbeta vid en annan station och därav förbättra produktionstiden. Alternativt kan denne jobba med förmontering av komponenter inför en av stationerna. För att tillgodose företagets önskan markeras därför även testningen av maskin som ett av förbättringsområdena, se bild 6.



(Bild 6, värdeflöde med kaizenstjärnor och förbättringsområden)

Även med avseende på flödet finns det flera förbättringsområden. Detta kan framförallt ses genom den höga ledtiden i förhållande till den värdehöjande tiden (Rother & Shook, 2003). I inledningen av lagerrobotproduktionen sker tillverkningen av chassit. Som beskrivet i kapitel

4: nulägesbeskrivningen, initieras tillverkningen genom en beställning från produktionschefen på lagerrobotavdelningen, i form av en produktionsorder till lasern. Därefter sker försänkning och bockning för att slutligen svetsas, blåstras och lackas. Mellan de olika produktionsstegen sker transporter av detaljer in och ut genom lagerrobotavdelningen, vilket kan ses i spagettidiagrammet i bild 3. Här sker en minimal handpåläggning, dels i form av att produktionschefen skriver ut nya produktionsordrar inför nästa process men även en enklare ankomstkontroll av komponenterna. Mellan flera av processerna lagerhålls detaljerna inne på lagerrobotavdelningen, vilket skapar en överflödigt rörelse av materialet som enligt de 7+1 slöserierna ses som ett icke-värdeskapande moment (Liker, 2004). Dessa processer kan ses inringade i bild 6 ovan.

Denna överflödiga rörelse var redan vid rundvandringen av produktionen något som identifierades väldigt snabbt, samtidigt som den likaså är välkänd av företaget. Produktionschefen har även själv uttryckt en önskad förbättring i denna del av tillverkningsprocessen. Problemen i flödet visar sig dels i de onödiga rörelserna som sker men även i den kapitalbindning som byggs upp i de olika mellanlagerna genom flödet (Liker & Meier, 2005).

För att undvika denna rörelse kan den minimala handpåläggningen med fördel skötas av respektive operatör. Detta kompletterat med att produktionschefen i sin tur lägger in produktionsordrar för alla processer direkt kan leda till en stor förbättring i layouten. Med dessa ändringar gjorda kan chassi tillverkas helt utan att något halvfabrikat lagerhålls i lagerrobotproduktionen. Detta leder till en minskad kapitalbindning av halvfabrikat på lagerrobotlagret och att chassit får en tillverkningsprocess som sker från råmaterial till lackat chassi utan onödiga transporter inom produktionen.

Dessutom skiftar idag kvantiteterna som bearbetas mellan de olika stegen. I nuläget beställs cirka 60 chassin åt gången från laserskärningen. Det är dock först vid svetsningen som kvantiteterna minskar till de antal som är beräknade att slutmonteras och levereras under den närmaste tiden. Resterande chassin lagerhålls som tidigare nämnt i mellanlager. Att tillverka chassin direkt från råmaterial till färdigt chassi utan att detaljerna går via lagerrobotproduktionen betyder således att produktionschefen kan beställa mindre kvantiteter efter vad som behövs mer i närtid, för att undvika flera slöserier i form av lager, överproduktion, transporter och överarbete (Liker & Meier, 2005).

Istället för flera mellanlager kan istället ett färdigvarulager av chassin hållas som i ett idealt fall är en supermarket. På så sätt kan det säkerställas att ingen överproduktion sker (Rother & Shook, 2003), vilket vidare beskrivs i *5.1.3 Det ideala tillståndet*. I fallet med lagerrobotproduktionen har den externa produktionen inte möjlighet att producera styckvis i nuläget. Därför kan chassin beställas med en beställningspunkt (Eberlein & Freitag, 2023) som innefattar ett säkerhetslager. Detta nämns vidare under avsnitt *5.1.2 Kartläggning av framtida läge*.

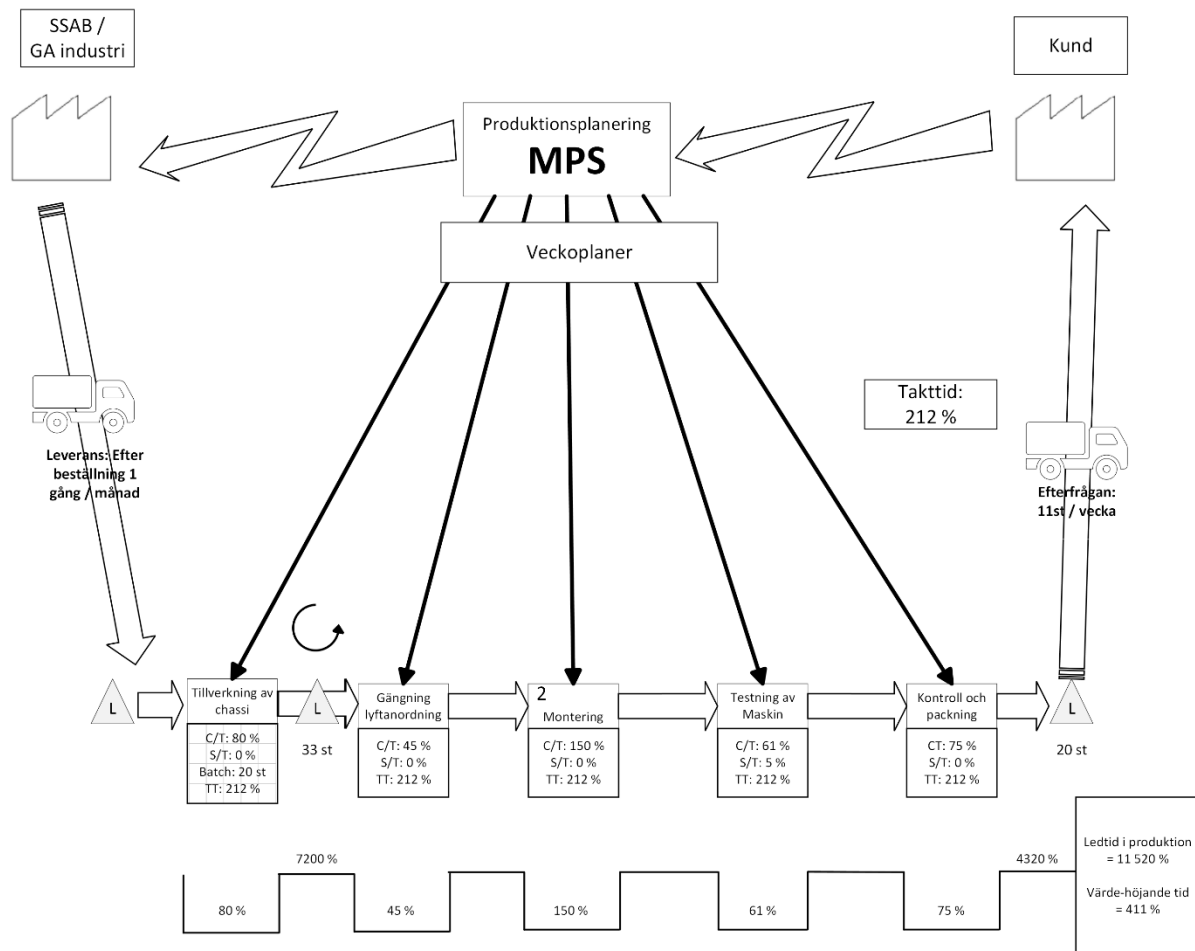
### 5.1.2 Kartläggning av framtida läge

Det framtida läget utgår från delar av *5.1.1 Analys av nuläget*. Metodiken för att ta fram det framtida läget grundar sig i Rother & Shooks åtta steg (Rother & Shook, 2003).

Kartläggningen utgår även från tillgängliga resurser, i kombination med vad som är möjligt och realistiskt att genomföra. Det utgår därför från att sex operatörer finns tillgängliga i produktionen, liksom det finns i nuläget.

Som det första steget i att ta fram det framtida läget i Rother & Shooks metodik, är takttiden sedan tidigare känd som 212 procentenheter. I det andra steget kommer produktionen att producera efter kundorder, och därav innehålla ett litet färdigvarulager. Då det finns sex operatörer tillgängliga, där en operatör beräknas arbeta med förmontering av komponenter till monteringen, kan två operatörer tillägnas till monteringen med nuvarande resurser i beaktning.

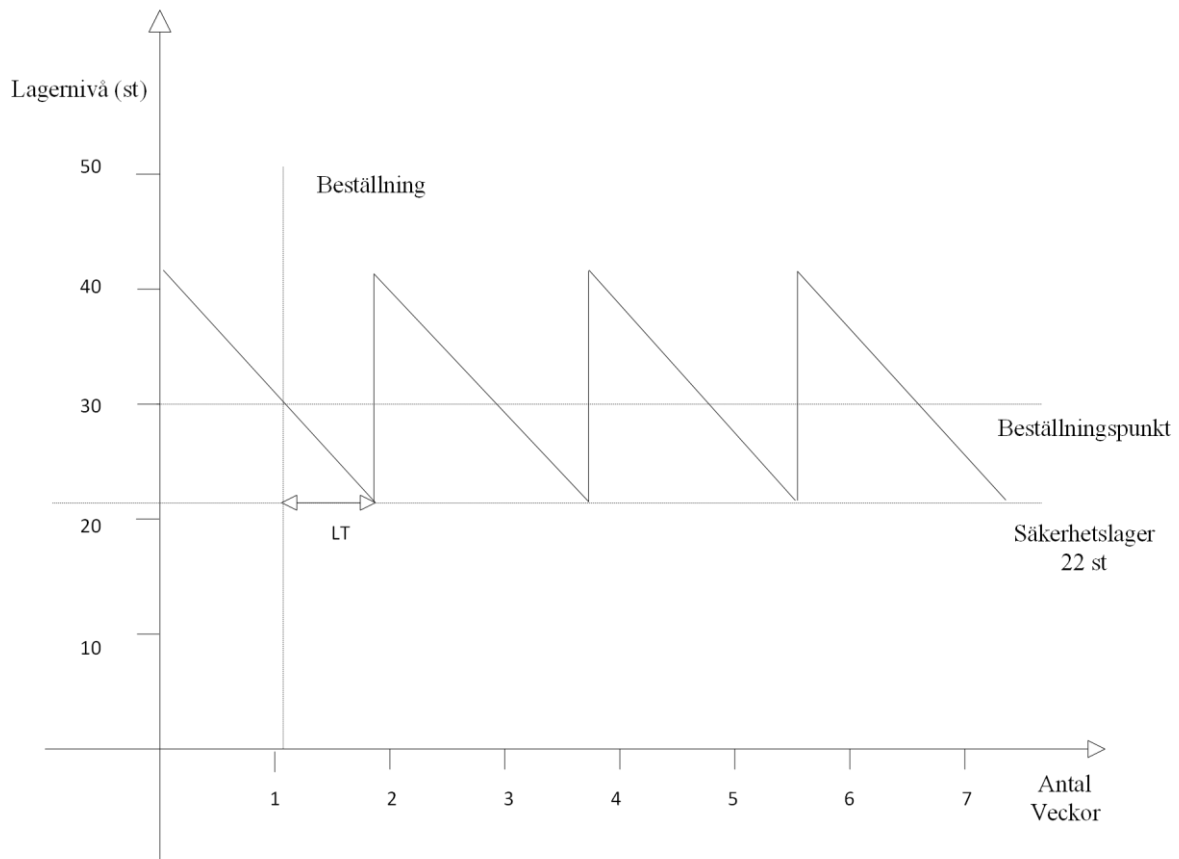
I det tredje steget är målet med det framtida läget att skapa ett kontinuerligt flöde genomgående genom hela produktionen. För det fjärde steget har därför det framtida läget ett dragande flöde. Det leder till att de flesta mellanlager kan undvikas vilket minskar överflödiga lagerhållning och risken för att enheterna skadas vid den hantering som nu undviks, vilket skapar ett jämnare flöde och samtidigt minskar risken för överproduktion (Liker & Meier, 2005). Trots att cykeltiderna är något obalanserade, kan detta vara mer fördelaktigt för lagerrobotproduktionen då övrig tid kan användas till att förmontera komponenter till monteringen. Det framtida läget kan ses i bild 7 nedan.



(Bild 7, värdeflödeskarta av framtida tillstånd)

I det femte och sjätte steget schemaläggs produktionen från stationen vid gångning av lyftanordning vilket kan ses i bild 7 ovan. Det blir därför effektivt att inneha en beställningspunkt i föregående lager (Eberlein & Freitag, 2023). Denna beställningspunkt som används för att beställa färdiga chassin utgår från flera faktorer. Det finns en ständigt stor orderstock av enheter för lagerroboten, och efterfrågan förväntas därför förbli jämn vilket främst motiveras av en stor orderstock (Van Landeghem & Cottyn, 2022). Ett säkerhetslager motsvarande två veckors förbrukning (22 enheter) bestäms vilket finns till för att säkerställa att leverans kan ske enligt plan vid oförutsedda händelser som till exempel produktionsstopp tidigare i produktionslinjen .

För att komma fram till den specifika beställningspunkten beräknades först ledtiden för att producera alla chassin, vilket sker i batcher om 20 enheter vilket är effektivare för den yttre produktionen att hantera. Detta är i enlighet med det sjunde steget, då mindre batchstorlekar blir alltför ineffektiva. Ledtiden för en enhet är beräknad till 80 procentenheter vilket multipliceras med den bestämda batchstorleken om 20 enheter. Detta ger ett resultat på 1596 procentenheter. Genom att ta hänsyn till daglig förbrukning och ledtid beräknas beställningspunkten till exakt 30 enheter vilket återspeglas i bild 8 (Eberlein & Freitag, 2023).

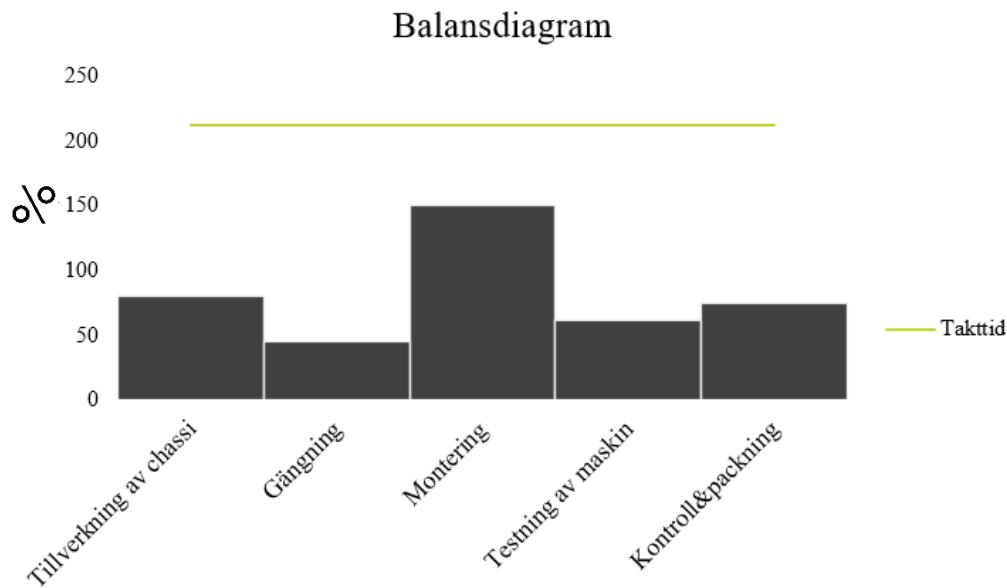


(Bild 8, graf över beställningspunkt och lagernivå)

Med hjälp av en visuell beställningspunkt kan produktionschefen tydligt se när beställning ska göras, vilket gör att chassi-tillverkningen blir mer responsiv till faktisk efterfrågan och inte enbart baseras på gissningar eller estimat. Detta beställningspunktsystem för de chassin som tillverkas minskar risken för överproduktion vilket är en av de kritiska slöserierna (Liker, 2004). Samtidigt säkerställer systemet att tillverkningen inte överstiger efterfrågan, i takt med att produktionen och verksamheten skalas upp. Det säkerställer också en minskad kapitalbindning i samband med att produktionen producerar i takt med efterfrågan.

Genom dessa samtliga förändringar av värdeflödet kan de befintliga resurserna ombalanseras på ett sådant sätt som minskar olika typer av slöserier såsom väntan, överproduktion, lager, transporter, överarbete och rörelse (Liker & Meier, 2005). Dessutom uppnås samtidigt takttiden, vilket kan ses i balansdiagrammet i bild 9, som visar det framtida läget. De små obalanserna i cykeltiderna anses acceptabla givet de andra effektivitetsvinningarna. Den tid som är obalanserad kan operatörerna ägna till att förmontera komponenter. Användningen av den "extra" tiden för förmontering säkerställer att monteringsstationerna opererar kontinuerligt utan avbrott, vilket ökar genomströmningen och minskar risken för att flaskhalsar ska uppstå i produktionen (Goldratt & Cox, 2004). I det åttonde steget är det även avgörande att fördjupa sig i de förbättringsområden som tidigare identifierades med kaizenstjärnor, för att värdeflödet på ett effektivt sätt skall kunna flöda enligt det framtida läget (Chen & Cox, 2012).

Sammanfattningsvis kan därför tillverkningsprocessen för lagerroboten effektiviseras signifikant genom de angivna förändringarna. De identifierade förbättringsområdena som visats genom det framtida läget visar på ett tillvägagångssätt för att minska olika slöserier och samtidigt förbättra resursanvändningen, vilket direkt bidrar till att minska balanseringsförluster och på så sätt förbättra både produktiviteten samt kostnadseffektiviteten inom tillverkningen.



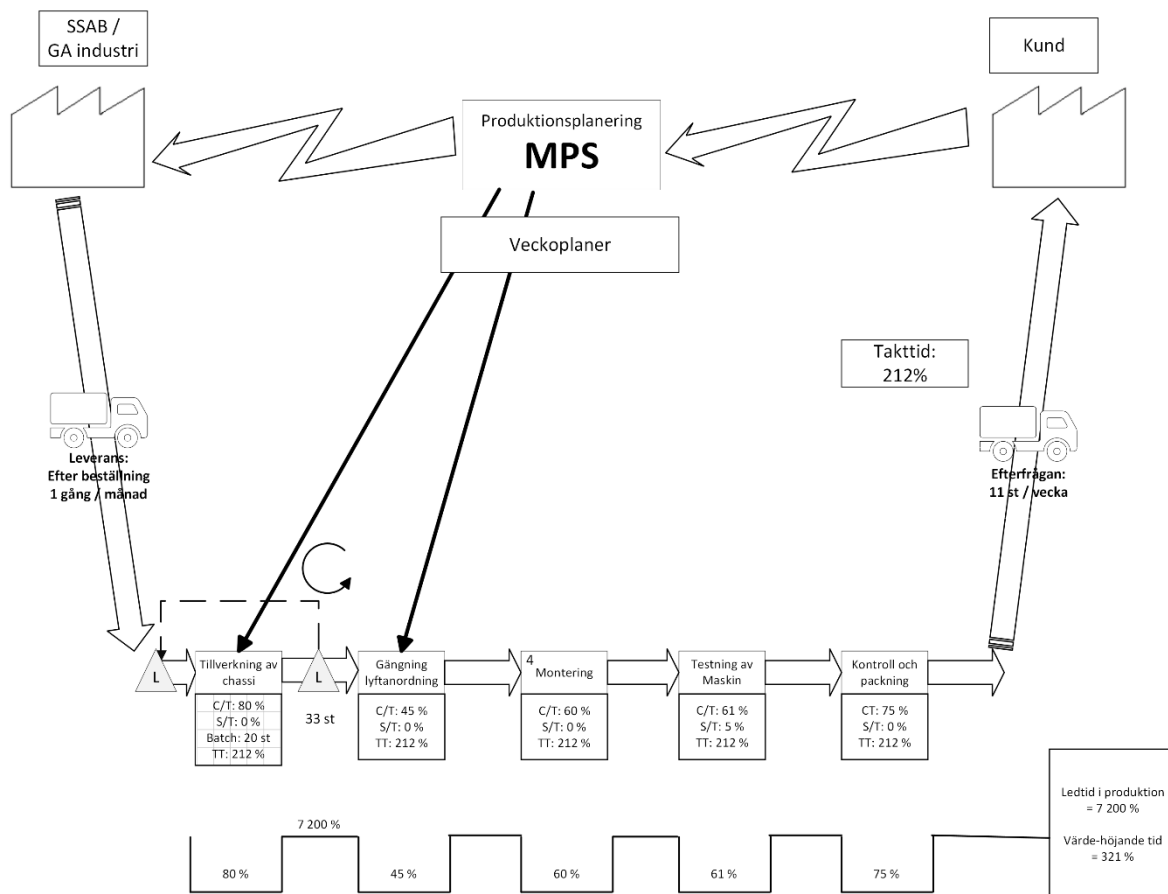
(Bild 9, balansdiagram över framtida läge)

### 5.1.3 Det ideala tillståndet

Med avseende på analysen av nuläget och kartläggningen av det framtida läget, finns det ett antal redan identifierade förbättringsområden både för processer men även för flödet. Detta gör det möjligt att överväga vad som skulle ses som det ideala tillståndet för produktionen. Det ideala tillståndet strävar efter att eliminera alla former av slöserier, förbättra flödet och maximera värdeskapandet i hela produktionen. Till skillnad från kartläggning av framtida läge tar det ideala tillståndet inte i beaktning nuvarande tillgängliga resurser, likaså diverse begränsningar som finns i den dagliga produktionen (Rother & Shook, 2003). Det kan därför ses som ett tillstånd som strävas efter att uppnås med ett tidsperspektiv på fem till tio år.

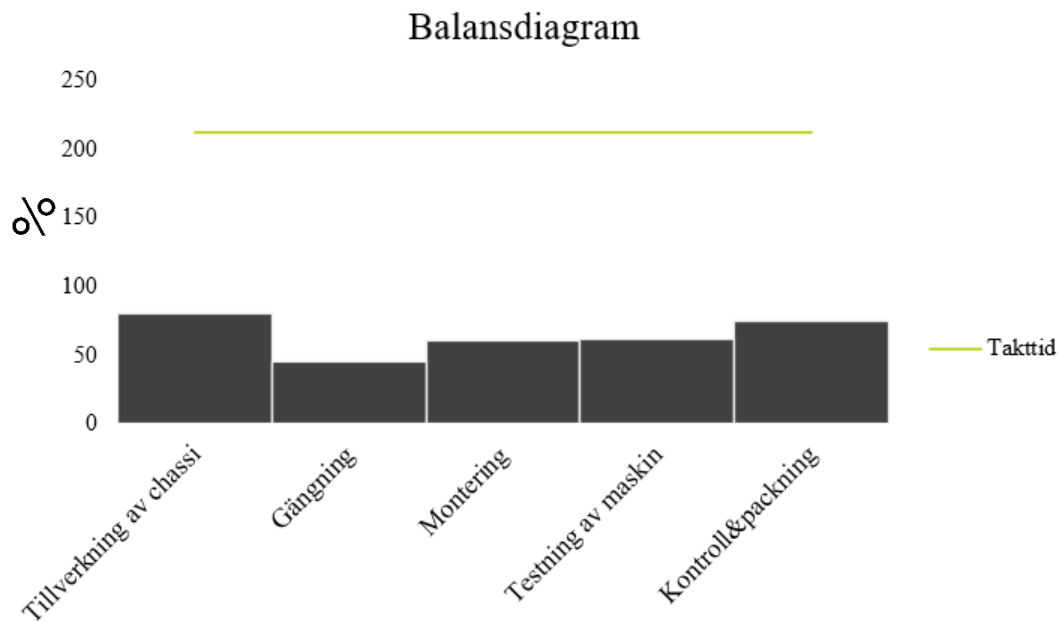
Med avseende på processerna och flödet kan den överflödiga rörelsen som chassit rör sig under tillverkning elimineras. Det leder till en layoutförändring enligt bild 10, där tillverkning av chassi blir en egen tillverkningsprocess likt det kartläggningen av framtida läget redovisade. Färdiga chassin ställs i en supermarket som fungerar som ett mellanlager. Det ger även en visuell bild av vilka modeller som går åt mest vilket underlättar för produktionschefen som ser vad som behöver beställas (Rother & Shook, 2003).

Då de tidigare väntetiderna inte existerar i ett idealt tillstånd, produceras dessa 20 enheter i batchen efter beställning. Detta sker utan mellanlager och minskar på så sätt flera slöserier i form av lager och rörelse, med en lägre genomsnittlig ledtid (Liker, 2004). Eftersom det ideala tillståndet är på ett tidsperspektiv med längre sikt utan begränsningar, uppskattas de förbättringsområden som redovisats nedan ha införts. Därav är det en lägre cykeltid för monteringsstationerna och även en något lägre cykeltid för teststationen. Detta lyfts vidare under 5.2 Förbättringsområden. Det ideala tillståndet kan ses som bild 10 nedan.



(Bild 10, värdeflödeskarta över ideala tillståndet)

Vid stationen med gångning och montering av lyftanordning övergår sedan flödet till ett dragande flöde där veckoplaner kommuniceras till stationerna. På så sätt elimineras mellanlager mellan dessa olika flöden, som likaså eliminerar flertalet slöserier i form av rörelse, transporter och lager. Genom att fyra operatörer arbetar parallellt vid monteringen, kan cykeltiden för denna station minskas till 60 procentenheter enligt Littles lag (Pound et al., 2014), då cykeltiden i det ideala tillståndet uppskattas uppgå till 240 procentenheter. På så sätt skapas en jämn arbetsbelastning där resterande tider kan användas till att montera eller förbereda komponenter. Detta kan ses i balansdiagrammet i bild 11, som däremot utgår från att takttiden och efterfrågan är densamma som i nuläget.



(Bild 11, balansdiagram över idealt tillstånd)

## 5.2 Förbättringsområden

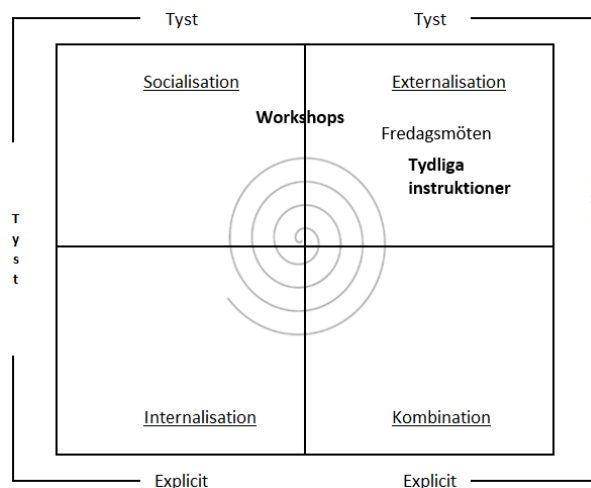
Som tidigare identifierat har kaizenstjärnor markerats vid områden för förbättring (Chen & Cox, 2012). Det gäller stationen för montering och stationen för funktionstestning. Kaizenstjärnorna markerar att förbättring vid de områdena ytterligare kan stärka lagerrobotproduktionens effektivitet och ytterligare stärka marginalerna. Förbättringarna leder till att lagerroboten står bättre förberedda att möta ökande efterfrågan.

### 5.2.1 Förbättring av monterings-stationen

Vid analys av monteringsstationen observerades en ren arbetsplats med verktygen prydligt upphängda på verktygstavlan. Initialt påträffades inga tydliga ineffektiviteter kopplat till 5s och de vanliga slöserierna. För att måla upp en bild av eventuella förbättringar genomfördes semistrukturerade intervjuer med montörer med målet att belysa vilka ineffektiviteter som eventuellt kunde reduceras. Vid intervjuerna framkom det att det saknas tydliga instruktioner för hur de olika stegen i monteringen ska gå till, vilket förespråkas enligt lean i form av standardiserat arbete (Liker & Meier, 2005). I dagsläget kan ett och samma problem uppstå vid olika tillfällen och för olika montörer. Bristen på instruktioner har lett till att det i vissa fall har skett felsökningar av ett redan löst problem, vilket är onödigt arbete och en form av slöseri enligt lean (Liker & Meier, 2005). Diskussioner med ledningen har bekräftat att de befintliga instruktionerna är något undermåliga och att montörerna huvudsakligen skaffar sig nödvändig kunskap genom egen erfarenhet över tid.

Det har vidare observerats att produktionen ibland avbryts vid monteringsstationen när montörer möter oväntade ändringar i enheten, såsom revisioner eller nyutvecklade

komponenter. Att dessa ändringar inte kommunicerats effektivt i förväg, leder till att montörerna står inför problemet att själva avgöra hur installationen bör hanteras, eller att de behöver söka efter nödvändig information på egen hand. Detta bekräftades av diskussioner med utvecklingsavdelningen som berättade att de ibland är bristfälliga med informationsspridningen och att det saknas ett tydligt standardiserat arbetssätt (Liker & Meier, 2005). Det förklaras delvis av att de är underbemannade och att det därför nedprioriteras.



(Bild 12, SECI-modellen)

Observationer tyder på att mycket kunskap finns inom avdelningarna men att det till stor del är i form av tyst kunskap. För att göra avdelningen till en mer lärande organisation, där information blir tillgänglig för alla, föreslås organisationen bland annat att genomföra workshops. Dessa tillfällen erbjuder ett utmärkt forum för att sammanställa och dela instruktioner samt tips. Genom att medarbetare från olika avdelningar deltar, främjas kunskapsutbyte och social interaktion vilket är en form av socialisering enligt bild 12 (Jacobsen & Thorsvik, 2021). Det blir ett utmärkt tillfälle att diskutera idéer och problemställningar som annars inte skulle komma upp till ytan. Alla insiktsfulla tankar och eventuella förbättringar antecknas sedan för att säkerställa att informationen externaliseras och blir till explicit kunskap. Genom att produktionsavdelningen får ett dedikerat tillfälle att dela tankar med utvecklingsavdelningen och vice versa, leder det till ökad horisontell kommunikation och främjar kunskapsspridning, vilket är delar i teorin om organisatoriskt lärande. Det sker redan idag fredagsmöten vilket är ett bra sätt att informera personalen samt att föra problem till ytan (Jacobsen & Thorsvik, 2021). Det förekommer dock diskussioner om förbättringar utanför mötena som sedan inte blir till diskussion på fredagsmötet vilket skulle kunna tyda på att det inte uppmuntras tillräckligt.

Genom att upprätthålla en regelbunden dialog mellan utvecklingsavdelningen och produktionspersonalen kan många problem undvikas redan under utvecklingsfasen, vilket minskar slöseriet med felaktiga prototyper som måste kasseras. Missnöjet som ofta uppstår på grund av att uppdateringar och revisioner av ritningar inte kommuniceras effektivt till produktionsavdelningen skulle kunna elimineras om kommunikationen förbättrades. Att investera tid i att informera och förbereda underlag för de genomförda förändringarna kan

leda till en smidigare och mer jämn monteringsprocess genom att ett standardiserat arbetssätt utvecklas, vilket sparar tid och resurser i slutändan (Liker & Meier, 2005).

Lagerrobotavdelningen har föreslagit för IT-avdelningen att alla monteringssteg tydligt ska presenteras på iPads, där informationen kan uppdateras i realtid. Detta skulle inte bara minska pappersförbrukningen, utan även effektivisera kunskapsspridningen inom produktionen. Genom att möjliggöra realtidsuppdateringar kan detta system på sikt göra det möjligt för hela personalstyrkan att montera enheterna med minimal eller ingen vägledning alls. Detta standardiserade arbetssätt uppskattas leda till att monteringstiden ska kunna ske på 240 procentenheter på lång sikt per montör och monteringsstation, vilket är den tid vissa av operatörerna uppnår redan idag.

### 5.2.2 Förbättring av testnings-stationen

Med begränsningar i tid och plats är det utmanande att förbättra stationen där funktionstester av lagerrobotar utförs direkt. Fokus har således, i samråd med ledningen, lagts på att utforska vilka effektiviseringar och förbättringar som kan göras runt om stationen vilket leder till effektivisering överlag. Precis intill finns en station där mjukvaruinstallation utförs på komponenterna för varje enhet. Installationerna görs till stor del av sig självt och behöver ofta bara startas. Det leder till att dessa två stationer skulle kunna samköras till viss del vilket skulle leda till en sammanlagt mindre väntetid totalt sett och en omfördelning av produktionstiden.

Idén om samkörning av mjukvaruinstallation och montering har provats förut, men utan större framgång då det krävde mer manuellt arbete att justera specifikationer för varje enhet, vilket ofta ledde till fel. Idag är dock stationen förbättrad och kräver mindre handpåläggning, vilket motiverar ett nytt försök att samköra dessa processer för att effektivisera flödet och minska total väntetid.

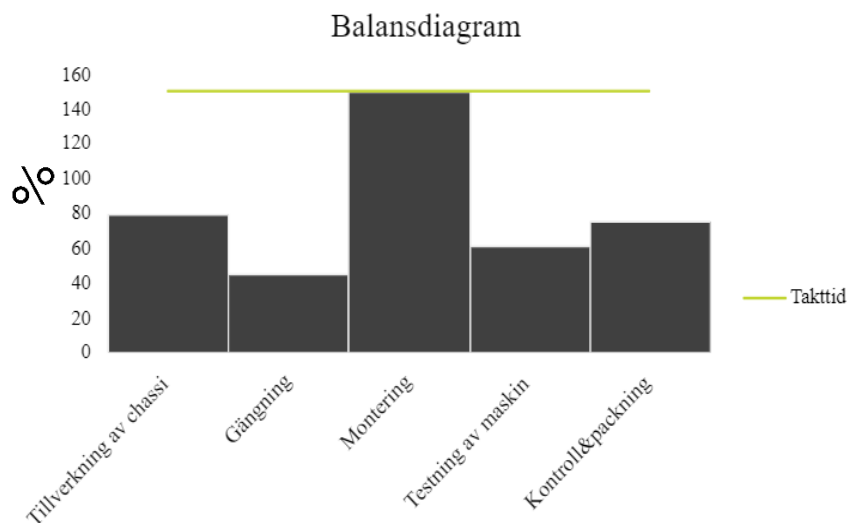
För närvarande hanteras teststationen huvudsakligen av en enda montör, vilket gör stationen sårbar för störningar, särskilt om montören är frånvarande. Den nuvarande ersättaren jobbar vanligtvis vid en närliggande avdelning och är alltså inte en av ordinarie montörerna på avdelningen. Det understryker behovet av att öka kunskapsspridningen inom avdelningen och organisationen. Genom att fler montörer utbildas i testningsprocesserna kan stationen bemannas mer flexibelt av befintlig personal inom produktionen. Detta skulle inte bara säkra kontinuiteten vid frånvaro utan även tillåta den nuvarande ersättaren att fokusera på sina huvuduppgifter. På så sätt stärks produktiviteten och produktionssystemet blir mer robust, vilket är en önskan från ledningen.

Förslaget har diskuterats med ansvarig idag som uttryckt att processen till viss del kräver ett öga för det, för att kunna förstå vad som testas och kunna felsöka med framgång. Det beror med stor sannolikhet på att personen i fråga har mycket tyst kunskap. I takt med att avdelningen blir mer lärande genom att exempelvis explicit skriva tydliga instruktioner och lära varandra kommer tröskeln för teststationen att minska och förhoppningsvis kunna utföras av alla på avdelningen (Jacobsen & Thorsvik, 2021).

Dessutom utvecklas ett standardiserat arbetssätt vilket, som tidigare nämnt, är centralt inom lean då det dels minskar variationen i hur olika individer utför samma uppgifter men också sätter en nuvarande standard vilket är en grund för kontinuerlig förbättring. När en standard är på plats kan arbetare och chefer identifiera avvikelser och ineffektiviteter mer exakt och arbeta systematiskt för att lösa dessa genom förbättringsinitiativ (Liker & Meier, 2005). Genom att produktionen går mer mot en lärande organisation uppskattas cykeltiden för teststationen att minska till 55 procentenheter, i enlighet med produktionschefens uppskattningar.

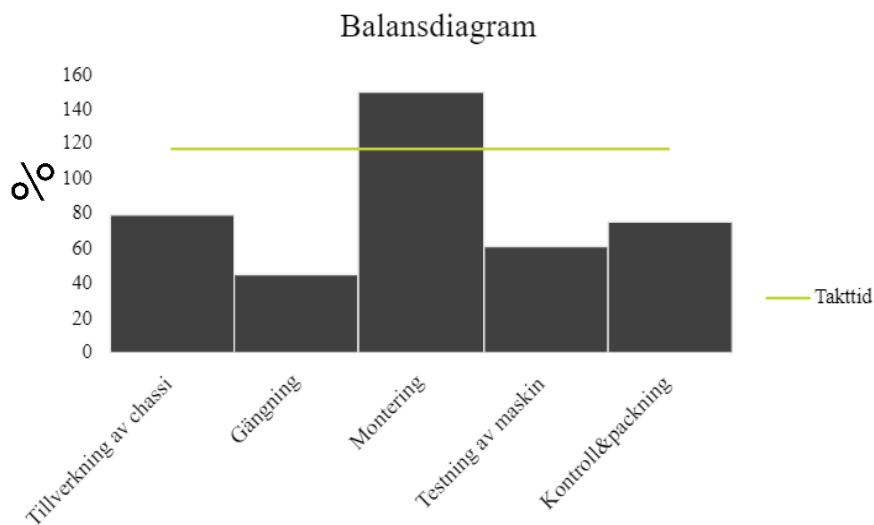
### 5.3 Skalbarhetsanalys

I det nuvarande tillståndet för lagerrobotproduktionen finns det en efterfrågan på 11 enheter per vecka, vilket ger en takttid på 212 procentenheter som tidigare är redovisat. Förutsatt att de förbättringsåtgärder som föreslagits kan genomföras för att nå ett framtida läge, kan en teoretisk takttid på 150 procentenheter uppnås med befintliga resurser, vilket kan ses i bild 13, då den högsta cykeltiden utgör 150 procentenheter (Rother & Shook, 2003). Från den befintliga arbetstiden skulle detta motsvara 15,56 enheter per vecka, som fås genom att dividera den totala arbetstiden per vecka med takttiden. I praktiken skulle det innebära att produktionen kan producera 15 enheter per vecka utifrån nuvarande resurser, förutsatt att förbättringsåtgärderna kan implementeras.



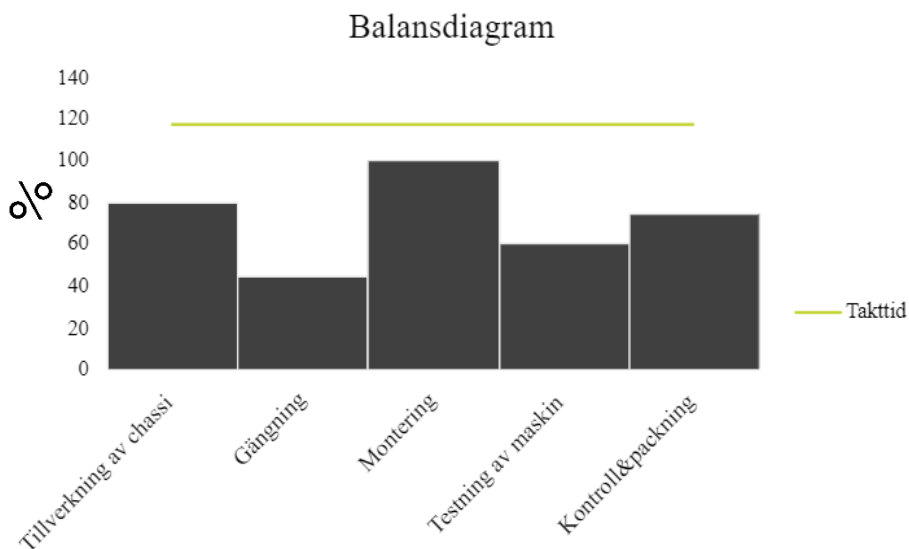
(Bild 13, balansdiagram över framtida läget med lägsta möjliga takttid)

För att produktionen ska kunna producera 20 enheter per vecka, vilket är ett mål satt av EAB, behöver takttiden uppgå till 117 procentenheter. Detta fås genom att dividera den totala arbetstiden per vecka med önskad efterfrågan per vecka. Det innebär att det framtida läget av produktionen inte klarar av att uppnå denna önskade takttid (Rother & Shook, 2003), vilket kan ses i bild 14. Cykeltiden för monteringen där det arbetar två montörer är det som utgör den högsta cykeltiden, och därav skapar obalans i produktionen.



(Bild 14, balansdiagram över framtida läget med önskad uppskalad taktid)

För att uppnå taktiden som krävs för att producera 20 enheter i veckan, krävs det att cykeltiden för monteringsstationen minskas. Med avseende på nuvarande resurser är detta svårt att göra, då tid för förmontering av komponenter fortfarande måste avsättas. För att uppnå detta tillstånd kräver det att tre operatörer arbetar på tre monteringsstationer parallellt, vilket kan ses i bild 15. På så sätt klarar stationerna taktiden, vilket möjliggör en uppskalad produktion (Rother & Shook, 2003). Detta skulle i praktiken innebära att en till operatör behöver tillkomma till lagerrobotproduktionen, som kan arbeta fulltid med monteringen.



(Bild 15, balansdiagram över det framtida läget för att uppnå skalning)

Det är dock viktigt att notera att i takt med att tre operatörer arbetar parallellt på monteringsstationerna, kommer en högre efterfrågan på delkomponenter krävas. Detta innebär att det kommer krävas mer tid för förmontering, vilket kan bli problematiskt med nuvarande resurser. Tiden från de övriga stationerna avsätts fortsatt till förmontering.

Däremot med anledning av arbetets avgränsningar undersöks det däremot inte vilken specifik tid som ytterligare kommer att krävas till förmonteringen.

# 6

## Rekommendationer

Detta kapitel redogör rekommendationer direkt riktat mot EAB Aktiebolag, som företaget kan använda för att implementera de förbättringsförslag som föreslagits. Förslagen redovisas i punktform, för att företaget på ett systematiskt tillvägagångssätt ska kunna implementera ändringarna.

### 6.1 Rekommendationer till nuvarande produktion

Rekommendationerna och förbättringsförslagen nedan är riktat till den nuvarande produktionen och utgår från tillgängliga resurser och kapacitet.

**1. Ta bort mellanlager och orderlägg färdiga chassin.** För att minska en rad olika slöserier bör alla mellanlager av delkomponenter för chassin elimineras och istället införa direkt orderläggning av färdiga chassin. Detta frigör även en stor yta för lagerrobotproduktionen. Genom att fullständiga ordrar av samtliga bearbetningssteg läggs, kan mindre och mer frekventa orderkvantiteter om 20 enheter läggas som effektiviserar produktionen och värdeflödet i sin helhet.

**2. Inför en beställningspunkt av färdiga chassin.** Genom att införa en beställningspunkt vid 30 enheter om färdiga chassin, kan produktionschefen visuellt bedöma när nya ordrar av chassin ska läggas. Denna beställningspunkt hjälper till att undvika överproduktion, samtidigt som den säkerställer att tillräckliga resurser finns i takt med att efterfrågan och produktionen ökar. Det finns även ett säkerhetslager för att säkerställa att den interna produktionen fortsatt kan producera trots eventuella störningar i den externa produktionen.

**3. Övergå till ett dragande flöde.** För att effektivisera flödet av lagerrobotproduktionen kan ett dragande flöde implementeras efter tillverkningen av chassin, enligt bild 7. Det gör det möjligt att ta bort mellanlager mellan de olika processerna i produktionen samtidigt som den blir mer effektiv. Det dragande flödet minskar även slöserier och risker som kan uppstå vid hantering.

**4. Ombalansering av resurser.** Vid ombalansering av de sex heltidsresurser som i nuläget finns tillgängliga, kan en effektivare och jämnare produktion uppnås där takttiden även kan hållas. Detta kan ses i bild 9. Genom att två operatörer sätts på monteringen, kan effektiviteten i produktionen öka som skulle göra det teoretiskt möjligt att producera 15 enheter i veckan. En operatör skall även förmontera delkomponenter till monteringsstationen, vilket gör det möjligt för monteringsstationerna att producera utan driftstopp.

**5. Bli en lärande organisation.** Avdelningen behöver se till att den kunskap som enskilda montörer sitter på blir uttryckt för att lättare kunna spridas inom personalen. Vid fredagsmötet bör personalen uppmuntras till att våga ta upp även mindre åtgärder för diskussion. Det som tas upp ska antecknas för att inte riskera att glömmas bort. Genom att enskilda insikter blir kända för resterande och samtidigt antecknas i form av uppdaterade anvisningar leder det till att avdelningen blir medveten om produktionen i helhet. Samtidigt bör workshops hållas regelbundet som ett ytterligare tillfälle att vidare diskutera förbättringar och oklarheter. Det fungerar även som ett tillfälle att få nya insikter från de på avdelningen man inte för diskussioner med vanligtvis. Mer deltagande på fredagsmötet och workshops där produktion och utveckling möts leder således till en bra början på en kulturförändring inom bolaget där målet är en lärande organisation som ständigt utvecklas.

## 6.2 Rekommendationer för ökad produktionskapacitet

Förbättringsförslagen för att nå tillståndet med en ökad produktionskapacitet om 20 enheter i veckan förutsätter att förbättringsförslagen till den nuvarande produktionen har åtagits.

**1. Tillsättning av en heltidsresurs.** För att klara av den nya takttiden behöver en heltidsresurs tillsättas för att kunna klara av produktionen om 20 enheter i veckan. Denna heltidsresursens arbetsuppgifter omfattar montering vid monteringsstationen.

**2. Ombalansera monteringsstationen.** Genom att tre heltidsresurser arbetar parallellt vid tre olika monteringsstationer, kan cykeltiden på monteringsstationen minskas, vilket gör att lagerrobotproduktionen kan producera efter 20 enheter i veckan. Observera att i takt med att fler monteringsstationer arbetar parallellt kommer efterfrågan på delkomponenter att öka. Detta innebär att fler resurser kan komma att behöva läggas på delmontering, vilket däremot arbetet inte undersöker på grund av avgränsningar.

# 7

## Diskussion

I detta kapitel diskuteras arbetets metod, analys och resultat. Kapitlet diskuterar de val och begränsningar som gjorts, samtidigt som kapitlet tar upp framtida utvecklingsområden och utmaningar som EAB står inför.

### 7.1 Utvärdering av tillämpade metoder

De metoder som har använts i arbetet för att samla information har skapat förutsättningar för att kunna genomföra analyser av produktionen på ett effektivt sätt. Trots dessa styrkor hos de valda metoderna, finns det även diverse svagheter hos dessa. Vid litteraturundersökningen har viss information hämtats direkt från EABs egna informationskällor vilket riskerar att vara delvis partisk och vinklad information i kommersiellt syfte. Svagheter kan tendera att förminskas eller helt undanhållas medan styrkor framhävs, vilket kan ha gjort att arbetet återspeglat denna bild till viss del.

Vidare i datainsamlingen utfördes semistrukturerade intervjuer. Fördelar med dessa är att de ger intervjupersonen friheten att diskutera bredare än vid en strukturerad intervju. Det lämpade sig bra då datainsamlingen skedde när informationen om produktionen var relativt okänd vilket gjorde det svårt att strukturera en intervju. Samtidigt gjorde denna frihet att intervjupersonen fick möjligheten att ta upp sådan information som var irrelevant för arbetet, vilket påverkade arbetets effektivitet avsevärt. Detta då intervjuerna i sig tog längre tid men även då fokuset skiftade från arbetets huvudsakliga syfte.

Även i de tidsmätningar som gjordes finns det områden för diskussion. Mätningarna gjordes i vissa fall med operatörernas kännedom om mätningarna vilket enligt Hawthorne-effekten kan leda till att de arbetade mer effektivt. Således resulterar det till att resultatet av mätningarna inte speglar en bild som stämmer överens med den dagliga produktionen. Tidsmätningar har dessutom gjorts ett fåtal gånger och under slutet av veckan. Det skulle därför vara mer optimalt att utföra mätningar i större utsträckning samt över hela veckan för att således spegla den verkliga produktionstakten.

### 7.2 Resultatdiskussion

Resultatet som har presenterats i form av en rad förbättringsförslag är väl styrkta av den teorin som presenterats vilken till stor del består av principer inom Lean Production. Hänsyn bör dock tas till utvärderingen av de tillämpade metoderna som gjorts under *7.1 Utvärdering av tillämpade metoder*. Genom att eliminera mellanlager och istället implementera ett system där färdiga chassin lagerhålls och styrs genom beställningspunkt skulle det leda till en förbättrad produktion, eftersom bland annat mellanlager med halvfabrikat försvinner. Det bör

samtidigt leda till att produktionen blir mindre trångbodd, vilket är ett problem i dagens produktion. Att eliminera mellanlager medför dock alltid risker då mellanlager är en form av trygghet i en produktion.

Ändringen av layout är en ganska stor förändring som rör i stort sett hela produktionen. Det ställer krav på att alla berörda processer är införstådda med att det framledes kommer att tillverkas chassin i mindre batcher men med en högre frekvens. Eftersom de flesta processer har relativt korta ställtider bör det inte påverka produktionen i någon större utsträckning. Vid bockningsstationen är det särskilt uppskattat med mindre batcher då det genom intervjuer framgått att just bockning av chassin är en fysiskt påfrestande process som sliter på kroppen vid för stora batcher. Med ändringen som är föreslagen kan de producera i batcher om 20 istället för uppemot 80-90 vilket är en stor förbättring, delvis ekonomiskt genom lägre lagerhållningskostnader, men även ergonomiskt för de operatörer som tillhör den externa produktionen vilket framkommit av de semi-strukturerade intervjuerna.

Med tanke på det begränsade antalet produktvarianter skulle det teoretiskt sett vara möjligt att implementera ett tryckande flöde i produktionen, i stället för det dragande flöde som beskrivs i rapporten. Att använda ett tryckande flöde innebär dock att man avviker från att producera baserat på faktisk efterfrågan och istället tillverkar baserat på prognoser. Skillnaden mellan prognostiserad och faktisk efterfrågan kan resultera i ett överskott av produkter. Att producera dessa extra produkter leder till flera typer av slöseri, inklusive ökade lagerkostnader och en förlängd ledtid samt ökad komplexitet i produktionen. Då fler produkter än nödvändigt måste hanteras, kan detta komplicera produktionsprocesserna och minska deras flexibilitet. Dessutom innebär lagring av komponenter alltid en risk för skador eller att de blir föråldrade, vilket är särskilt problematiskt i en bransch som präglas av avancerade tekniska lösningar. Med en redan ansträngd produktionsmiljö ökar även risken för skador på de överskottsprodukter som produceras. Därav rekommenderas ett dragande flöde enligt det ideala tillståndet

Det finns dock vissa delar av det ideala tillståndet som kan vara problematiskt att tillämpa praktiskt. Till exempel rekommenderas att inte använda några mellanlager från gängningen och framåt. Det förutsätter att produktionen löper felfritt, vilket realistiskt sätt är svårt och utmanande att upprätthålla under kontinuerligt. Regelbundet behövs vissa väntetider och planerade lager för att kompensera för oplanerade avbrott som kan uppstå. Dessa lager fungerar därför som en buffert för att säkerställa att produktiviteten förblir hög även om en del av processen skulle avstanna.

Att övergå till att bli en lärande organisation är helt klart en ambitiös och utmanande process, men det är absolut rimligt att uppnå under rätt omständigheter. Det kräver att ledningen är öppen för att lyssna och ta in reflektioner från folk i produktionen och samtidigt att det finns utrymme för att göra förändringar. Som Lean-teorin nämner är det viktigt att fokus ligger på långsiktighet och att utrymme ges till att genomföra förändringar som inledningsvis eventuellt försämrar produktionen. Det krävs dessutom att de anställda själva är villiga att vara delaktiga i förbättringsarbetet som sker, dels i form av radikala ändringar men även det mer

individuella kaizen-tänket. För att göra övergången som förespråkas måste de stödjande faktorerna finnas till. De skapas bland annat när nya forum för kunskapsspridning initieras i form av mer deltagande fredagsmöten samt workshops. Det är först när alla på avdelningen har ett ständigt "kaizen-tänk" som avdelningen på allvar gjort framsteg inom lean. I samband med det sker en kulturförändring vilket är både eftersträvansvärt och oundvikligt i en organisation som går från en mer "traditionell organisation" till en lärande organisation.

### 7.3 Framtida utvecklingsområden och utmaningar

I takt med att efterfrågan på lagerroboten ökar och produktionen skalas upp, kommer det finnas framtida områden där det krävs utveckling inom produktionen och även utmaningar med dessa. Som tidigare redovisats under kapitel 5: Analys, kommer behovet av fler montörer på monteringsstationer bli ett krav för att uppnå högre effektivitet. Som ett resultat av detta kommer även behovet av fler delkomponenter att öka, och därav kommer det krävas mer förmontering. Det blir därför ett framtida utvecklingsområde att undersöka dels de olika cykeltiderna hos delkomponenterna, samt dels att effektivisera förmonteringen i sin helhet. Detta har arbetet inte undersökt på grund av arbetets avgränsningar. Förmonteringen kan även komma att bli en utmaning vid en skalning av produktionen, då det finns en risk att delkomponenter inte kan produceras i takt med monteringsstationernas cykeltider. Det orsakar stillastående tid för monteringsstationerna, som kan orsaka att takttiden inte kan hållas och produktionen kan således inte producera efter efterfrågan.

Trots att arbetet identifierat möjligheter till att reducera cykeltider för monteringsstationerna till 260 procentenheter från tidigare 300 procentenheter, bedöms det finnas möjligheter för att ytterligare reducera cykeltider genom att kolla på de komponenter som monteringen använder. Detta är däremot inte något arbetet har undersökt på grund av dess avgränsningar. Utifrån de semistrukturerade intervjuerna och de visuella iakttagelserna som gjorts, bedöms cykeltiderna kunnas förbättras ytterligare genom att komponenterna designas om på ett sätt som gör det både enklare och tydligare för operatörerna. Det har även framkommit från dialog med operatörer och produktionschef att vissa av komponenterna enbart har följt med i den snabba utvecklingsresa som lagerroboten har genomgått, vilket talar för att dessa komponenter skulle kunna förbättras i design med avseende på att minska cikliderna för monteringen. Det blir därför ett framtida område för utveckling, för att ytterligare kunna reducera cykeltiderna.

# 8

## Slutsats

Sammanfattningsvis visar arbetet att genom införandet av Lean-principer och minimering av olika former av slöserier kan tillverkningsprocessen för lagerrobotproduktionen förbättras avsevärt. Identifiering och optimering av flaskhalsar i produktionen, samt organisatoriska förbättringar i monterings- och testningsstationer, bidrar till betydande minskningar i ledtider och förbättrad resursanvändning. Denna omfattande analys av tillverkningsprocessen ger även underlag till att genomföra en skalbarhetsanalys för att stödja en ökning av produktionskapaciteten till 20 enheter per vecka.

Förbättringsförslagen presenterade i arbetet innehåller konkreta åtgärder som inte bara kan höja effektiviteten av produktionen utan också stärka andra områden. Genom reducerade kostnader som lagerhållningskostnader samt förbättrad resursanvändning kan företaget nyttja befintliga resurser för att uppnå efterfrågan. Rekommendationerna erbjuder både strategier på kort och lång sikt som kan hjälpa EAB att stärka sin marknadsposition och öka sin konkurrenskraft genom förbättrad produktivitet och högre produktionskapacitet. Genom dessa förändringar positionerar sig EAB för att inte bara möta nuvarande marknadsbehov utan också för att effektivt hantera framtida utmaningar och möjligheter.

# 9

## Referenser

Adams, H. S. (2022, april 26). Top 10 lean manufacturing companies. Manufacturing Digital. hämtad 22 februari, 2024, från <https://manufacturingdigital.com/lean-manufacturing/top-10-lean-manufacturing-companies>

Bizuneh, B., & Omer, R. (2024). Lean waste prioritisation and reduction in the apparel industry: application of waste assessment model and value stream mapping. Cogent Engineering. <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2341538>

Clark, T., Foster, L., Bryman, A., & Sloan, L. (2021). Bryman's Social Research Methods. Oxford University Press.

Canadian College For Higher Studies. (2018). Wikipedia. Hämtad 7 maj, 2024, från <https://thecanadiancollege.ca/supply-chain-logistics-management-and-globalization/>

Chen, J. C., & Cox, R. A. (2012). *Value Stream Management for Lean Office—A Case Study*. American Journal of Industrial and Business Management. Doi: 10.4236/ajibm.2012.22004

Eberlein, S., & Freitag, M. (2023). Pull control of material supply for low-volume assembly lines: a reorder point method for aerospace manufacturing. Procedia CIRP 2023 120:1612-1617.

Fitzner, K. (2007). Reliability and Validity A Quick Review. <https://doi.org/10.1177/0145721707308172>.

Goldratt, E. M., & Cox, J. (2004). The Goal: A Process of Ongoing Improvement (D. Whitford, Ed.). Gower.

Hallin, A. (2015). Method for Engineering Students. Bratt International.

Jacobsen, D. I., & Thorsvik, J. (2021). Hur moderna organisationer fungerar (G. Sandin & P. Larson, Trans.). Studentlitteratur AB.

King, P. L. (2019). Lean for the Process Industries: Dealing with Complexity, Second Edition. Productivity Press.

Liker, J. K. (2004). The Toyota way. McGraw-Hill Education.

Liker, J. K., & Meier, D. (2005). The Toyota Way Fieldbook. McGraw Hill LLC.

McCarney, R., Warner, J., Iliffe, S., van Haselen, R., Griffin, M., & Fisher, P. (2007, 3 juli). The Hawthorne Effect: a randomised, controlled trial - BMC Medical Research Methodology. BMC Medical Research Methodology. Hämtad 20 mars, 2024, från <https://doi.org/10.1186/1471-2288-7-30>

Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press.

O'Gorman, K. D., & MacIntosh, R. (Eds.). (2015). *Research Methods for Business & Management: A Guide to Writing Your Dissertation*. Goodfellow Publishers Limited.

Patel, R., & Davidson, B. (2019). *Forskningsmetodikens grunder: att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Studentlitteratur.

Pound, E. S., Bell, J. H., & Spearman, M. L. (2014). *Factory Physics for Managers: How Leaders Improve Performance in a Post-Lean Six Sigma World*. McGraw-Hill Education.

Picking robot - increase your storage capacity - EAB. (u.å.). EAB - Built to last. Hämtad 6 februari, 2024, från <https://www.eab.se/info>

Range, & Lillian M. (2023). *Case study methodologies*. Salem Press Encyclopedia of Health.

Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Taylor & Francis.

Slack, N., & Brandon-Jones, A. (2019). *Operations Management*. Pearson.

Tran, H. K. V., Börstler, J., Ali, N. B., & Unterkalmsteiner, M. (2024). How good are my search strings? Reflections on using an existing review as a quasi-gold standard. <https://doi.org/10.37190/e-inf220103>.

Van Landeghem, H., & Cottyn, J. (2022, september). *Extending Value Stream Mapping for Lean Production Planning and Control*. Business Source Ultimate. Doi: 10.24425/mpcr.2022.142384

Warehouse automation worldwide. (2022, januari). Statista. <https://www-statista-com.eu1.proxy.openathens.net/study/105977/warehouse-automation-worldwide/>

What is the ROI? (u.å.). Hämtad 22 februari, 2024, från <https://eab.se/info>

Weber, T. (2023, January 18). What is a spaghetti diagram? | visTABLE®. visTABLE® Software. Hämtad 8 april, 2024, från <https://www.vistable.com/blog/materialflow-intralogistics/what-is-a-spaghetti-diagram/>







INSTITUTIONEN FÖR TENIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
AVDELNINGEN FÖR SUPPLY & OPERATIONS MANAGEMENT  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2024  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



**CHALMERS**