



CHALMERS



# Förbättring av Overall Equipment Effectiveness i Bromsskivetillverkning

Strategier för effektivare produktionsflöden

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och Produktionsteknik

Ivar Nyholm  
Ivar Persson

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP  
AVDELNINGEN FÖR PRODUKTIONSSYSTEM

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, 2025  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



Förbättring av Overall Equipment Effectiveness i  
Bromsskivetillverkning  
Strategier för effektivare produktionsflöden

Ivar Nyholm  
Ivar Persson

INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP  
Avdelning för produktionssystem  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2025

Förbättring av Overall Equipment Effectiveness i Bromsskivetillverkning  
Strategier för effektivare produktionsflöden

IVAR NYHOLM  
IVAR PERSSON

© IVAR NYHOLM, 2025  
© IVAR PERSSON, 2025

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

Omslag: Bromsskivor i produktionsmiljö (Skapad med GPT-4o från prompten "A clean and organized automotive production line featuring brake discs on a conveyor, with CNC lathes, robotic arms, and inspection stations in a realistic manufacturing environment.", 2025)

Göteborg, Sverige 2025

# Förord

Detta examensarbete har genomförts under våren 2025 på institutionen för industri- och materialvetenskap vid Chalmers tekniska högskola. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och är en del av högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och produktionsteknik. Det syftar till att identifiera och möjliggöra förbättringar av nyckeltalet Overall Equipment Effectiveness på en av AC Flobys produktionslinor.

Vi vill rikta ett varmt tack till vår handledare på AC Floby, Lena Morén, för värdefull vägledning, stort engagemang och alla insiktsfulla samtal under arbetets gång. Ett särskilt tack riktas till alla produktionstekniker, operatörer, och underhållspersonal som har tagit sig tid att dela med sig av sina erfarenheter. Era insikter har varit avgörande för att förstå de verkliga utmaningarna i produktionen.

Vi vill också tacka vår handledare Torbjörn Ylipää på Chalmers för stöd och värdefulla insikter genom hela skrivprocessen. Ditt stöd har haft stor betydelse för arbetets utveckling.

Våren har varit mycket lärorik och vi ser fram emot att använda denna värdefulla erfarenhet senare under arbetslivet.

Ivar Nyholm och Ivar Persson

Göteborg, Sverige 2025

Förbättring av Overall Equipment Effectiveness i Bromsskivetillverkning  
Strategier för effektivare produktionsflöden

IVAR NYHOLM

IVAR PERSSON

Institutionen för Industri- och materialvetenskap  
Chalmers tekniska högskola

## **SAMMANFATTNING**

Examensarbetet har genomförts på AC Floby som tillverkar bland annat bromsskivor. Arbetet syftar till att förbättra produktionseffektiviteten på en av deras produktionslinor genom att analysera OEE-talets beståndsdelar: Tillgänglighet, anläggningsutbyte och kvalitetsutbyte. Förbättringsområden har identifierats med utgångspunkt i en övergripande bedömning av möjliga åtgärders effekt i relation till dess genomförbarhet på företaget. Dessa avväganden har i sin tur varit vägledande för vilka delar av nulägesbeskrivningen och resultatet som vidare diskuteras.

Genom en kombination av intern data, kontinuerliga observationer, samt intervjuer med operatörer, underhållspersonal och produktionstekniker har ett nuläge kartlagts för att möjliggöra identifiering av förbättringsområden. Den teoretiska referensramen omfattar begrepp som Lean Production, Value Stream Mapping (VSM), Total Productive Maintenance (TPM), Value Driven Maintenance (VDM), samt modeller för rotorsaksanalys, datadriven beslutsfattning och operatörsengagemang.

I resultatet framgår det att tillgängligheten är den OEE-komponent där störst förbättringspotential finns. Låg datakvalitet, bristande stoppkodning, långa och varierande omställningstider, samt återkommande tekniska fel är några av de huvudsakliga utmaningarna som identifierades med en rotorsaksanalys. Ytterligare förbättringsområden återfinns i informationsflödet mellan avdelningar, avsaknad praxis för stoppkodning samt otillräcklig uppföljning av det förebyggande underhållet.

Utifrån detta presenteras huvudsakligen följande förbättringsförslag: åtgärder för bättre datakvalitet såsom fler mätpunkter, standardiserad stoppkodning och uppdaterade cykeltider. Utöver det har även optimering av buffertstrukturen, utveckling av operatörsunderhållet, samt tillämpning av SMED-metodiken rekommenderats för att minska tillgänglighetsförlusterna på produktionslinan. För att säkerställa förbättringsförslagets långsiktiga värdeskapande och realiserbarhet utvärderades de även från hållbarhetens fyra delar: ekonomisk, social, ekologisk och etisk.

Nyckelord: Datadrivet beslutsfattande, Sakernas internet, Datakvalitet, Lean Produktion, OEE förbättring, Autonomt underhåll, Verksamhetsstyrning

Göteborg, Sverige 2025

## Förbättring av Overall Equipment Effectiveness i Bromsskivetillverkning Strategier för effektivare produktionsflöden

IVAR NYHOLM  
IVAR PERSSON

Institutionen för Industri- och materialvetenskap  
Chalmers tekniska högskola

### **Abstract**

This thesis was conducted at AC Floby, a company that partly produces brake discs among other components. The study aimed to improve production efficiency on one of their production lines by analyzing the components of the OEE metric: Availability, Performance and Quality. Areas of improvement were identified based on a comprehensive assessment of the potential impact of proposed actions in relation to their feasibility within the company. These trade-offs guided the selection of which aspects of the current state and result that were further discussed.

By combining internal data, observations, and interviews with operators, maintenance staff and production engineers, the current state was mapped to help identify areas of improvement. The theoretical framework includes concepts such as Lean Production, Value Stream Mapping (VSM), Total Productive Maintenance (TPM), Value-Driven Maintenance (VDM), as well as models for root cause analysis, data-driven decision-making, and operator engagement.

The results indicate that availability is the OEE component with the greatest potential for improvement. Key challenges identified through root cause analysis include poor data quality, lack of standardized downtime registration, long and inconsistent changeover times and recurring technical failures. Additional areas of improvement include the flow of information between departments, the lack of a standardized practice for downtime registration, and insufficient follow-up on preventive maintenance activities.

Based on these findings, the main improvement proposals are: measures to enhance data quality, such as more measurement points, standardized downtime registration, and updated cycle times. Furthermore, improvements to buffer dimensioning, development of operator-driven maintenance, and application of the SMED methodology are recommended to reduce availability losses on the production line. To ensure the long-term value and feasibility of the proposed improvements, they were also evaluated from the perspective of the four dimensions of sustainability: economic, social, ecological and ethical.

Keywords: Data Driven Decision Making, Internet Of Things, Data Quality, Lean Production, OEE Improvement, Autonomous Maintenance, Operations Management.

## Ordlista

FU - Förebyggande Underhåll

IoT - Internet of Things

OEE - Overall Equipment Effectiveness

RCA - Root Cause Analysis

TPM – Total Productive Maintenance

VDM - Value Driven Maintenance

VSM - Value Stream Mapping

# Innehållsförteckning

<b>1. INLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1 BAKGRUND.....	1
1.2 SYFTE.....	1
1.3 AVGRÄNSNINGAR.....	2
1.4 PRECISERING AV FRÅGESTÄLLNINGEN.....	2
<b>2. TEORETISK REFERENSRAM</b> .....	<b>3</b>
2.1 OEE.....	3
2.1.1 Tillgänglighet.....	4
2.1.2 Anläggningsutbyte.....	4
2.1.3 Kvalitetsutbyte.....	4
2.2 LEAN PRODUCTION.....	4
2.2.1 Muda, Muri och Mura.....	5
2.2.2 Value Stream Mapping.....	5
2.2.3 Total productive maintenance.....	6
2.3 ROTORSAKSANALYS.....	7
2.4 FLASKHALSAR.....	8
2.5 SEMI-AUTOMATISERADE DATAINSAMLINGSSYSTEM.....	9
2.6 VALUE DRIVEN MAINTENANCE.....	9
2.7 SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE.....	10
2.8 PERSPEKTIV PÅ ARBETSENGAGEMANG OCH LÄRANDE.....	11
2.9 FAKTABASERADE BESLUT ENLIGT ISO 9000:2015.....	11
<b>3. METOD</b> .....	<b>12</b>
3.1. OBSERVATIONER.....	12
3.1.1 Genomförande av stopptidsuppföljning.....	13
3.2 INTERVJUER.....	13
3.3 INTERN DATA.....	14
3.4 NULÄGESANALYS OCH ROTORSAKSIDENTIFIERING.....	15
3.5 AI-VERKTYG SOM HJÄLPMEDEL.....	15
3.6 LITTERATURSSÖKNING.....	16
3.7 VALIDERING AV KÄLLOR.....	16
<b>4. NULÄGESBESKRIVNING</b> .....	<b>17</b>
4.1 PRODUKTIONSPROCESSEN.....	18
4.1.1 Ledtidskarta.....	21
<b>5. RESULTAT</b> .....	<b>23</b>
5.1 SAMMANSTÄLLNING AV OEE-STATISTIK.....	23
5.2 STOPPTIDSUPPFÖLJNING.....	26
5.3 SKILLNADER MELLAN TYP X OCH TYP Y.....	27
5.4 UNDERHÅLLSAVDELNINGENS VERKSAMHET I NULÄGET.....	28
5.5 SAMMANSTÄLLNING AV OPERATÖRSINSIKTER.....	30
<b>6. DISKUSSION OCH REKOMMENDATIONER</b> .....	<b>33</b>
6.1 ROTORSAKSANALYS.....	33
6.2 IDENTIFIERING AV FÖRBÄTTRINGSOMRÅDEN.....	34

6.2.1 Högkvalitativ data som grund för faktabaserade beslut .....	34
6.2.2 Antal mätpunkter i produktionsflödet.....	35
6.2.3 Återkommande störningar i produktionsprocessen och informationsflödet .....	35
6.2.4 Analys av buffertstrukturer och materialflöde .....	37
6.2.5 Förbättringspotential i underhållsarbetet.....	38
<b>6.3 FÖRBÄTTRINGSFÖRSLAG .....</b>	<b>39</b>
6.3.1 Förbättrad datakvalitet och informationsflöde .....	39
6.3.2 Optimering av cykeltider och identifierade väntetider.....	41
6.3.3 Underhåll och teknisk tillgänglighet .....	42
6.3.4 Hållbarhetsaspekter i förbättringsarbetet.....	44
<b>7. SLUTSATS.....</b>	<b>46</b>
7.1 FÖRSLAG PÅ VIDARE STUDIER.....	47
<b>REFERENSER.....</b>	<b>49</b>
<b>BILAGOR.....</b>	<b>53</b>
BILAGA 1, SEMISTRUKTURERAD INTERVJU MED OPERATÖRER .....	53
BILAGA 2, SEMISTRUKTURERAD INTERVJU MED UNDERHÅLLSAVDELNINGEN .....	54
BILAGA 3, LEDTIDSKARTA PÅ PRIMÄRDELEN AV PRODUKTIONSLINA A FÖR TYP X.....	55
BILAGA 4, LEDTIDSKARTA PÅ SLUTDELEN AV PRODUKTIONSLINA A FÖR TYP X OCH Z .....	56

# 1. Inledning

I takt med ökade krav på en effektiv och hållbar produktion ställs industriföretag inför utmaningen att maximera utnyttjandet av befintliga resurser. På AC Floby har OEE-talet för en av bromsskivelinorna visat förbättringspotential. Denna rapport kommer att inkludera analys av begränsande faktorer, rotorsaker och riktade åtgärder mot produktionslinan för att stärka dess effektivitet på produktionslinan långsiktigt.

## 1.1 Bakgrund

AC Floby är idag en del av Volvo Cars och har sedan 1957 producerat produkter åt fordonsindustrin. De specialiserar sig på hjulnav, bromsskivor och vevstakar men ska inom en snar framtid också producera den tredje generationens elmotorer till Volvos personbilar. I dagsläget har AC Floby åtta stycken linor för tillverkning av bromsskivor där olika många produktvarianter kan produceras på varje lina. Nyckeltalet, Overall Equipment Effectiveness (OEE), varierar mellan de olika produktionslinorna och indikerar att det finns utrymme för effektiviseringsåtgärder inom delar av produktionen. OEE är det nyckeltal som används av företaget idag för att på ett omfattande sätt mäta produktiviteten och effektiviteten på de olika produktionslinorna i fabriken.

Detta arbete genomförs för att uppnå mer stabila processer på produktionslina A. Maskinernas tillgänglighet är den primära anledningen till att OEE-talet på produktionslinan är i behov av förbättring och den aspekten som företaget nu vill ha hjälp med. Linan är en av flera i fabriken och valdes på grund av pågående förbättringsarbete på andra produktionslinor.

Produktionslina A består av en primärdel där en typ av bromsskiva produceras i taget, främst typ X och typ Y. Den delen består främst av bearbetande processer och kommer sedan att genomgå majoriteten av kvalitetskontrollerna i nästa sektion. Slutdelen av produktionslina A delas med produktionslina B och börjar där de två linorna sammanfogas och avslutas när artikeln ligger i pall.

## 1.2 Syfte

Syftet är att förbättra effektiviteten på produktionslina A genom att analysera och bryta ner OEE talet i dess mindre beståndsdelar; tillgänglighet, anläggningsutbyte och kvalitetsutbyte. Rapporten innefattar en analys av nuläget, utveckling av förbättringsförslag och stöd för

implementering av förslag. Detta på grund av företagets uttalade behov av att säkerställa långsiktig stabilitet och kontinuerlig förbättring. Målet med rapporten är därför inte att nå ett specifikt OEE-värde, utan att identifiera återstående förbättringsområden.

### 1.3 Avgränsningar

Tillsammans med handledare på AC Floby har det beslutats om att arbetet ska riktas mot AC Floby som företag i stället för Volvo Cars. Beslutet grundar sig i att AC Floby och Volvo Cars slogs samman vid årsskiftet, vilket innebär att system måste anpassas med hänsyn till den nya organisationsstrukturen.

Materialflöden utanför fabriken kommer inte att behandlas i rapporten. I stället kommer produktionslinans start till slut att analyseras, från upptagning av ämne till nedplock av färdig bromsskiva. Följaktligen kommer inte en fördjupad analys av strikt tekniska problem som påverkar linans tillgänglighet att genomföras, eftersom detta skulle kräva detaljerad teknisk kunskap om specifika maskiner och deras konstruktion, vilket ligger utanför ramen för detta arbete. Rapporten är dessutom avgränsad till analys av artikeltyp X och Y eftersom de utgör majoriteten av produktionsvolymen på lina A.

### 1.4 Precisering av frågeställningen

Vilka förbättringsområden har störst påverkan på OEE-talet på produktionslina A, samt vilka rotorsaker ligger till grund för dem?

Hur kan förbättringsförslag implementeras för att säkerställa långsiktiga förbättringar av produktionseffektiviteten?

## 2. Teoretisk referensram

I följande kapitel kommer den teori som kommer användas i rapporten att presenteras. Den innehåller begrepp, modeller och teorier som är relevanta för studiens kontext och syfte. Fokus ligger på metoder och verktyg som används vid förbättringsarbete och effektivisering av produktion.

### 2.1 OEE

OEE-talet är ett nyckeltal som används av industrier för att mäta produktivitet och effektivitet i produktionsprocesser. Nyckeltalet baseras på produktionsenhetens verkliga prestanda relativt maskinernas designade kapacitet (Stamatis, 2010). OEE består av tre komponenter: tillgänglighet, anläggningsutbyte och kvalitetsutbyte och räknas ut genom att multiplicera dessa tre procentsatser med varandra. Nyckeltalet är användbart bland annat i syfte att identifiera maskinernas verkliga potential, kapacitetsförluster samt förbättringsområden.

Muchiri och Pintelon (2008) poängterar att OEE-verktygets användbarhet till stor del baseras på noggrannheten i den data som används - utan tillförlitlig data är det svårt att ta välinformerade beslut. Skribenterna betonar också att bristfällig datainsamling, särskilt vid manuell inmatning, ofta leder till att viktiga stopporsaker inte fångas upp. Det innebär dock inte att datainsamlingen måste vara strikt automatiserad, utan snarare att den behöver vara utformad så att datans korrekthet kan verifieras. Behovet av verifierbar och meningsfull information betonas även av Jones m.fl. (2002), som menar att "current technology can assure the availability of information, but it cannot assure that the information is accurate and meaningful" (s. 1). Att säkerställa datakvaliteten är därför centralt för att OEE ska kunna användas på ett meningsfullt sätt i komplexa produktionsprocesser.

Vidare är det viktigt att notera att definitionen av OEE kan skilja sig åt mellan företag, vilket Koch (2003) belyser i sitt arbete om standardisering av OEE-begreppet. Vad som inkluderas som förluster i beräkningen varierar, vilket gör jämförelser mellan olika företag komplexa. Vissa företag inkluderar till exempel planerade stopp, personalbrist, materialbrist i tillgänglighetsförluster, medan andra exkluderar dessa. Dessa variationer i definition påverkar OEE-nivåerna och kan enligt både Koch (2003) och Ljungberg (1998) förklara varför empiriska resultat ofta ligger under "idealläget" på 85 % som definierats av Nakajima (1988).

### 2.1.1 Tillgänglighet

Tillgängligheten syftar till att visa hur stor andel av den schemalagda tiden som maskinen faktiskt har kunnat producera. Denna komponent beräknas genom att dividera den tillgängliga tiden med den schemalagda tiden (Stamatis, 2010). Denna procentsats har för avsikt att återspegla kapacitetsförlusten som är kopplad till oplanerad stopptid. Muchiri och Pintelon (2008) ger exempel på de två stora förlusterna som uppstår kopplade till tillgänglighet. Den första är maskinhaverier vilket resulterar i förlust av tid och kapacitet. Den andra är omställning och justering vilket uppstår vid skifte från en artikeltyp till en annan eller vid uppstart när maskinerna behöver justeras för att uppnå rätt kvalitet.

### 2.1.2 Anläggningsutbyte

Anläggningsutbytet är den del av OEE som visar kapacitetsförluster kopplade till maskinens cykeltid och hur den skiljer sig från den designade cykeltiden (Stamatis, 2010). Om maskinen av någon anledning går långsammare än planerat bidrar detta till en minskad output från flödet vilket då blir en anläggningsförlust som påverkar OEE negativt. De två primära förlusterna kopplade till anläggningsutbytet är tomgång och småstopp samt reducerad hastighet (Muchiri & Pintelon, 2008). Tomgång och småstopp är ofta korta men frekvensen gör att dessa kan göra skillnad i längden. Reducerad hastighet syftar till när maskinens faktiska hastighet är längre än den designade vilket resulterar i en lägre output än förväntat.

### 2.1.3 Kvalitetsutbyte

Kvalitetsutbytet i OEE-beräkningen visar förluster kopplade till den kvalitet som produktionsenheten producerar. Mätetalet baseras på hur många av de producerade enheterna som uppfyller kvalitetskraven sett till hur många som producerats totalt (Stamatis, 2010). Generellt sett finns det finns två stora förluster som påverkar kvalitetsutbytet, kassationer och omarbetningar (Muchiri & Pintelon, 2008). Kassationer medför att tiden som lagts ner på produkten går förlorad medan omarbetningar medför en extra bearbetningstid vilket stjälar från den totala kapaciteten.

## 2.2 Lean production

Lean production är ett övergripande ledningssystem som ursprungligen kommer från Japan (Nicholas, 2018). Det går i grunden ut på att kontinuerligt identifiera och eliminera slöserier och därigenom förbättra processerna inom organisationen. Toyota, som skapade lean

production, har flera långsiktiga mål som syftar till att uppnå noll defekter, enbart värdeskapande arbete, produktion utan mellanlager, stabila och jämna flöden samt trygghet för personalen. Följande delkapitel kommer alltså handla om några lean principer som är relevanta för detta arbete.

### 2.2.1 Muda, Muri och Mura

*Muda, muri* och *mura* (Nicholas, 2018) är begrepp som har uppstått i samband med lean production. De beskriver ineffektivitet i produktionssystem som kan leda till förluster i tid, resurser, och kvalitet. Muda kan beskrivas av de sju plus ett slöserierna inom lean production: “överproduktion, väntan, transport, överarbete, lager, onödiga rörelser, defekter och outnyttjad kreativitet” (Nicholas, 2018, s. 104, egen översättning). Slöserierna tillför inget värde till processen och behöver elimineras för att uppnå en effektivare produktion. Muda kan uppstå på grund av muri och mura. Muri översätts till överbelastning och innebär att en maskin eller människa belastas över dess kapacitet. Om belastningen överstiger kapaciteten ökar sannolikheten för utrustningshaverier, olyckor, hälsoproblem, misstag och defekter (Nicholas, 2018). Kapaciteten är relativ och avser den mängd arbete som en person eller maskin kan hantera under specifika förhållanden. Följaktligen kan mura resultera i muri som därefter kan resultera i muda. Mura grundar sig i en ojämn belastning av processen där kapaciteten kan underskridas, överskridas eller utnyttjas fullt (Nicholas, 2018). Denna ojämnhet resulterar i variationer i produktionstakten, vilket i sin tur leder till ineffektivitet i produktionen. Mura grundas ofta i varierande efterfrågan, ojämna produktionsscheman och interna avbrott som i sin tur kan orsakas av utrustningsfel, materialbrist och kvalitetsavvikelser.

### 2.2.2 Value Stream Mapping

Value Stream Mapping (VSM) är ett centralt verktyg inom lean som används för att analysera material- och informationsflödet i ett produktionsflöde. Syftet med VSM är att identifiera de värdeskapande och icke värdeskapande aktiviteter som en produkt genomgår i flödet, för att möjliggöra förbättringar som skapar ett jämnare och mer effektivt produktflöde (Rother & Shook, 2003). Initialt ritas en karta över det nuvarande produktionsflödet med syftet att visualisera nuläget. Därefter reflekteras det kring hur ett framtida läge skulle kunna se ut samt vilka förändringar som krävs för att uppnå det.

Metoden innebär att varje steg i ett produktionsflöde ritas upp, från kundens efterfrågan till leverans, inklusive hur information förmedlas mellan processer. Genom att ta hänsyn till både material- och informationsflöde ger VSM en helhetsbild av hur produktionsflödet fungerar och var slöseri uppstår (Rother & Shook, 2003). Genom att visualisera hela flödet gör VSM-kartan frågor, kring hur material och information rör sig genom produktionen, tydliga och diskuterbara. Utan denna översikt riskerar många detaljer och beslut att ske omedvetet, vilket kan leda till ineffektiva processer kvarstår utan att granskas (Rother & Shook, 2003).

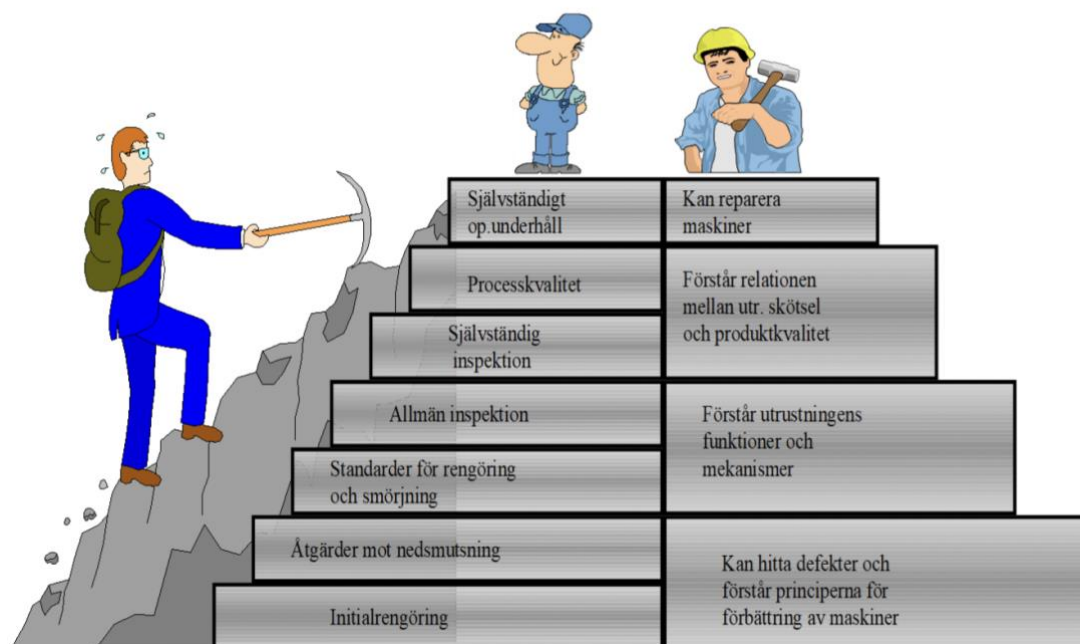
Kartläggning av informationsflödet möjliggör också en förståelse för vad som ligger till grund för att processerna beter sig på det sättet de gör. I linje med Toyotas syn på produktionsstyrning är det vid analys av informationsflödet viktigt att fundera över frågan: *“Hur kan vi styra informationsflödet så att en process endast tillverkar det som nästa process behöver, när den behöver det?”* (Rother & Shook, 2003, s. 3, egen översättning).

### 2.2.3 Total productive maintenance

Total productive maintenance (TPM) lägger grunden för den moderna industrins maskinunderhåll och förvaltning (Biswas, 2024). Ramverket är en del av lean production (Suryaprakash m.fl., 2021) och fokuserar på att öka livslängden på maskiner, effektiviteten och tillgängligheten (Biswas, 2024). TPM förespråkar ett ökat förebyggande underhåll genom proaktiva åtgärder för att bibehålla en hög produktivitet och effektivitet. Detta görs genom att bland annat främja en tvärfunktionell kultur där hela organisationen involveras, från operatör till högsta ledning och administration, i underhållsarbetet för att förebygga stopp (Biswas, 2024). Ragab m.fl. (2018) har beskrivit TPM som ett antal principer att följa. Författarna börjar med att beskriva autonomt underhåll som en av de grundläggande principerna. Det innebär att operatören spelar sin roll i underhållet genom att själv åtgärda de felen som inte kräver specialiserade tekniker. Uppgifterna kan bestå av att rengöra, skruva åt bultar eller smörja. Biswas (2024) menar att det finns flera nivåer av autonomt underhåll.

Operatörsunderhållet kan exempelvis bestå av enklare reparationer, prediktivt underhåll eller att operatören själv utvecklar förbättringsstrategier och påpekar förbättringsåtgärder, vilket illustreras i figur 1.

## Operatörsunderhåll och kompetensutveckling



Figur 1. Stegen för operatörsunderhåll. Från Ylipää (2025). Återgiven med tillstånd

För att lättare kunna observera och åtgärda avvikelser används det japanska uttrycket 5S som innebär att arbetsutrymmet organiseras genom att “sortera, systematisera, städa, standardisera och skapa vana” (Ragab m.fl., 2018, s. M2, egen översättning). Fortsättningsvis ska det utvecklade systemet ständigt förbättras genom att eliminera icke värdeskapande aktiviteter. Underhållet behöver dessutom planeras systematiskt för att kunna bemöta efterfrågevariationer utan att det sker på bekostnad av effektivitet och produktivitet. Fortsättningsvis nämns hur utbildningar och träning av anställda förbättrar problemlösningsförmågan. Syftet är att skapa en lärande organisation där medarbetare med bred kompetens kan lösa problem självständigt. Till sist möjliggörs en trygg arbetsplats genom att informera om risker och ansvarsområden rörande aspekterna hälsa, säkerhet och miljö. TPM-metoden syftar till att identifiera och eliminera de tillhörande förlusterna till OEE-talets tre beståndsdelar som också beskrivs i avsnitt 2.1 (Biswas, 2024). Genom autonomt underhåll kan företag minska antalet stopp eller uppnå ett OEE-tal på över 80% (Nakajima, 1988).

### 2.3 Rotorsaksanalys

Rotorsaksanalys (RCA) beskrivs av Ito m.fl. (2022) som en metod för att hitta rotorsakerna till ett identifierat problem samt eliminera dem. Syftet är att förstå varför problemen uppstår,

snarare än att enbart åtgärda symptomen. Således kan företag använda verktyget för att arbeta mer proaktivt än reaktivt. Processen består generellt av att förstå problemet, datainsamling, dataanalys, rotorsaksidentifiering och till sist eliminering av rotorsaker.

Felanalysen genomförs ofta med hjälp av verktyg som fem varför och orsak-verkan diagram (Ito m.fl., 2022). Fiskbensdiagram är en typ av orsak-verkandiagram som går ut på att strukturera och visualisera samband mellan problem och rotorsaker (Shinde m.fl., 2018). Följaktligen kan metodiken "fem varför" (Tohit m.fl., 2018) användas för att bryta ner de olika subkategorierna i fiskbensdiagrammet. Detta för att säkerställa att den verkliga rotorsaken hittas genom att ifrågasätta varför situationen i fråga uppstod. När svaret på första frågan är besvarad, ifrågasätts svaret och metodiken repeteras i ungefär fyra iterationer till. Att repetera frågan 5 gånger är en tumregel på hur många frågor som borde krävas för att identifiera den verkliga rotorsaken enligt Barsalou och Starzyńska (2023). De fortsätter med att förklara att det finns olika förhållningssätt till när en rotorsak är nådd: Antingen när rotorsaken går att koppla till en lösning som leder till en förbättring som kan bedömas som avsevärd i relation till investeringen eller när problemet har kopplats till en person, policy eller process.

## 2.4 Flaskhalsar

En flaskhals är den långsammaste process i en serie av processer som begränsar det totala genomflödet (Holweg m.fl., 2018). Detta beror på att genomflödet alltid begränsas av den långsammaste processen, oavsett hur snabbt övriga processer arbetar. Enligt Goldratt's *Theory of Constraints* (citerat i Holweg m.fl., 2018) är flaskhalsen den process som styr systemets genomflöde eftersom ett produktionssystemets genomflöde inte kan överskrida vad den långsammaste processen tillåter.

Vilken process som faktiskt är den begränsande i ett system kan variera över tid och inte ovanligt att flera flaskhalsar var för sig begränsar genomflödet av produkter vid olika tillfällen (Roser m.fl., 2003). För att beskriva detta används Roser m.fl. (2003) begreppen primär och sekundär flaskhals. Den primära flaskhalsen syftar till den process som oftast och tydligast begränsar genomflödet, medan de sekundära flaskhalsarna har en mindre men fortfarande märkbar påverkan.

## 2.5 Semi-automatiserade datainsamlingsystem

Automatiserade produktionssystem som använder Internet of Things (IoT) kan samla in tillförlitlig stopptidsdata över tid (Luisi m.fl., 2023) och eliminerar möjligheten till mänskliga fel. IoT använder, sensorer, ställdon och mjukvara för att hjälpa fysiska objekt att interagera med varandra genom internet (Moghe m.fl., 2023). Dessa system tar inte hänsyn till mänsklig problemlösningsförmåga eller förmågan att utvärdera förbättringsförslag. Genom att inkludera människan i datainsamlingsprocessen kan både automatiskt och manuellt hämtad data, i form av exempelvis felorsak, stationstillhörighet och åtgärdsbehovdata, tillvaratas (Luisi m.fl., 2023). En sådan semi-automatiserad metodik, där operatörer aktivt involveras i datainsamlingen, har visat sig förbättra datakvaliteten och därmed ge ett mer tillförlitligt underlag för förbättringsåtgärder och beslut kopplade till tillgänglighet och produktivitet (Luisi m.fl., 2023).

BjörSELL och Dadash (2021) skriver i artikeln *Finite Horizon Degradation Control of Complex Interconnected Systems* om hur onlinemätning och rätt val av mätparametrar av maskiners hälsa kan effektivisera underhållet. De presenterar möjligheten att implementera ett överordnat styrsystem för maskinens prestanda, baserat på dessa hälsoparametrar. Detta för att kunna justera de olika maskinernas degraderande faktorer på produktionslinan för att kunna samordna de olika maskinernas underhållsinsatser. För att kunna genomföra denna typen av ändring föreslår BjörSELL och Dadash (2021) att använda sensorer som är kopplade till ett beslutsstödssystem i maskinen.

## 2.6 Value driven maintenance

Value driven maintenance (VDM) är ett underhållssystem som tar fyra följande faktorer i beaktning: "utrustningsutnyttjande, resursallokering, kostnadskontroll, samt hälsa, säkerhet och miljö" (Stenström m.fl., 2013, s. 223, egen översättning). Dessa faktorer bildar tillsammans ett tal som visar på hur mycket värde respektive underhållsåtgärd kan bidra med genom en nettonuvärdesberäkning. Både den initiala investeringskostnaden och framtida värde tas i beaktning. Ett mätsystem såsom *Maintenance Performance Measurement*, som använder sig av mätvärden från standard EN 15341 (Svenska institutet för standarder [SIS], 2022) och är direkt kopplat till VDM:s värdedrivare, möjliggör en strukturerad uppföljning av underhållsverksamhetens bidrag till värdeskapande (Stenström m.fl., 2013). Användningen av fördefinierade indikatorer enligt Stenströms m.fl. (2013) val av standard medför flera fördelar, såsom ökad jämförbarhet av underhållsprestanda mellan olika verksamheter och reducerad

osäkerhet och tolkningsutrymme genom tydliga definitioner och begreppsförklaringar, vilket stärker tillförlitligheten i både mätning och analys.

Ytterligare viktiga delar av VDM är prestationsfrämjande aktiviteter kontra prestationshämmande aktiviteter, där den förstnämnda är resultat som främjar önskat resultat medan den andra som aktiviteter som begränsar prestationen i relation till resultatet (Stenström m.fl., 2013). Dessa kategoriseringar underlättar för det analyserande arbetet av vilka åtgärder som bör prioriteras genom att bidra med underlag för vad som påverkar processen och inte.

## 2.7 Single minute exchange of die

I artikeln *Revitalising the setup reduction activities in Operations Management* (Pacheco & Heidrich, 2023) står det om några utmaningar industriella företag kan möta och hur *Single minute exchange of die* (SMED) och förinställningssystem för verktyg och fixturer kan förbättra produktionssystemens produktivitet i praktiken. En av de vanligare orsakerna till att företag finner svårigheter med implementering av SMED är att metoden inte enkelt går att generalisera till olika typer av processegenskaper och branschförutsättningar (Pacheco & Heidrich, 2023). För att lösa detta problem har författarna utvecklat en modell (SMED-presetting method) som företaget kan använda som ett vägledningsstöd för att anpassa ställtidsreduktionen till den aktuella situationens komplexitet och produktionsvillkor.

Denna modell (Pacheco & Heidrich, 2023) bygger på ett inledande steg och sex efterföljande. Det inledande steget är att identifiera flaskhalsar för att veta var insatserna ska riktas. Därefter behöver de moment som utförs under maskinstopp (interna ställmoment) respektive under pågående produktion (externa ställmoment) identifieras, där det är viktigt att hitta en struktur initialt. De interna respektive externa ställmomenten separeras med hjälp av checklistor för att i steget efter konverteras de interna momenten till externa genom att utveckla ett standardiserat arbetssätt och hjälpverktyg. Författarna exemplifierar detta steg med att förbereda verktyg, material och komponenter utanför maskinen för att möjliggöra ett mer effektivt omställningsförlopp när produktionen stoppas. Nästa steg innefattar att effektivisera samtliga omställningsmoment som inkluderar förbättrad förvaring, komponenthantering och funktionella förändringar. Till sist analyseras resultaten där ställtider följs upp via produktivitetsindikatorer och därefter konsolideras förbättringar i standardiserade rutiner och sprids i organisationen för att vara hållbart långsiktigt.

Pacheco och Heidrich (2023) fortsätter med att föreslå att arbeta i tvärfunktionella team för att införskaffa insikter från flera avdelningar som kan utnyttjas vid framställande av standardisering av arbetsmoment. Förändringarna som genomfördes i studien resulterade i en ökning av det genomsnittliga OEE-talet från 72,3% till 87,5% och ställtiden minskade med 87%.

## 2.8 Perspektiv på arbetsengagemang och lärande

Jacobsen och Thorsvik (2021) skriver i boken *Hur moderna organisationer fungerar* om bland annat om hur arbetsengagemanget ökar hos personalen om motivationsfaktorer uppnås. De skriver om hur motivationen kan höjas om personalens arbete är utmanande och varierande. Det nämns även om hur erkännande att de gör ett bra jobb, avancemangsmöjligheter, utveckling och autonomi leder till bättre prestationer. Författarna tar även upp *Job characteristics model* som Hackman och Oldhams (1976) utvecklat och tas upp i även i artikeln *Motivation through the Design of Work: Test of a Theory*. Den beskriver hur uppgiftens betydelse, variation och betydelse tillsammans med autonomi och feedback leder till en högre prestation och tillfredställelse.

## 2.9 Faktabaserade beslut enligt ISO 9000:2015

ISO 9000:2015: *Ledningssystem för kvalitet - Principer och terminologi* (SIS, 2015) är en internationell standard som beskriver principer och terminologi för kvalitetsledningssystem. Standarden är framtagen för att stödja organisationer i att forma ett kvalitetsledningssystem som hjälper till att realisera deras mål. En av de grundläggande principerna i standarden är att beslut bör baseras på fakta, vilket enligt standarden leder till mer tillförlitliga och objektiva beslut. Genom att analysera och utvärdera data minskar osäkerheten i beslutsfattandet och organisationer får bättre möjligheter att utvärdera resultat, utmana tidigare antaganden samt ta riktade beslut kring förbättring. Utöver att besluten ska vara faktabaserade belyser standarden även vikten av datakvalitet, analytisk kompetens samt att fakten ska vägas upp med erfarenhet och intuition.

## 3. Metod

För att besvara studiens syfte har både kvalitativa och kvantitativa metoder använts på ett strukturerat sätt. Insamlingen av information bestod huvudsakligen av observationer i produktionen, intervjuer med underhållspersonal, produktionstekniker och operatörer på produktionslina A, samt intern data från företagets system. Denna information hämtades i syfte att identifiera förbättringsområden kopplade till studiens frågeställning. De identifierade områdena analyserades genom olika analysverktyg för att identifiera rotorsaker som beskrivs mer ingående i avsnitt 2.3 och 6.1.

Under studiens gång har litteratur använts för att säkerställa att begrepp, analysmodeller och ramverk tillämpas med en trovärdig grund. Den externt inhämtade datan validerades och granskades kritiskt kontinuerligt under genomförandet av studien, där även den interna datan från företaget behandlades på ett källkritiskt vis. Följande avsnitt kommer att beskriva hur rapporten genomfördes och de metodologiska överväganden som har legat till grund för arbetet. Aktiviteternas kronologiska ordning speglas i underrubrikernas struktur fram till avsnitt 3.4. Avsnitt 3.5 och resterande avsnitt i metoden genomfördes kontinuerligt under studien.

### 3.1. Observationer

Initialt beslutades att i ett tidigt stadium inskaffa en uppfattning kring de olika deloperationer produktionslina A bestod av samt skillnader beroende på vilken artikel som producerades. Denna information inhämtades främst från arbetsbeskrivningar på linorna samt att fysiskt gå och se i produktionen och på så vis bilda sig en uppfattning kring hur linorna är uppbyggda och hur de fungerar. Blomkvist & Hallin (2014) menar att observation som metod lämpar sig väl när det handlar om att besvara frågor av utforskande karaktär där syftet är att samla in allmän information. Dokumentation av observationerna genomfördes också för att säkerställa att viktig information inte gick förlorad. Dokumentation i form av fältanteckningar vid observation är viktigt, eftersom det är dessa som används som underlag vid analys (Blomkvist & Hallin, 2014). Detta synsätt stärks av Liker (2021), som menar att ett aktivt deltagande och närvaro i produktionen är avgörande för att skapa en djupare förståelse för nuläget.

### 3.1.1 Genomförande av stopptidsuppföljning

Som en del av nulägesanalysen genomfördes en stopptidsuppföljning där observanten under en begränsad tid analyserade stationerna i fråga och antecknade de stopp som uppstod i realtid. Den ena stationen som analyserades var den med längst cykeltid på primärdelen. Den andra stationen ligger i slutdelen och valdes dels på grund av dess långa cykeltid, men även då relativt frekventa stopp förekom i den stationen. Stopptidsuppföljningen kan liknas med Blomkvist och Hallins (2014) beskrivning av ett observationsschema som en form av systematisk observation. Uppföljningen genomfördes tillsammans med produktionstekniker på företaget enligt ett roterande schema för att underlätta genomförandet. I enlighet med beskrivningen bestod stopptidsuppföljningen främst av insamling av kvantitativ data som händelsernas frekvens och varaktighet, men som kompletterades med kvalitativ data i form av fältanteckningar kring händelsen i syfte att ge en helhetsbild. Stopptidsuppföljningen genomfördes under sex timmar där den ena schemalagda observanten följde stationen i första delen av produktionslinan och den andra observanten följde den andra i slutdelen. Varje stopp noterades genom att kommentera dem och ange en trolig kategori baserat på den information som fanns tillgänglig vid observationstillfället. Dessa systematiska observationer kombinerades med insamling genom IoT för att kunna identifiera förbättringsområden på både en kvalitativ och kvantitativ grund som beskrivet i avsnitt 2.5.

## 3.2 Intervjuer

Intervjuer valdes som en del av datainsamlingen för att både komplettera den kvantitativa datan och nyansera rapporten med djupgående information från nyckelpersoner. Typ av intervjustruktur valdes varsamt beroende på syfte och kontext med intervjun. Exempelvis valdes semistrukturerade intervjufrågor när observationer behövde bekräftas, för att avgöra om de berodde på tillfälligheter eller om de utgjorde återkommande mönster kopplade till exempelvis tekniska fel eller maskinbeteende.

I början av projektet behövdes en översiktlig förståelse kring företagets dagliga verksamhet, produktionslinan och underhållet. Därav genomfördes ostrukturerade intervjuer, som enligt Denscombe (2018) ger den intervjuade mer utrymme att utveckla sina idéer. Denna struktur användes med produktionstekniker, operatörer på produktionslinan och handledaren på företaget (shop engineering manager) för att säkerställa en bred förståelse för OEE-relaterade utmaningar inom företaget. Viss kompletterande information samlades även in under

projektets gång med hjälp av personal på företaget för att exempelvis förstå detaljer i deloperationer eller tekniska begrepp.

Semistrukturerade intervjuer är en av de strukturer som har valts att användas på grund av dess flexibilitet. Denna struktur användes eftersom frågorna kunde utvecklas och ändras under projektets gång (Denscombe, 2018) i takt med att med att en ökad förståelse kring ämnet införskaffas. Denna sortens intervju genomfördes med underhållspersonalen och operatörerna. Ordningsföljden på frågorna anpassades till vilket spår den intervjuade valde att svara på föregående fråga för att undvika avbrott i resonemanget.

Alla intervjuer genomfördes ansikte mot ansikte eftersom det möjliggör att rik information kan förmedlas med snabb återkoppling enligt Jacobsen och Thorsvik (2021). Författarna fortsätter poängtera att muntlig kommunikation anses av flera studier att vara den effektivaste kommunikationsformen, speciellt om det råder tidsbrist. Att föra intervjuer medför fördelar såsom djupgående insikter från experter inom ämnet, enkel utrustning och hög svarsfrekvens (Denscombe, 2018). Dock kan ostrukturerade intervjuer vara tidskrävande att bearbeta och analysera. Resultatet kan även påverkas av kontexten och informantens egenintresse, vilket kan färga svaren (Denscombe, 2018). Vid framtagandet av förbättringsförslag beaktades även hur dessa kommuniceras till personalen, i syfte att minimera motstånd och främja samarbete (Jacobsen & Thorsvik, 2021). Informantens trovärdighet i dess påstående har även hanterats i denna rapport, vilket behandlas vidare i avsnitt 3.7.

### 3.3 Intern data

Tillsammans med den baskunskap kring deloperationer, användes RS Production och interna dokument för att analysera OEE-talen och dess beståndsdelar för produktionslinan. RS Production (Good Solutions, u.å) är ett digitalt system särskilt utvecklat för att identifiera och visualisera produktionsförluster i syfte att förbättra effektiviteten. Stopp på produktionslinan samlas in automatiskt genom IoT och orsakskodning utförs av operatören på produktionslinan. Vid analys av den interna produktionsdatan visade det sig att majoriteten av stoppen var kodade, men att de saknade kompletterande information. Stopporsakerna var ofta givna genom förinställda kategorier, sällan kommenterade eller kopplade till en specifik station. Denna brist på detaljer försvårade möjligheten till att genomföra en analys av stoppen samt att hitta gemensamma rotorsaker mellan stoppen. Därav användes kompletterande datainsamling som beskrivs i detta metodkapitel.

Tidsintervallet 13/1 - 20/2 2025 valdes att analyseras gällande stopporsaker för att beskriva nuläget och presentera en verklig överblick av produktionen till följd av omställningsprocessen som uppstod som en konsekvens av övergången till Volvo. Avvikande månader, såsom industrisemestern och julleddigheten, exkluderades från genomsnittsberäkningen av OEE-talet i syfte att bättre spegla normalläget.

### 3.4 Nulägesanalys och rotorsaksidentifiering

För att kunna genomföra välgrundade förbättringsförslag behövdes en ingående förståelse för produktionslinans nuläge. Därför beskrevs produktionslina A ingående genom att presentera OEE-talet samt hur bromsskivorna tillverkas. Som komplement till detta sammanställdes en ledtidskarta i syfte att visualisera material- och informationsflödet mer detaljerat.

Efter att datainsamlingsmetoderna genomfördes enligt beskrivning i delkapitlen ovan, analyserades de stopporsaker som uppstått med hjälp av fem varför metoder och fiskbensdiagram för att identifiera rotorsaker. Efter att den eventuella rotorsaken hade identifierats strukturerades rotorsakerna visuellt i ett fiskbensdiagram och evaluerades. Följaktligen baserades förbättringsförslagen på de identifierade rotorsakerna som kunde härledas till OEE-komponenterna.

### 3.5 AI-verktyg som hjälpmedel

Under arbetets gång har två AI-baserade verktyg använts som stöd i informationssökning och idéutveckling.

- Scopus AI (Elsevier, 2025) har fungerat som ett hjälpmedel i informationssökningen kring grundläggande begrepp och vad forskning inom relevanta områden till examensarbetet tyder på. Detta hjälpmedel har bidragit med vägledning för att hitta vetenskapliga artiklar och rapporter som är relevanta för detta arbete.
- GPT-4o (OpenAI, 2025) har använts som ett hjälpmedel att diskutera idéer med, ta fram förslag på alternativa formuleringar samt säkerställa att meningsbyggnad och ordval håller en formell och akademisk nivå. Verktöget har alltså inte använts för att analysera datan i arbetet eller dra slutsatser, utan enbart som ett språkligt och idéutvecklande stöd för att bidra med inspiration till den egna analysen.

För att skydda konfidentiell information har inga känsliga uppgifter om företaget och dess verksamhet angetts i kommunikationen med verktygen. Utöver det har ingen text som

verktygen genererat tagits rakt av utan har använts som inspiration kring formulering och meningsbyggnad. AI-verktygens begränsningar har på ett konsekvent vis tagits i beaktning genom att säkerställa akademisk nivå, korrekthet och relevans med hjälp av källorna som beskrivs i nästa avsnitt.

### 3.6 Litteratursökning

Litteraturen som använts i arbetet har tagits fram genom huvudsakligen databaser som Chalmers Bibliotek och Scopus, där vetenskapliga artiklar, böcker och e-böcker utgjorde en central del av underlaget. Under arbetets gång har även litteratur från kurser som tillhör programmet Ekonomi och Produktionsteknik på Chalmers använts.

Sökord som användes inkluderade bland annat: Data Driven Decision Making, Internet Of Things, Data Quality, Lean production, OEE improvement, Theory of Constraints, Maintenance, och Operations management.

### 3.7 Validering av källor

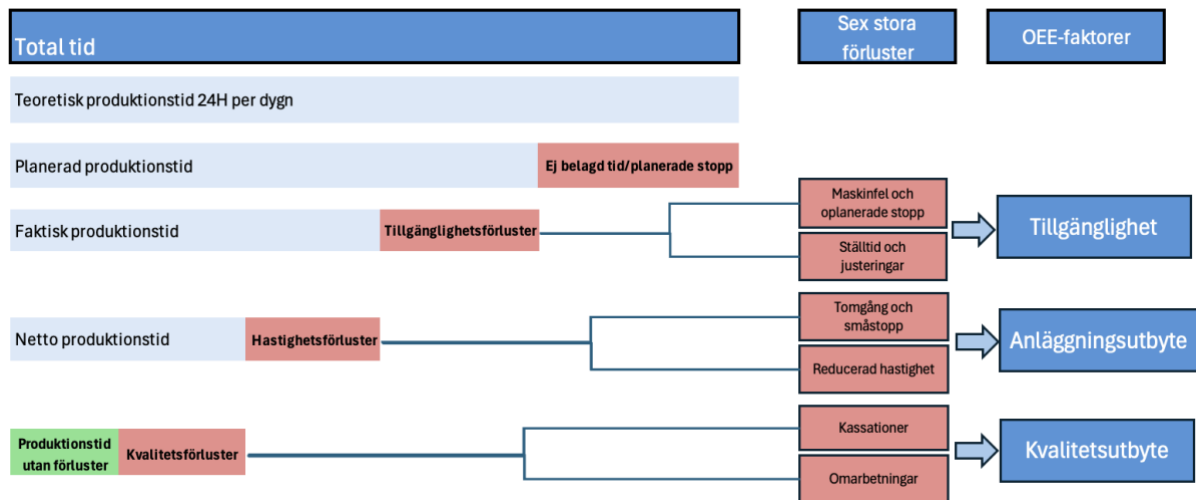
För att säkerställa trovärdigheten för det insamlade materialet har ett källkritiskt förhållningssätt tillämpats kontinuerligt under arbetets gång, både vid insamling av kvalitativ och kvantitativ data. Den interna datan som analyserats kring stopporsaker och nyckeltal kompletterades med en stopptidsuppföljning (se avsnitt 3.1.1), information från intervjuer samt observationer i syfte att få en bild av nuläget som representerar verkligheten.

Vidare har intervjuerna med underhållspersonal, operatörer och produktionstekniker betraktats som delvis subjektiva. En nackdel som är viktig att ta i beaktning vid intervjuer som en metod för datainsamling är faktumet att de bygger på vad människor säger snarare än vad de faktiskt gör. Vad människor säger att de gör, föredrar eller tänker kan inte per automatik förmodas att spegla sanningen (Denscombe, 2018). För att hantera detta har svaren från intervjuerna jämförts med observationer, data och andra intervjuer i syfte att säkerställa validiteten av informationen.

Slutligen har vetenskapliga källor och litteratur hämtats från etablerade databaser som Chalmers Bibliotek och Scopus. Samtliga externa källor har granskats med avseende på ursprung, aktualitet och peer review-status. Detta har bidragit till att skapa en bred och tillförlitlig kunskapsbas som ligger till grund för rapportens slutsatser.

## 4. Nulägesbeskrivning

Som tidigare nämnt i avsnitt 2.1 kan OEE beräkningar variera mellan företag. På AC Floby används ett internt ramverk som är visualiserat i figur 2. De tre huvudkomponenterna - tillgänglighet, anläggningsutbyte och kvalitetsutbyte - kan kopplas till var och en av de sex stora förlusterna och illustrerar samtidigt vilken del av den planerade produktionstiden varje faktor påverkar. OEE-talets påverkan på den planerade produktionstiden visualiseras genom den grönmarkerade rutan i figur 2, vilken representerar företagets produktionstid utan förluster. Det är detta ramverk som rapportens analys och förbättringsförslag utgår ifrån.



Figur 2. Visualisering av AC Floby:s definition av OEE-talet (personlig kommunikation, 2025).

Produktionslina A är en av flera produktionslinor som producerar bromsskivor. Under det senaste året har det genomsnittliga OEE-talet för produktion av typ X på produktionslinan uppgått till 76,0 %, där tillgängligheten, anläggningsutbytet och kvalitetsutbytet uppgår till 76,9%, 99,2% respektive 99,6% (se Tabell 1). Vid produktion av typ Y var genomsnittet i stället 76,6% och dess komponenter 78,6%, 98,3% och 99,2% (se Tabell 1).

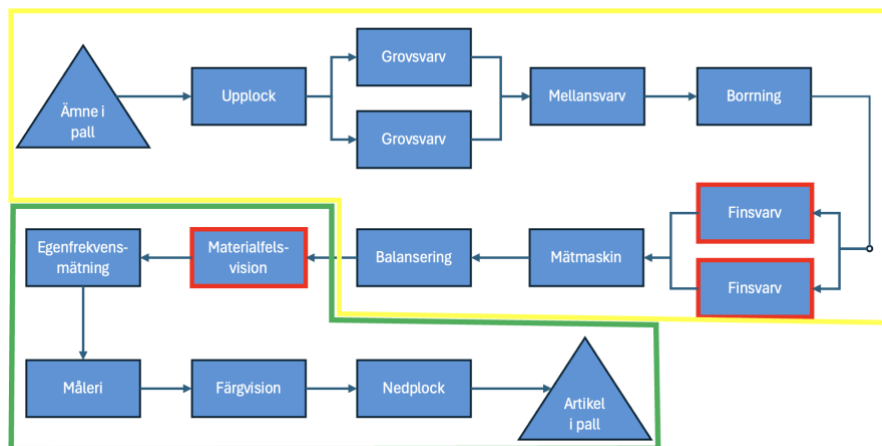
Tabell 1. Genomsnittliga OEE-tal och dess komponenter för bromsskiva typ X & Y, med avvikande månader uteslutna

<b>TYP X</b>	<i>mars 2024</i>	<i>apr. 2024</i>	<i>maj 2024</i>	<i>juni 2024</i>	<i>sep. 2024</i>	<i>okt. 2024</i>	<i>nov. 2024</i>	<i>jan. 2025</i>	<b>Genomsnitt</b>
<b>OEE</b>	80,4%	77,5%	70,5%	80,2%	81,7%	66,5%	74,8%	76,3%	<b>76,0%</b>
<b>Tillgänglighet</b>	81,2%	78,1%	71,5%	81,0%	83,0%	67,3%	75,9%	77,2%	<b>76,9%</b>
<b>Anläggningsutbyte</b>	99,2%	99,5%	99,3%	99,5%	99,0%	99,3%	98,8%	99,1%	<b>99,2%</b>
<b>Kvalitetsutbyte</b>	99,8%	99,7%	99,3%	99,5%	99,4%	99,6%	99,7%	99,7%	<b>99,6%</b>
<b>TYP Y</b>	<i>mars 2024</i>	<i>apr. 2024</i>	<i>maj 2024</i>	<i>juni 2024</i>	<i>sep. 2024</i>	<i>okt. 2024</i>	<i>nov. 2024</i>	<i>jan. 2025</i>	<b>Genomsnitt</b>
<b>OEE</b>	75,5%	75,9%	71,0%	75,1%	87,0%	86,6%	67,2%	74,6%	<b>76,6%</b>
<b>Tillgänglighet</b>	77,80%	77,50%	72,1%	76,9%	88,3%	88,9%	69,7%	77,5%	<b>78,6%</b>
<b>Anläggningsutbyte</b>	98,4%	98,8%	98,8%	98,7%	99,0%	98,3%	97,4%	97,1%	<b>98,3%</b>
<b>Kvalitetsutbyte</b>	98,6%	99,2%	99,6%	99,0%	99,5%	99,1%	99,1%	99,1%	<b>99,2%</b>

Tillgängligheten och kvalitetsutbytet för de två artikeltyperna har hämtats från befintlig data tillgänglig hos AC Floby, medan anläggningsutbytet har beräknats manuellt. Det visade sig att det beräknade anläggningsutbytet vara missvisande för båda artikeltyperna, vilket i sin tur skulle ha påverkat OEE-talet negativt vad gäller tillförlitlighet. För att på bästa sätt försöka spegla verkligheten, baserades beräkningen av anläggningsutbytet enbart på de registrerade mikrostoppen. Detta innebär dock att vissa förluster inte inkluderas i det historiska anläggningsutbytet, eftersom förluster kopplade till reducerad hastighet riskerar att inte räknas med.

## 4.1 Produktionsprocessen

Produktionslinan består av processer som omfattar materialhantering, bearbetning, kvalitetskontroll och efterbehandling (se figur 3). Den kräver endast mänsklig interaktion vid reaktivt/förebyggande underhåll, omställningar, hantering av avvisade detaljer samt vid viss manuell kvalitetssäkring i form av stickprov. Hanteringen av de avvisade detaljerna sker efter kvalitetssäkrande processer såsom mätmaskinen, materialfelsvision och färgvision, där avvikelser fångas upp och detaljer sorteras för att omarbetas, kasseras eller kvalitetssäkras manuellt beroende på avvikelstens typ och omfattning.



Figur 3. En illustration av produktionsflödet där rektanglarna är värdeadderande processer, triangelarna är lager och det gröna samt gula området representerar primärdelen respektive slutdelen.

I produktionsflödet för skivtyp X är finsvarven den cykeltidsbaserade flaskhalsen i den primära delen av processen (se figur 3), det vill säga den station som begränsar genomflödet av skivorna. Den identifierades genom att jämföra respektive stations cykeltid i primärdelen och slutdelen för att hitta den med längst cykeltid. Identifieringen av begränsande stationer har skett utifrån deras cykeltider, med antagandet att inga stopp eller störningar påverkar produktionslinans genomflöde. Dock hade eventuellt andra begränsande stationer kunnat identifieras om hänsyn tas till hur ofta och länge maskinerna går sönder på produktionslinan. I nuläget är datan som finns tillgänglig (se kapitel 5) inte tillräcklig för att utföra en tillförlitlig analys kring identifiering av flaskhalsar. I slutdelen (se figur 3) är det i stället materialfelsvision som utgör den cykeltidsbaserade flaskhalsen. Normalt sett har ett sammanhängande flöde bara en flaskhals, men i detta fall sammanfogas två separata flöden: produktionslina A och B. Dessa möts i den gemensamma slutdelen (efter balansering), vilket gör att flödet i slutdelen har en annan kapacitet än den tidigare delen av produktionslina A. Därför kan den cykeltidsbaserade flaskhalsen skifta från finsvarv i den första delen till materialfelsvision i den sista.

Produktionsflödet inleds med att en robot lyfter en obearbetad bromsskiva från en behållare med hjälp av en magnet upphängd i kedjor. Roboten förflyttar sedan skivan till ett transportband, där den placeras genom att magneten stängs av. Sedan vänds bromsskivan över till rätt sida om magneten släppte den på fel sida. Den transporteras vidare till två parallella svarvar för grovbearbetning som genomför samma operation. Grovsvavven avverkar mycket

material under en kort period eftersom en toleranserna på ytfinheten är större under denna process, vilket resulterar i en relativt skrovlig yta (Tamizharasan m.fl., 2006). Svarvning (Gurugubelli m.fl., 2022) baseras på att arbetsstycket, vilket i detta fall är bromsskivan, roterar samtidigt som ett skär matas in i materialet. Inmatnings- och rotationshastigheten kan justeras för att styra avverkningen och uppnå önskade toleranser. Roboten har två stycken gripklor som används för att plocka upp en skiva från bandet samt den skiva som är färdig i svarven för att byta plats på dem. Skivan förflyttas vidare på transportband till märkningsmaskinen där de rullpräglas. Nästa station är mellansvarven som avverkar material undertill på bromsskivan. Denna robot har också två stycken gripklor, men behöver vända på skivan för att kunna borra från rätt håll. Efter att fem genomgående hål har borrats i skivan, fasas också ett hål upptill innan roboten lägger upp den på bandet igen. Skivan finbearbetas i nästa cell som innehåller två svarvar i ett parallellt flöde.

Roboten plockar sedan ut skivan från en av maskinerna och placerar dem på nästa transportband för att mätas i mätmaskinen där de skivor som inte uppnår toleranserna avvisas till rejektbanan. Rejektbanan tar max emot fem skivor innan maskinen stannar efter den sjätte. De skivor som har avvisats, plockas av rejektbanan och mäts manuellt. De som ändå uppnår toleranserna läggs upp på bandet igen och de som har bearbetas för mycket eller har en annan skada skickas iväg för att smältas ner igen.

Om skivan godkänns i mätmaskinen förs den vidare till balanseringen genom att en robotarm plockar upp skivan och sätter ner den i en fixtur. Fixturen börjar rotera och maskinen känner av vibrationer som uppstår på grund av ojämn massfördelning i skivan (Hu m.fl., 2023). Därefter bearbetas skivans kortsida för att jämna ut massdistributionen och på så sätt undvika vibrationer vilket i sin tur förebygger ojämnt slitage, minskad bromsningseffekt och andra mekaniska fel under användning (Hu m.fl., 2023).

Efter balanseringen hissas bromsskivorna upp till ett transportband i taket där de kan transporteras till slutdelen utan att störa truck- och gångstråket som går mellan primärdelen och slutdelen. Efter att dessa hissats ner igen går de tillsammans med bromsskivor från lina B in i materialfelsvision där bromsskivorna analyseras i tre steg för att hitta materialdefekter. Dessa defekter inkluderar materialfel som till exempel porbildning från gjutprocessen, otydlig märkning från märkningsmaskinen eller skadade ytor som uppkommit under materialhanteringen. Om skivan avvisas i materialfelsvision läggs denna på en rejektbana som i sin tur har plats för tre skivor. När maskinen vill avvisa en fjärde skiva stannar maskinen tills

dess att en operatör manuellt inspekterat skivorna på rejektbanan och hanterat dessa efter behov.

Därefter kontrolleras skivorna i ytterligare en kvalitetskontroll som kallas för egenfrekvensmätning. Det är en kvalitetssäkrande process där föremålet försätts i vibration och mäter dess naturliga resonansfrekvens för att dra slutsatser om materialets styvhet och egenskaper (Gianni, 2014). Nästa steg är måleriet där vissa ytor av skivorna från de båda linorna målas för att motverka rost samt för de estetiska fördelarna. Efter måleriet går skivorna in i färgvision där eventuella färgfel fångas upp och i det fallet avvisas skivan för att sedan manuellt kontrolleras av operatören. Rejektbanan har plats för fyra skivor. När en femte skiva avvisas stannar maskinen tills operatören hanterat situationen. De skivor som inte blivit avvisade i färgvision åker sedan vidare till nedplock där en robot packar ner skivorna i pallar beroende på destination. Vissa skivor ska vidare till montering på nya bilar i en annan fabrik medan andra packas enstyck som reservdelar. Eftersom det är flera olika artiklar som packas här sorteras också dessa automatiskt av maskinen för att säkerställa att rätt typ hamnar i rätt pall.

#### 4.1.1 Ledtidskarta

Ledtidskartan har skapats för att beskriva produktionsprocessen djupgående. Den är lik en värdeflödeskarta, men skiljer sig på flera sätt. En ledtidskarta visualiserar den tid det tar för en enhet att passera genom hela produktionsflödet och hur enheten rör sig genom flödet. Den visar också vilken produktionstakt (benämnd som *takt time* i bilaga 3 och 4) produktionslinan har i jämförelse med den längsta cykeltiden i flödet. Bilaga 3 beskriver primärdelens flöde av bromsskivor av artikeltyp X från att halvfabrikat tillförs till processen till och med balanseringen. Bilaga 4 beskriver i stället slutdelen av produktionsflödet fram tills att artiklar av typ X och Z plockas ned i pallar. Ledtidskartorna är uppdelade på grund av att de har olika produktionstakter. Den första delen av flödet påverkas endast av sin egen takt medan den andra delen också påverkas av produktionslina B som sammanfogas med primärdelen efter balanseringen. Valet av artikeltyp som respektive ledtidskarta ska motsvara grundas i att bromsskivor av typ X och Z är de som produceras i högst kvantitet på lina A respektive B.

Bilaga 3 och 4 innehåller SSIP (standard stock in process), SSIT (standard stock in transit) och buffertar som är markerade enligt beskrivning i bilagan. SSIP innebär att enheten är aktiv i ett processteg som tillför värde till slutprodukten. Antalet SSIT-enheter i varje buffert avgörs genom att dividera transporttiden mellan respektive process med produktionstakten och

avrunda det uppåt. Detta för att avgöra hur många enheter som behöver finnas i buffert för att uppnå ett kontinuerligt flöde. Ytterligare buffertplatser är nödvändigt för att delvis kunna kompensera för stopp i produktionen.

Den totala ledtiden för en produkt genom ett flöde är lika med den genomsnittliga produktionstakten multiplicerat med produkter i arbete (PIA), det vill säga buffertar, SSIT:s och SSIP:s. Den kan stödjas av Holwegs m.fl. (2018, s. 230) artikel som i stället räknar på produktionshastigheten, det vill säga inversen av produktionstakten enligt följande formel:

$$\text{Ledtiden} = \text{Produktionstakt} * \text{PIA}$$

Denna formel applicerades på både primärdelen och slutdelen (se bilaga 3 och 4), men i slutdelen användes en annan beräkning av den genomsnittliga produktionstakten (se skillnad i beräkningar nedan). Primärdelens produktionstakt räknades ut genom att dividera den längsta cykeltiden (sekunder/enhet) i primärdelen med det förväntade OEE-talet på linan. Detta gjordes för att ta hänsyn till eventuella förluster som i sin tur påverkar produktionstakten. I slutdelen räknades först respektive produktionshastighet (enhet/sekund) ut genom att dividera det förväntade OEE-talet med den längsta cykeltiden för respektive lina innan sammanfogningen. Dessa adderades för att räkna ut den kombinerade hastigheten som sedan inverterades för att beräkna den kombinerade produktionstakten. Följande formler sammanställdes tillsammans med produktionstekniker på företaget (personlig kommunikation, 2025):

$$\text{Produktionstakt}_{\text{primärdelen}} = \frac{\text{Längsta cykeltid}_A}{\text{Förväntat OEE}_A}$$

$$\text{Produktionstakt}_{\text{slutdel}} = \frac{1}{\left(\frac{\text{Förväntat OEE}_A}{\text{Längsta cykeltid}_A}\right) + \left(\frac{\text{Förväntat OEE}_B}{\text{Längsta cykeltid}_B}\right)}$$

Respektive ledtidskarta inkluderar även en *Target Cycle Time* (TCT). TCT har tagits fram genom att jämföra maskinernas cykeltider och välja den längsta. Detta för att visa vilken produktionstakt primärdelen respektive slutdelen hade haft om det inte vore för störningar i produktionen.

## 5. Resultat

Detta kapitel kommer presentera det empiriska underlaget som kommer behandlas i diskussionen (se kapitel 6). Inledningsvis kommer OEE-statistik att presenteras för produktionslina A, följt av en stopptidsuppföljning som kompletterar statistiken genom att undersöka de okodade mikrostoppen. Därefter beskrivs skillnader mellan skivtypernas förlustorsaker för att till sist sammanställa insikter från utvalda representanter från underhållsavdelningen och operatörer. Detta i syfte att balansera kvantitativ med kvalitativ data.

### 5.1 Sammanställning av OEE-statistik

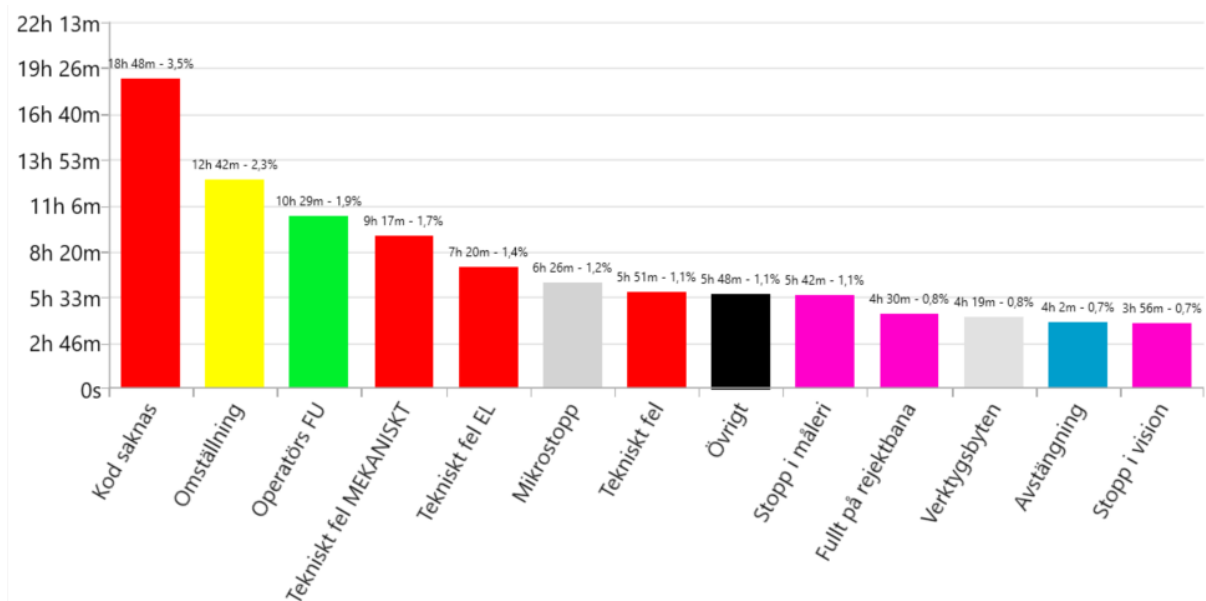
Stoppen på produktionslinan kan brytas ner med hjälp av den information som samlas in automatiskt, vilket inkluderar artikelnummer samt starttid och stopptid för stoppet. Utöver detta kodas stoppen av operatörerna där stopporsaken och stationen specificeras baserat på förutbestämda alternativ för att underlätta uppföljning av statistiken. Stopporsakerna kommenteras också om operatören upplever det nödvändigt för att komplettera den information som redan är kodad. Produktionstekniker har valmöjligheten att kräva obligatorisk kodning eller överlåta till operatören att avgöra i vilken utsträckning stoppet behöver kodas.

I nuläget finns det bara en mätpunkt som samlar data till RS Production på produktionslina A och den är placerad direkt efter balanseringen. Mätpunkten mäter tiden mellan varje skiva som passerar och jämför den med en förutbestämd referenstid baserad på den längsta cykeltiden för en station i produktionsflödet. Om tidsintervallet mellan skivorna överstiger denna referenstid registreras ett stopp i RS-systemet.

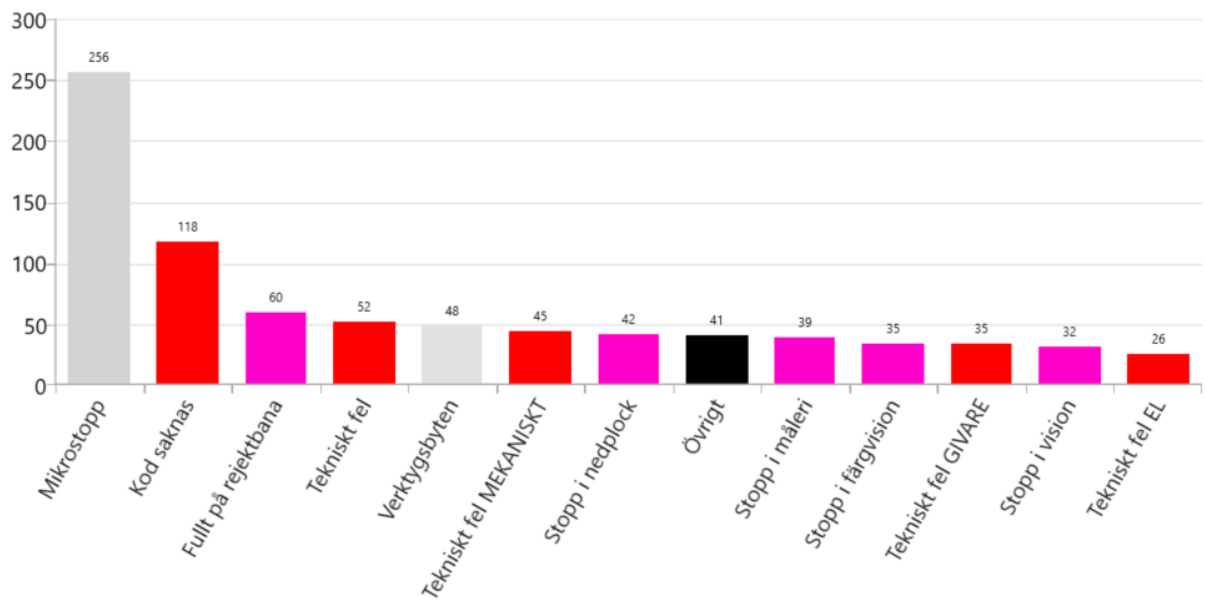
Den högsta stapeln i figur 4 motsvarar stopp som operatörerna inte har kodat och figur 5 visar att denna sortens stoppkategori är vanligast förekommande efter mikrostopp. Denna typ av kodning uppstod främst under det tidsintervall då en nyligen omplacerad operatör var schemalagd på produktionslina fyra. Orsaken till detta bör därför delvis uteslutas eftersom detta inte representerar normalläget.

Det bör även noteras att samtliga mikrostopp registreras automatiskt, där kriteriet för ett mikrostopp är att sensorn som är kopplad till RS-systemet har detekterat ett stopp på högst två minuter. Därmed har en stopptidsuppföljning genomförts (se avsnitt 3.1.1) för att undersöka

vad mikrostoppen beror på genom att se med egna ögon samt analysera den manuellt hämtade datan i efterhand. Utöver mikrostopp, är stoppet full rejektbana 2-15 minuter långt men uppgår till ungefär 4,5 timmar totalt under perioden 13/1-20/2 2025 (se figur 4). Stoppen förekommer i egenfrekvensmätningen, färgvision, mätmaskinen och materialfelsvision men är vanligast förekommande i de två sistnämnda (Good Solutions, 2025). Det näst mest omfattande stoppet är omställningar (se figur 4) som omfattar tiden det tar att ställa om maskinerna på produktionslinan utifrån nästa artikel som ska produceras. Omställningstiderna varierade mellan 3 timmar 24 minuter och 5 timmar 47 minuter, med ett genomsnitt på 4 timmar och 50 minuter.



Figur 4. Ackumulerad tid per förlustorsak för bromsskiva typ X och Y samt dess andel av planerad produktionstid för dessa bromsskivor. Insamlat genom RS Production mellan den 13/1 och 20/2 2025 (Good Solutions, 2025). Återgiven med tillstånd



Figur 5. Antal förlustorsaker för bromsskiva typ X och Y. Insamlat genom RS Production mellan den 13/1 och 20/2 2025 (Good Solutions, 2025). Återgiven med tillstånd

“Tekniskt fel” innefattar fyra olika kategoriseringar som “verktygsbrott”, “elektriska fel” och “mekaniska fel” som kräver akut avhjälpande underhåll samt “givarfel” som, beroende på omständigheterna, kan åtgärdas direkt av operatören. Under större delen av januari var “Tekniskt fel” den enda kategoriseringen för de nämnda stopporsakerna, som i sin tur delades upp i tekniskt fel mekaniskt, givare och el.

Elfel är relativt vanligt förekommande och trender som har observerats är att felen är återkommande i upplocket, balanseringen och eventuellt materialfelsvision. Stoppen i upplock kan enligt kommentarerna (Good Solutions, 2025) bero på återkommande kabelbrott, medan stoppen förekommer på 8 av 39 undersökta dagar. Elfel i materialfelsvision har dock bara skett under en dag och baserat på kommentarer ser det ut att vara bildtagningsfel. Det finns fler återkommande tekniska fel i materialfelsvision utan vidare kategorisering (Good Solutions, 2025) vilket kan tyda på samma återkommande fel. Följaktligen är felen även tydligt återkommande i balanseringen men utan kommentarer.

Mekaniska fel har en genomsnittlig stopptid på ungefär 12 minuter och förekommer frekvent i upplocket, balanseringen, på transbortbanan eller hissen (går under samma stoppkod). Stopp i upplocket ser ut att främst bero på att magneten antingen fastnar i behållaren som skivorna ligger i eller att magneten tappar skivorna under lyft. Denna typ av stopp är också återkommande i balanseringen, men orsaken är inte tydlig genom den insamlade datan i RS

Production (Good Solutions, 2025). Följaktligen kan de mekaniska felen på transportband eller hiss förklaras av att skivorna fastnar på transportbandet på grund av svag friktion mellan skivan och transportbandet men felen i hissen har inte kommenterats.

Givarfelen har en snittid på 7 minuter (Good Solutions, 2025) och kan förklaras av att sensorer längst med produktionslinan inte kan registrera eller överföra korrekt information till styrsystemet. Baserat på kommentarerna missar vissa givare att detektera skivor vid inbanan, vilket resulterar i felaktig information till styrsystemet och kan påverka den efterföljande bearbetningen samt materialflödet.

Orsaken till följande stopp behandlas ej i detta stycke på grund av brist på kommenterade stopp. Operatörs-FU har skett tre gånger under den undersökta perioden med en snittid på 210 minuter per tillfälle (Good Solutions, 2025). Verktygsbyten utförs med jämna mellanrum när skären eller borrarerna blir utslitna och måste ersättas för att upprätthålla bearbetningskvaliteten och förhindra defekta detaljer. Verktygsbytena är inte stationspecificerade och kommenteras sällan (Good Solutions, 2025), detta gör det svårt att identifiera exakt var och varför de sker, vilket försvårar förbättringsarbete. Stopp i måleriet, visionstationerna och nedplock sker efter mätpunkten för RS Production där felen också är relativt vanligt förekommande med genomsnitt på 7 minuter långa stopp.

## 5.2 Stopptidsuppföljning

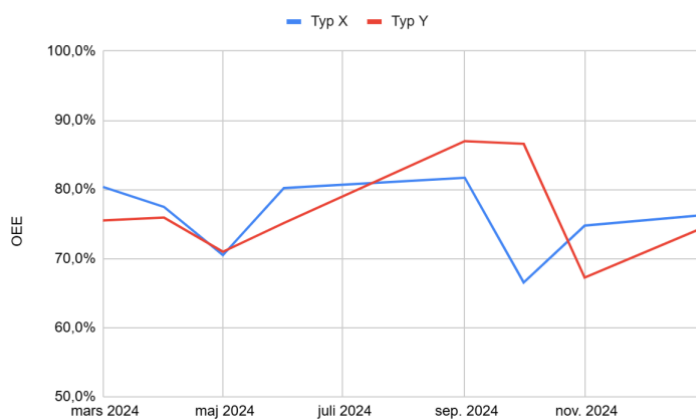
Stopptidsuppföljningen genomfördes med fokus på finsvarven i primärdelen och materialfelsvision i slutdelen. Den primära orsaken till stopp i slutdelen under stopptidsuppföljningen var att färgvision avvisade skivor som operatörerna själva ansåg vara godkända. Detta resulterade i att operatören var tvungen att manuellt återplacera skivan på bandet vilket skapade stopp bakåt i flödet. Av den totala stopptiden i materialfelsvision på 40 minuter kunde ca 20 minuter kopplas till just detta fenomen. Resterande stopptid uppstod på grund av tom inbana till slutdelen, skivor som vobblade i måleriet samt en sensor som inte registrerade att det fanns en pall för roboten att lägga färdiga skivor i.

Stopptidsuppföljningen i primärdelen resulterade i andra stopporsaker men också vissa som kan kopplas till stoppen i slutdelen. Några av stopporsakerna är verktygsbyte, att mätmaskinen krånglade, skivor som satt fast på transportbandet mellan mätmaskin och balansering samt att upplocket inte tog upp skivor av okänd anledning. Full utbana efter balanseringen var också en stopporsak som uppstod och som i sin tur kan kopplas till stoppen

i slutdelen. Här var den största anledningen till stopp att skivan fastnade på transportbandet vilket resulterade i en förlust på 16 minuter för materialfelsvision.

### 5.3 Skillnader mellan typ X och typ Y

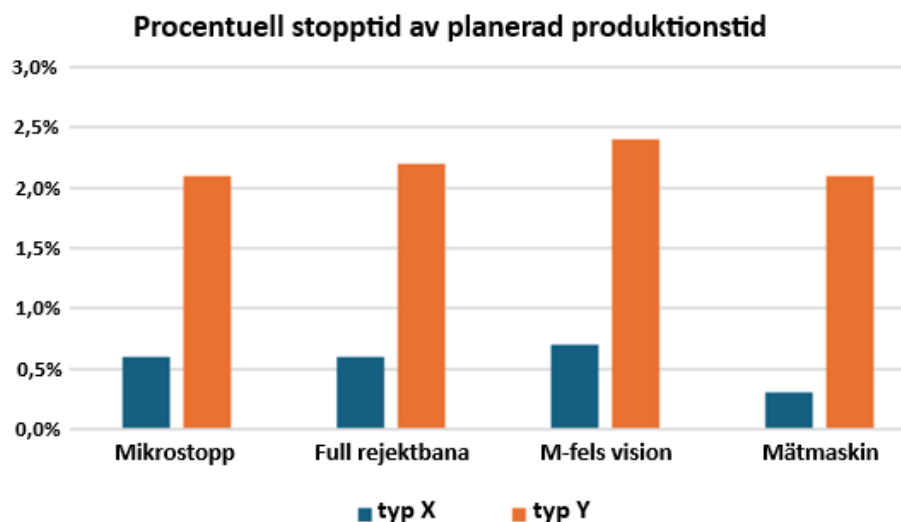
Bromsskiva av typ X tillverkas i större volymer än typ Y (Good Solutions, 2025), vilket resulterar i en motsvarande fördelning av produktionstiden. Skillnaden mellan de två typerna behandlas därav genom att analysera fördelningen av förlustorsaker för respektive skiva. En längre tidsperiod i närtid har valt att analyseras i detta avsnitt för att skapa en rättvisande bild av skillnaderna mellan dem. OEE-talen för respektive skiva har under den undersökta perioden varit relativt varierande där den ena artikeln besitter ett högre OEE-tal den ena månaden och tvärtom en annan (Good Solutions, 2025). Med variationerna inräknade, har de olika artiklarna ett liknande genomsnittligt OEE-tal över tid enligt figur 6.



Figur 6. Utveckling av OEE-tal för typ X och Y, baserat på data från RS Production (Good Solutions, 2025)

Den cykeltidsbaserade flaskhalsen varierar beroende på vilken skivtyp som produceras. När typ Y produceras har mellansvarven längst cykeltid i primärdelen (personlig kommunikation, 2025). Mellansvarvens cykeltid skiljer sig med 13,1 sekunder till den näst längsta cykeltiden på linan när den typen produceras i jämförelse med typ X som endast har en skillnad på 3 sekunder (personlig kommunikation, 2025). Utnyttjandegraden på den station med längst cykeltid behöver hållas hög för att stationer framför inte ska behöva vänta på skivor. Därav är mellansvarven extra känslig för störningar vid produktion av typ Y. Dessutom visar datan från RS Production att andelen mikrostopp vid produktion av typ Y är ungefär tre gånger högre än vid produktion av typ X (se figur 7).

Följaktligen visar datan från RS Production att den sammanlagda stopptiden som kan härledas till mätmaskinen och materialfelsvision är ungefär fyrdubbelt längre vid produktion av typ Y jämfört med typ X (se figur 7). Både antalet långa stopp och totalt antal stopp är fler vilket kan tyda på att maskinerna är felkalibrerade, kvalitetsbrister i materialet eller konstruktionen. Samma rotorsak kan rimligtvis härledas till varför full rejektbana är mer vanligt förekommande för typ Y.



Figur 7. Diagrammet visar fördelningen av respektive artikels stopptid av planerad produktionstid mellan den 23/1-2025 och 20/3-2025 hämtat från RS Production (Good Solutions, 2025).

## 5.4 Underhållsavdelningens verksamhet i nuläget

Denna del av resultatet baseras på en semistrukturerad intervju (se bilaga 2) med två anställda från AC Flobys underhållsavdelning. Första informanten har en strategisk roll som inkluderar planering, uppföljning och utveckling av underhållet, medan den andra arbetar som driftsäkerhetstekniker med fokus på planering och samordning av förebyggande underhåll. Syftet med intervjun var att skaffa inblick i vilka metoder och system som används, hur underhållsarbetet är organiserat, samt vilka utmaningar och utvecklingsmöjligheter som informanterna upplever.

Underhållsverksamheten på företaget är uppdelad i strategiskt och operativt underhåll (personlig kommunikation, 2025). Det strategiska underhållet ansvarar för förbättringsarbete, planering och systematik medan den operativa avdelningen fokuserar på det praktiska

utförandet. Under större renoveringar förekommer dock att båda avdelningarna samarbetar med det praktiska för att bidra med flera synvinklar på utmaningen.

Under intervjun framkommer det att de arbetar utefter VDM som innebär att olika underhållsinsatser prioriteras i den ordning som de anses skapa värde för verksamheten (se avsnitt 2.6). Denna strategi omfattar inslag från TPM, men VDM tillämpas främst som ett övergripande prioriteringsramverk snarare än ett strikt arbetssätt. Enligt informanterna har ramverket använts “mer eller mindre hela tiden” (personlig kommunikation, 2025), men har blivit allt tydligare förankrat till AC Floby sedan de blev ett helägt dotterbolag till Volvo. Tidigare arbetade de mer med ett “life-cycle-perspektiv” där livslängden på komponenterna styrde planeringen.

Det förebyggande underhållet planeras genom ett digitalt underhållssystem som innefattar mallar som stöd för personalen vid återkommande åtgärder. Revisioner av deras mallar och rutiner genomförs utefter behov. Det finns inget tidsintervall på hur ofta de utför revisioner vilket tyder på att förbättringar av nuvarande system förlitas på erfarenhetsbaserade bedömningar (personlig kommunikation, 2025). Informanterna presenterade att effektiviteten av det förebyggande underhållet mäts i dagsläget genom leveransprecision samt genom återkoppling från servicegruppen. De uttrycker dock ett behov av att basera sina uppföljningar på högkvalitativ data, genom bland annat sensorer och onlinemätning. “Vi kommer ju inte hela vägen ner i den datan [RS production], utan den behöver ju förfinas ytterligare” och “Vi har jobbat med onlinemätning, men det är lite pausat för tillfället” (personlig kommunikation, 2025).

Kunskapsspridning inom underhållsavdelning baseras dels på “servicetips” (personlig kommunikation, 2025) som lärs ut i samband med att de tas fram. De ser även till att ta hjälp av tidigare arbeten när det kommer till jobb som inte utförs ofta. Informanterna ger exempel på dokumenteringen i samband med en av deras större renoveringar, där fotografering och beskrivning av processerna genomfördes.

Baserat på intervjun beskrivs teknikstöd av informanterna som den funktion som ansvarar för att optimera och utveckla exempelvis robotrutter och processförbättringar i produktionen, vilket skiljer sig från underhållsavdelningens fokus på att säkerställa driftsäkerheten. Informanterna nämner även att operatörsunderhållet genomförs genom att de får arbetet de ska göra i pappersform som operatören genomför och fyller i för att lämna tillbaka till den

strategiska underhållsavdelningen. För att operatörer ska involveras mer i underhållsarbete menar respondenterna att de behöver se en konkret nytta med sitt deltagande. Slutligen säger informanterna att de strävar efter mer förebyggande underhåll kontra avhjälpande, och har ungefär 60% planerat underhåll kontra akuta jobb förra året. Informanterna lägger till att det pågår ett initiativ på företaget som syftar till att tydligare definiera ansvarsfördelningen mellan operatörer och underhållspersonal i det förebyggande underhållet: “Vi har faktiskt en underhållsteknisk specialistroll som är planerad att rekryteras, och ska jobba med att utveckla operatörs-FU.” (personlig kommunikation, 2025).

## 5.5 Sammanställning av operatörsinsikter

Under intervjuerna med operatörerna på produktionslina A framkom information kring underhållsprocesser, stoppsaker, kodning av stopp samt kommunikation mellan avdelningar. Två operatörer intervjuades enligt den semistrukturerade intervjun i bilaga 1. Utöver detta, genomfördes även en ostrukturerad intervju med operatörerna i primärdelen respektive slutdelen i enlighet med avsnitt 3.2 och resultatet kommer att presenteras i detta avsnitt.

Ett av de vanligare felen på produktionslinan uttryckte operatören var relativt lättåtgärdat genom att lägga till rutiner i deras schema (personlig kommunikation, 2025). Felet i fråga handlar om att givarna eller reflexen som givarna reflekterar lasrarna emot blir täckta av metallpartiklar och känner därav inte av om en skiva passerar eller inte. Spånor och metallpartiklar uppstår av de bearbetande processerna på produktionslinan som inte är helt täta. Detta leder till att flödet stannar eftersom skivornas positioner är okända, men även att operatörerna andas in partiklarna och kan bli träffade av de varma spånorna även om de bär skyddsutrustning. Givarna kan även vara monterade på en ostabil grund, förklarar operatören. Att fästa den på en yta som blir utsatt av vibrationer eller dunsar leder till att den lossnar över tid eller att lasern ändrar riktning tillräckligt för att bromsskivan inte ska kunna läsas av. Det framkommer i intervjun att denna typ av fel brukar åtgärdas efter att stoppet uppstår genom att torka av givarna eller justera dess position, vilket avhjälpande underhållspersonal ibland assisterar med. Operatörerna menar att sådana fel till viss del kunnat förebyggas genom att lägga till rutiner för avtorkning av givarna på deras “ordning och reda”-lista på lina A samt genom en bättre givarkonstruktion eller en mer eftertänksam placering.

Operatörerna påstår att de felkodade och okategoriserade stoppen i RS-systemet beror på slarv eller stress, speciellt vid skiftbyte, trots att de uttrycker hur bekväm stoppkodningen upplevs vara. En av operatörerna poängterade att vanligt återkommande stopp skulle kunna kodas genom att exempelvis trycka på ett förinställt alternativ, såsom ”upplock tappas skiva”, vilket automatiskt tilldelar både station, orsak och en standardiserad kommentar, utan att operatören behöver skriva in detta manuellt. En operatör föredrar även fler subkategorier i stället för att behöva skriva långa kommentarer. Informanten påpekar att de har tidigare hämtat pallar med ämnen till upplocket i sin egen lina vilket inneburit att de har varit frånvarande under en kort period. Däremot har en nyligen förändring resulterat i att detta ansvarsområde tillfaller logistikavdelningen men att operatören i stället ska hantera färdiga pallar i slutdelen emellanåt. Detta resulterar i att operatörerna nu är borta längre från linan och inte heller har möjlighet att se andon-signalerna när stopp inträffar. Dessutom upplever operatören i slutdelen att det sällan finns tid för kodningen av stopp i denna del. Operatören i primärdelen behöver i detta fall antingen förlita sig på att operatören i slutdelen såg händelsen, eller att stoppet är av tillräcklig varaktighet för att möjliggöra för operatören att själv ta sig till slutdelen och fastställa orsaken innan felet åtgärdats. Operatören poängterar även att när ett stopp uppstår och operatören misstänker att det beror på en station i slutdelen, observerar denne ljusfyra i slutdelen och kodar stoppen utifrån det.

Enligt operatörerna finns det inga nämnvärda skillnader mellan feltyperna på typ X respektive Y, dock gavs kastproblem hos typ Y som exempel. De fortsätter med att poängtera att när väl skivspecifika fel uppstår går de ofta att härleda till materialdefekter i specifika batcher. Operatörerna lägger även till att mätmaskinen på produktionslinan är en prototyp och därmed en osäkerhetsfaktor i flödet eftersom den har haft historia av att avvisa skivor som egentligen uppnått toleranserna.

En återkommande reflektion bland de intervjuade operatörerna är att det finns potential för dem att ta ett större ansvar för förebyggande underhåll. De ser detta som en möjlighet att snabbare åtgärda enklare problem utan att behöva invänta underhållspersonal, vilket de menar skulle kunna bidra positivt till produktionsflödet. Operatörerna upplever att de har den grundläggande kunskapen för att utföra mer underhåll, men saknar både verktyg och mandat. Underhållsavdelningen upplevs som delvis restriktiv med att låta operatörerna utföra justeringar i utrustning, men samtidigt ser operatörerna potential i att göra det för att minska på väntetider och skapa en lugnare arbetsgång. En operatör poängterar att utökad underhåll borde möjliggöras genom lämplig inlärningsform, exempelvis kurser i robotprogrammering,

och en bättre tillgång till verktyg. De lägger till att de gärna lär sig genom att gå bredvid och “learn by doing” (personlig kommunikation, 2025) efter att de blev tillfrågade om den mest föredragna inlärningsformen.

När det kommer till kommunikationen mellan avdelningar, särskilt vid skiftöverlämning, beskrivs den som oftast välfungerande men periodvis bristfällig (personlig kommunikation, 2025). Det finns en loggbok som används vid överlämning som fungerar som en form av avvikelserapportering. Operatörerna dokumenterar skriftligt i denna men går även igenom muntligt om det finns tid i samband med överlämning. Det är upp till varje individ hur noggrann dokumenteringen görs vid skiftbytet. En operatör beskriver det som problematiskt när en betydande ändring har gjorts på produktionslinan utan att den är dokumenterad. Teknikstöd är ibland med vid överlämningar när särskilda problem behöver lyftas för att täppa igen en del av de informationsluckorna som uppstår. Samtidigt framkommer det att dokumentation ibland saknas kring vilka åtgärder eller förändringar teknikstöd har genomfört, vilket kan skapa osäkerhet bland operatörerna. Operatören påstår att detta skulle kunna förbättras genom att teknikstöd i större utsträckning informerar vid genomförda förändringar, särskilt när dessa har en betydande påverkan på processerna.

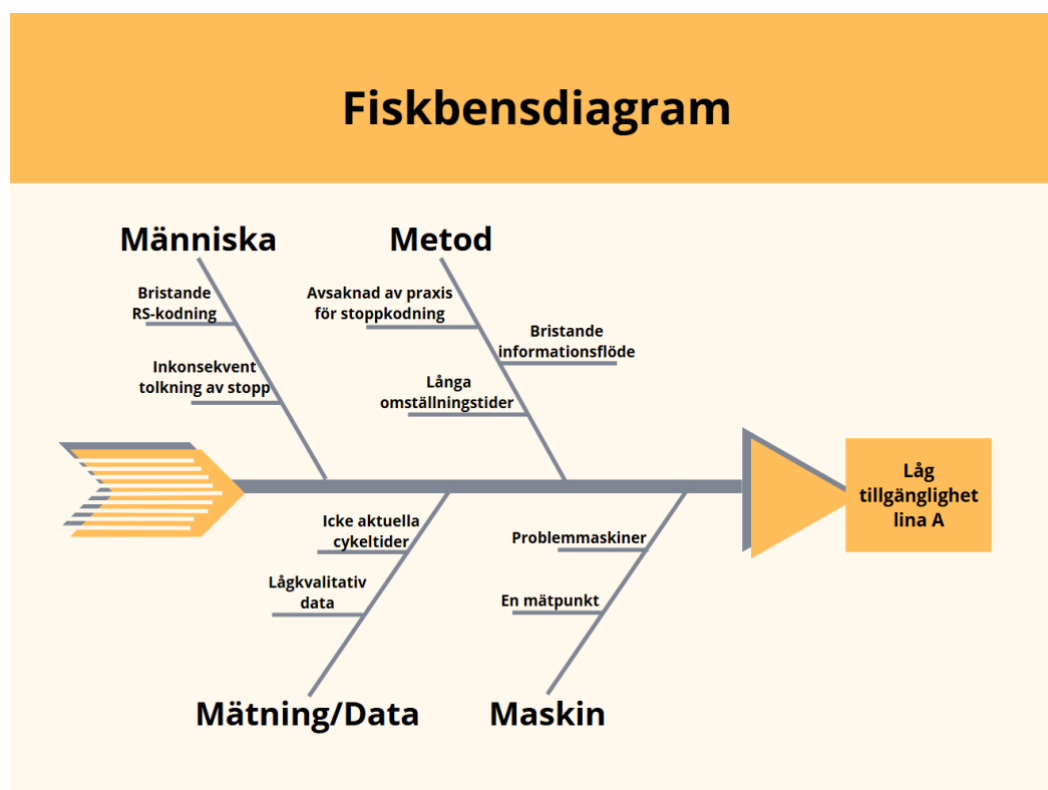
Slutligen frågades operatörerna om vilka åtgärder de tror hade kunnat genomföras för att förbättra tillgängligheten på produktionslinan. Det nämns förbättrad stoppkodning, mer operatörsunderhåll och att åtgärdande av mindre akuta stopp hade kunnat genomföras snabbare. Det diskuteras även om en bättre konstruktion av andonsystemet på produktionslinan hade kunnat leda till snabbare identifiering av stopp. Operatören tror att ljusfyrarna hade kunnat samlas och därmed öka tillgängligheten genom att märka av avvikelser snabbare.

## 6. Diskussion och rekommendationer

Detta avsnitt avser att presentera och diskutera de rekommendationer som är avsedda till AC Floby i linje med syftet för denna rapport. Nulägesbeskrivningen och resultatet används i detta kapitel som grund för de förbättringsförslag som anses vara mest relevanta för företaget. Rotorsakerna presenteras först för att sedan beskriva förbättringsområdena mer ingående för att i sin tur diskutera förbättringsförslagen.

### 6.1 Rotorsaksanalys

I syfte att strukturera och förstå orsakerna bakom tillgänglighetsförlusterna har en rotorsaksanalys genomförts. Den baseras på fem varför-metodiken där de identifierade rotorsakerna visualiseras i ett fiskbensdiagram (se avsnitt 2.3 och 3.4). Resultatet presenteras i fiskbensdiagrammet (se figur 8), som kategoriseras under människa, metod, maskin och mätning/data. Diagrammet syftar till att fungera som en övergång från det objektiva resultatkapitlet till de förbättringsområden och förbättringsförslag som presenteras i detta kapitel.



Figur 8. Fiskbensdiagram som visualiserar tillgänglighetsförlusternas rotorsaker på produktionslina A.

## 6.2 Identifiering av förbättringsområden

Detta avsnitt analyserar de huvudsakliga orsakerna till produktionsförluster utifrån insamlad data, intervjuer och observationer, med syfte att identifiera var i processen det finns potential för förbättring.

### 6.2.1 Högkvalitativ data som grund för faktabaserade beslut

Ett av de tydliga problemen som identifierades när informationen från RS Production skulle tolkas var bristen på högkvalitativ data. Programmet används i dagsläget för att få en översiktlig bild av produktionen, där datan används för att tolka orsakerna till de låga OEE-värdena. Det går att argumentera för att det finns förbättringspotential kring kvalitén på den informationen, vilket i sin tur skulle möjliggöra bättre faktabaserade beslut som är en princip för kvalitetsledning enligt ISO-9000:2015 (SIS, 2015). I många fall var datan som analyserades otillräcklig för att kunna bilda sig en rättvisande uppfattning kring orsaken. Denna syn delas även av nyare forskning kring IoT och dataanalys, där högkvalitativ data är en förutsättning för att IoT-baserade system och OEE ska kunna ge verkligt värde i förbättringsarbetet (Moghe m.fl., 2023).

En av bristerna som identifierades var inaktuella cykeltider i RS Production vilket medförde att den faktiskt genomsnittliga cykeltiden var kortare än den tid som skulle representera "normalläget". Detta resulterade i att anläggningsutnyttjandet för den ena artikeltypen överskred 100 % samtidigt som den visade för höga anläggningsförluster för en annan artikeltyp. Om förbättringsarbetet baseras på icke aktuella siffror kan det resultera i ett minskat förtroende för nyckeltalen och dess förmåga att spegla verkligheten. I sin tur kan detta försvåra ett datadrivet arbetssätt då legitimiteten av datan enklare kan ifrågasättas.

Ett annat förbättringsområde gällande kvalitén på informationen är avsaknaden av praxis för hur stopp ska kommenteras och kategoriseras i RS Production. En förutsättning för att kunna se mönster och trender gällande historiska stoppsaker är faktumet att likartade stopp kodas på ett konsekvent sätt. Utan strukturerade riktlinjer för hur stoppkodning ska genomföras, tillsammans med manuell inmatning, ökar risken för inkonsekvens i datan. Ett exempel på detta är första veckan av det undersökta tidsintervallet där många stopp förblev okategoriserade. Detta i sin tur skulle kunna tyda på att det i dagsläget inte säkerställs på förhand att stoppkodningen kan hållas relativt konsekvent oberoende av operatör eller tid

### 6.2.2 Antal mätpunkter i produktionsflödet

Som nämnt tidigare i nulägesanalysen finns det bara en RS-mät punkt på lina A, inklusive slutdelen, placerad efter balanseringen. I och med detta upplägg ger datan i RS Production en ungefärlig bild av nuläget och information kring vad som hänt, men utan möjlighet att gå djupare för att förstå orsaken till problemet. Detta kan skapa en situation där den som analyserar datan tycker sig se mönster/trender men i själva verket är situationen en annan på grund av missvisande data, datan är i vissa fall alltså inte trovärdig. Ett exempel på detta är faktumet att kodning av stopp inte sker i slutdelen utan bara av operatören på primärdelen, vilket resulterar i att uppfattningen kan bildas att felet ligger i måleriet, medan det i själva verket är nedplocket.

Utöver bristfällig information kring de stoppen som fångas upp av mät punkten kan faktumet, att det bara finns en mät punkt, också resultera i att vissa händelser och variationer i produktionsprocessen inte fångas upp överhuvudtaget. I och med att mät punkten sitter relativt långt ifrån de cykeltidsbaserade flaskhalsarna för både typ X och Y kan detta resultera i att avvikelser från normalläget äts upp av buffertar och då aldrig kommer upp till ytan. Vid produktion av bromsskivor av typ X är finsvarven den station med längst cykeltid. Den ligger relativt nära sensorn i balanseringen, vilket innebär att avvikelser som påverkar flödet fångas oftare upp korrekt i jämförelse med typ Y. Den cykeltidsbaserade flaskhalsen för typ Y är däremot belägen vid mellansvarven, vilket innebär att sensorns avstånd till mellansvarven är ungefär dubbelt så långt jämfört med finsvarven. Detta medför att kortvariga eller lokala störningar vid mellansvarven riskerar att antingen inte registreras alls, eller att stilleståndstiden blir kortare i RS-systemet på grund av buffertar. En mät punkt vid flaskhalsen, för respektive artikeltyp, skulle kunna ge en mer representativ bild av vilka avvikelser som brukar ske i syfte att stabilisera normalläget.

### 6.2.3 Återkommande störningar i produktionsprocessen och informationsflödet

Felkategorisering av stopp förekommer i RS Production, vilket indikerar att vissa stopp kan vara felaktigt kodade och därmed dölja den faktiska orsaken. Detta noterades genom kommentarsfunktionen där givarfel placerades under kategorin "stopp i nedplock". Dessutom placeras felkoder i kategorin "övrigt" med kommentarer som exempelvis hänvisningar till pallhämtning enligt beskrivning i avsnitt 5.5. Dock motiveras just pallhämtning av ekonomiska besparingar ur ett ledningsperspektiv och inte ur ett tillgänglighetsperspektiv.

Vidare visar rotorsaksanalysen att full rejektbana förekommer oftare för bromsskivor av typ Y. RS-datan visar att fler och längre stopp kopplade till mätmaskinen och visionstationerna registreras vid produktion av typ Y. Detta tyder på att felet är systematiskt och inte bara individuella avvikelser, som i sin tur kan bero på felaktig kalibrering av dessa kvalitetskontrollerande maskiner eller variationer i kvaliteten på materialet. Dessutom befinner sig sällan den RS-kodande operatören vid slutdelen och därav uppkommer ett informationsglapp till varför visionstationerna avvisar skivor. Enligt operatörerna uppstår skivspecifika fel främst i samband med materialdefekter i enstaka batcher, vilket kan indikera på att rotorsaken, till de kvalitetsförlusterna AC Floby besitter, kommer från leverantören av ämnet. Dock behöver enskilda erfarenheter och uppfattningar undersökas systematiskt och i stället undersökas systematiskt med leverantören i fråga. Enligt tabell 1 har dock skivtyp Y sex av åtta månader ett sämre kvalitetsutbyte än typ X, vilket i stället stödjer att typ Y har fler kvalitetsbrister över tid.

Omställningstiderna utgör också ett väsentligt förbättringsområde eftersom de varierar mellan cirka tre och sex timmar. OEE-komponenten, tillgänglighet påverkas särskilt vid frekventa skiften mellan produktion av respektive skivtyp. Här krävs alltså både organisatoriska och tekniska förbättringar i linje med SMED-principer (se avsnitt 2.7 och 6.3.3).

En särskilt intressant koppling finns mellan de relativt lättåtgärdade stoppen där en skiva fastnar på transportbandet och de registrerade givarfelen. Det förekommer att transportbandet under skivan inte ger ifrån tillräckligt med friktion för att transportera skivan vidare. Detta förekommer på flera olika punkter i flödet och kan medföra återkommande frustration hos operatören. Ibland fastnar skivan endast tillfälligt eftersom skivan bakom kan knuffa vidare den framför, men om skivan fastnar precis vid en fullbanegivare kan flödet bakom begränsas och det kommer inget som knuffar på bakifrån. Detta på grund av att stationen innan endast skickar vidare skivor om bufferten framför inte är full. Om en skiva har fastnat vid fullbanegivaren kan då en "falsk" signal skickas till stationen innan och flödet stannar. Detta är ett tydligt exempel på muri, i form av mental belastning för operatören. Ett återkommande känt fel som stör det dagliga arbetet men är inte tillräckligt stort för att motivera omedelbara åtgärder. Det går dessutom att koppla till muda i form av onödiga rörelser för operatören även om felet inte alltid kräver ingripande. Maskinerna efter och innan stoppet väntar dessutom på att stoppet ska åtgärdas trots att produktionen egentligen hade kunnat fortgå.

Utifrån ett OEE-perspektiv drabbar detta främst tillgängligheten, men kan även påverka datakvaliteten om irritationen hos operatörerna leder till sämre avvikelserapportering eller suboptimerade beslut. Detta tydliggör hur till synes små fel kan ha betydande effekter på OEE-talet.

Vad gäller informationsflödet mellan olika avdelningar är bristen på kommunikation kring förändringar på produktionslinan ett tydligt förbättringsområde (se avsnitt 5.5). Operatörerna har i intervjuerna belyst att teknikstöd ibland genomfört betydande ändringar utan att dessa kommuniceras. Detta skapar osäkerhet kring om en avvikelse på produktionslinan är ett fel eller ett resultat av en planerad förändring. När sådan information uteblir riskerar det att leda till missförstånd, ineffektiva felsökningar och mental belastning för operatörerna.

#### 6.2.4 Analys av buffertstrukturer och materialflöde

Med hjälp av ledtidskartorna (se bilaga 3 och 4) kan flödet av skivor beskrivas genom att redogöra för vad maskinerna gör och när. Kartorna visualiserar även var i flödet buffertplatserna är lokaliserade. I vissa fall saknar buffertstorleken en tydlig koppling till produktionslogik eller behov, vilket väcker frågor kring deras funktion och påverkan på flödeseffektiviteten. Det finns 15 buffertplatser mellan upplocket och grovsvarven som delvis kan motiveras av den relativt långa transporttiden mellan stationerna. Däremot behöver sträckan endast fyra SSIT för att linan ska kunna upprätthålla ett kontinuerligt flöde enligt beräkningar i ledtidskartan (se avsnitt 4.1.1). Upplocket skickar endast vidare en skiva om fullbanegivaren signalerar att det finns plats i bufferten framför. Genom att flytta fullbanegivaren längre fram på transportbandet kan alltså bufferten minska på så vis. Däremot är upplocket en av de stationerna som stoppar oftast enligt datan i RS Production och kan därav ändå behöva en buffert framför trots dess snabba cykeltid. Stationens cykeltid är snabbast i hela primärdelen men varierar beroende på om roboten hittar skivan första gången eller inte, när magneten sänks ner i pallstället. Dessutom är mekaniska fel relativt vanliga i upplocket som kan orsakas av att magneten tappar en skiva på grund av dåligt grepp eller fastnar i andra metallföremål i cellen. Genom att åtgärda denna typ av fel kan bufferten minskas och stoppen läsas av snabbare av RS.

Stora buffertar har på kort sikt en positiv inverkan på OEE eftersom de hjälper respektive station att upprätthålla en viss utnyttjandegrad trots variationer i form av stopp eller systemförluster. Genom att använda buffertar, tillförs material till processen framför, även om processen bakom står still och det blir därmed svårare att identifiera ett stopp. OEE-

komponenten tillgänglighet påverkas alltså positivt på kort sikt men eftersom orsakerna till stoppen göms genom bufferterna, blir de svårare att åtgärda och förbättra systemet. Därför är det avgörande att identifiera och åtgärda även mindre avvikelser som reducerad maskinhastighet eller ineffektiva flöden, då dessa annars riskerar att kvarstå under radarn. För att bibehålla och förbättra prestationsrelaterade nyckeltal krävs att sådana förluster synliggörs trots att buffertarna tillfälligt maskerar deras effekter. Även kvalitetsutbytet kan påverkas negativt av större buffertar eftersom defekta skivor riskerar att passera obemärkta genom flödet innan de upptäcks i en kvalitetskontroll längre fram. När fel inte identifieras omedelbart, ökar risken för att fler enheter med samma defekt produceras, vilket leder till högre kassation, mer omarbete och försämrad kvalitet. De underliggande problemen i produktionen kan kvarstå oupptäckta under längre perioder, vilket försvårar analys, orsaksidentifiering och förbättringsarbete.

Kortare stopp som i dagsläget äts upp av buffertarna, skulle kunna ge indikation på att ett mer omfattande stopp kommer att komma inom kort. Med denna vetskapen samt data kring tidigare stopp skulle det kunna öppna upp för proaktivt underhåll kontra reaktivt. Om ett fel uppstår i exempelvis upplocket dröjer det omkring 31 minuter innan stoppet upptäcks om bufferterna var fulla när stoppet inträffade. Detta räknas ut genom att multiplicera antalet skivor som är i arbete (inklusive buffertar), mellan RS-sensorn och där stoppet inträffar, med den längsta cykeltiden där emellan.

### 6.2.5 Förbättringspotential i underhållsarbetet

Det avhjälpande underhållet på produktionslinan kan variera gällande hur lång tid det tar innan underhållspersonalen är på plats. Det beror på deras prioriteringar av underhållsaktiviteter som anses skapa mer värde för företaget i linje med VDM. En av operatörerna på produktionslinan ser dock en möjlighet med att själv utföra underhållet, men enligt rutinerna ska vissa stopp kallas på avhjälpande underhåll även fast operatören eventuellt hade kunnat lösa uppgiften på egen hand. Denna operatör ser även möjligheten att utbildas i speciellt hur återkommande fel åtgärdas eller förebyggs genom kurser eller bredvidgång för att på så sätt undvika att hamna efter schemat för den planerade produktionen. Underhållspersonalen har också uttryckt behovet av att utveckla operatörsunderhållet (se avsnitt 5.4) genom att tydliggöra vilka uppgifter som ska utföras av operatörer respektive tekniker, samt genom att bättre utnyttja den information som redan samlas in via RS Production för att stödja det förebyggande underhållet.

Informanterna har under intervjun belyst problemet av hur kontrollåtgärder planeras och följs upp. Vissa kontroller följs upp allt för sällan enligt informanterna. Det har i sin tur en negativ påverkan på produktionslinans tillgänglighet eftersom för få kontroller på utrustningen leder indirekt till fler oväntade stopp. Även om dagens planering delvis baseras på återkoppling från tidigare underhållsinsatser, uttrycker informanterna ett behov av att ytterligare förbättra precisionen när kontroller bör genomföras (se avsnitt 5.4).

## 6.3 Förbättringsförslag

Detta avsnitt redogör för möjliga åtgärder baserade på tidigare identifierade problemområden, med syfte att öka produktionseffektiviteten och minska förluster, antingen direkt eller genom att förbättra förutsättningarna för framtida förbättringsarbete.

### 6.3.1 Förbättrad datakvalitet och informationsflöde

I syfte att uppnå mer lättanalyserad och tillförlitlig data samt förbättra informationsflödet inom företaget finns det en rad ändringar som skulle kunna genomföras. För att ta itu med informationsglappet som uppstår mellan teknikstöd och operatör kring större förändringar som gjorts skulle en lösning kunna vara att teknikstödet får en egen kolumn i operatörernas loggbok. Som operatörerna poängterar kan det ibland uppstå en frustration när betydande ändringar gjorts utan att ha kommunicerats tydligt teknikstöd och operatörer sinsemellan. Genom att ge operatörerna bättre insyn och dokumentation av förändringar stärks deras förståelse och kontroll över arbetsprocessen, något som enligt Hackman och Oldhams (1976) Job Characteristics Model är avgörande för inre motivation och arbetsengagemang. En sådan ändring skulle också kunna öka möjligheten att se historisk data kring vilka större förändringar som skett, samt när de genomfördes för att på så sätt också kunna utvärdera och följa upp i efterhand.

Bristen på information kring stopp i slutdelen kan åtgärdas genom att ge operatören i slutdelen möjlighet att, tillsammans med operatören i primärdelen, kategorisera och kommentera stoppsaker. Detta skulle ge en djupare inblick kring stoppen i slutdelen där operatören i primärdelen inte har möjlighet att effektivt fastställa stoppsak. I och med detta kan ytterligare underkategorier till nuvarande “Stopp i vision”, “Stopp i måleri”, “Stopp i färgvision” och “Stopp i nedplock” möjliggöras. Däremot är en aspekt att ta i beaktning hur kodningen ska fungera i praktiken eftersom stoppen vid mätpunkten inte nödvändigtvis registreras när stoppet i slutdelen inträffar. På grund av mätpunktens placering blir tiden

mellan stopp och stoppregistrering förskjuten, vilket skulle kunna försvåra den praktiska tillämpningen. En ytterligare utmaning är att operatören i slutdelen kan sakna tid eller möjlighet att koda stoppsaker, vilket kan påverka både noggrannheten och genomförbarheten i lösningen.

För att förbättra kvaliteten och användbarheten i stoppdata bör ett standardiserat arbetssätt för stoppkodning införas för RS-systemet. Detta innebär att tydliga riktlinjer och definitioner tas fram för hur olika typer av stopp ska kategoriseras och kommenteras. Implementering bör inkludera utbildning av operatörer med målet att etablera konsensus kring vilka stopp som faller in under respektive kategori. Som komplement till utbildningen bör regelbunden uppföljning av okategoriserade och felkodade stopp genomföras, detta i syfte att säkerställa att den nödvändiga informationen finns tillgänglig för operatörerna att hålla kodningen konsekvent.

Ytterligare ett sätt att standardisera kodningsprocessen kan vara att skapa fördefinierade stoppsaker för respektive maskin, där kategori och eventuell kommentar är förinställt för att säkerställa att de vanligaste stoppsakerna kodas likadant. Dessutom bör systemet möjliggöra för operatören att på ett enkelt sätt markera om ett stopp inträffat i samband med exempelvis pallhämtning. Detta gör att kommentarsfältet i stället kan användas för att ge relevant information om själva stoppsaken, snarare än förklara varför åtgärdandet tog längre tid än normalt. Genom en mer konsekvent stoppkodning kan historisk stoppdata bli mer tillförlitlig, jämförbar över tid och oberoende av enskilda användares tolkning. Detta möjliggör effektivare trendanalys, prioritering av förbättringsåtgärder och faktabaserat beslutsfattande.

Mot bakgrund av resonemanget i avsnitt 6.2.2 vore det fördelaktigt att utreda vilka mätpunkter som skulle behövas, samt vart dessa bör placeras, för att säkerställa att den data som samlas in bättre speglar produktionsflödet. Det handlar nödvändigtvis inte om att införa ett stort antal mätpunkter, utan snarare om att identifiera vilken data som är av vikt för förbättringsarbetet och som inte samlas in i dagsläget. Som exempel kan mätpunkter runt om de cykeltidsbaserade flaskhalsarna möjliggöra närmare analys av de störningar som direkt påverkar det totala genomflödet, samt en djupare insikt kring variationer i cykeltid. Ett annat exempel är att en mätpunkt i upplock och nedlock skulle ge en bättre bild av exakt hur många produkter som startats respektive avslutats.

Något som är viktigt att understryka vad gäller antalet mätpunkter är vikten av att den ytterligare data som kan samlas in aktivt ligger till grund för förbättringsarbetet, samtidigt som det finns ett tydligt syfte med datainsamlingen.

### 6.3.2 Optimering av cykeltider och identifierade väntetider

För att åtgärda tillgänglighetsförlusterna på produktionslinan behövs en mer korrekt bild som skapar förutsättningar för mätnoggrannhet och informationsflöde införskaffas och upprätthållas. Ett första steg är att justera inaktuella cykeltider manuellt i RS-systemet och senare investera i fler sensorer som mäter bland annat cykeltider för att skapa ett mer detaljerat underlag för analys. Detta problem behandlades även i avsnitt 6.2.2, där de flaskhalsrelaterade cykeltiderna inte alltid är korrekta eftersom uppdateringar av dessa tider inte konsekvent genomförs efter genomförda åtgärder i maskiner. Genom att antingen installera ytterligare mätpunkter eller manuell mätning kan anläggningsutbytet speglas mer rättvisande.

Buffertar är en annan aspekt som påverkar dataanalys och flödeseffektiviteten men gynnar OEE-talet på kort sikt (se avsnitt 6.2.4). Enligt ledtidskartorna (se bilaga 3 och 4) finns det flera buffertzoner, bland annat mellan upplocket och grovsvavarna, där buffertstorleken inte speglar behovet som stationen framför behöver. På kort sikt kan buffertar isolera stationerna från varandras störningar, men på sikt döljs problemen. En möjlig lösning är att minska buffertstorleken i utvalda delar av produktionslinan, samtidigt som bufferterna bibehålls innan och efter maskiner med långa cykeltider och hög störningsfrekvens för att bibehålla maskinens utnyttjandegrad. Ett exempel på en dimensioneringsprincip är att tillämpa ett 1:1-förhållande mellan SSIT:s och buffertplatser (se bilaga 3 och 4) vilket kan utgöra en grund som justeras utifrån begränsande stationer. Genom att minska bufferten på utvalda platser kan detta i sin tur reducera tiden till att RS-mätpunkterna märker av stoppen och färre stopp döljs.

Utöver detta bör VSM användas för att tydliggöra var i flödet slöseri, väntetider, eller störningar uppstår. Det skapar ett kompletterande underlag till RS-systemet och underhållsavdelningens insamlade data för att kunna prioritera förbättringsinsatser som har störst inverkan på OEE-talet. VSM fungerar därmed som ett stöd i arbetet att identifiera kvarstående förbättringsområden i linje med rapportens syfte.

Samtidigt bör det diskuteras om förändringarna ovan ger önskad effekt. Det finns en risk för att buffertar som tidigare isolerats nu får en direkt inverkan på flödet. En viktig avvägning blir

därmed att inte kompromissa stabilitet och leveranssäkerhet med strävan efter mer synlig data. Värdet av ökad mätnoggrannhet bör vägas mot investeringen i sensorer, utbildning och den analyskapacitet som personalen kan bidra med. En uppdatering av cykeltider tillsammans med förbättrad datakvalitet för OEE-komponenterna som hittills diskuterats kan möjliggöra för en mer precis identifiering av begränsande stationer och därigenom skapa förutsättningar för effektivare förbättringsåtgärder. Det centrala blir att säkerställa förbättringsåtgärdernas genomförande och uppföljning, inte bara ökad informationsmängd.

### 6.3.3 Underhåll och teknisk tillgänglighet

Underhållspersonalen på företaget strävar efter att basera underhållet på mer tillförlitlig data som de nämnde under intervjun (se avsnitt 5.4). Utvecklingspotentialen av det prediktiva underhållet har uttryckts i intervjun och åtgärder på utrustning som saknar historisk förslitningsdata baseras idag i stället på erfarenheter från personalen. Som Björnell och Dadash (2021) beskriver (se avsnitt 2.5) kan ett mer systematiskt användande av onlinemätning och hälsoparametrar, kopplade till ett beslutsstödsystem, möjliggöra för effektivare och mer samordnat underhåll. Genom detta tillvägagångssätt kan underhållsavdelningen avlastas genom färre insatser och maskinkomponenternas livslängd optimeras. Däremot kommer gränsvärdet behöva specificeras för när underhållet behöver ske och om inte leverantören har specifikationer på detta behöver AC Floby basera beslutet på insamlad data, erfarenheter hos personalen eller jämförelse med liknande maskiner.

Omställningar är det stopp som har längst stopptid under den undersökta perioden (se avsnitt 5.1). För att åtgärda detta rekommenderar Biswas (2024) i artikeln *Total Productive Maintenance: An In-depth Review with a Focus on Overall Equipment Effectiveness Measurement* att använda sig av SMED-metodiken för att minska stopptiden på produktionslinan (se avsnitt 2.2.3). I studien av Pacheco och Heidrich (2023) reducerades omställningstiden med 87% genom tillämpning av SMED-Pre-setting-metoden. Om en liknande förbättring hypotetiskt skulle vara möjlig vid AC Floby, skulle det motsvara en minskning av omställningstiden från 20 timmar och 58 minuter till cirka 2 timmar och 44 minuter under den undersökta perioden (se avsnitt 4.1). Det innebär en potentiell tidsbesparing på över 18 timmar, vilket motsvarar drygt 12 % av den totala förlusttiden på 146 timmar och 38 minuter. Även om skillnader i processer och kontext gör det osäkert att direkt överföra resultatet till AC Floby, visar detta exempel på den betydande påverkan en strukturerad SMED-implementering kan ha på tillgänglighet i ett OEE-perspektiv.

AC Floby dokumenterar idag större insatser som inte utförs frekvent genom beskrivningar och bilder enligt den genomförda intervjun (se avsnitt 5.4). Detta går i linje med den metod som Pacheco och Heidrich (2023) beskriver i avsnitt 2.7 i denna rapport. AC Floby rekommenderas att dokumentera omställningsmoment genom checklistor och instruktioner för att bibehålla ett standardiserat arbetssätt. Förbättringar av omställningsmomenten bör ske kontinuerligt enligt VDM-ramverket som existerar på företaget, där även prioritering av förbättringsåtgärder sker baserat på effekt och genomförbarhet.

En central princip hos AC Flobys övergripande ramverk TPM är att underhållsansvaret inte bör ligga hos enbart specialiserade tekniker, utan även operatörer i syfte att öka maskinens tillgänglighet genom att förhindra att avvikelser på produktionslinan leder till avbrott. Operatörerna har uttryckt ett behov av ytterligare tillgång till verktyg och är öppna för att bli upplärda av underhållspersonalen genom att gå bredvid eller genom kurser vid behov. De operatörerna som har deltagit i intervjun är öppna för att genomföra mer underhåll, vilket kan indikera på att fler operatörer på andra produktionslinor också är öppna för detta. Ett sådant koncept kan därmed leda till avbelastning på det avhjälpande underhållet och andra underhållsåtgärder kan prioriteras.

Att ge operatören möjlighet till avancemang ger de inte bara en reell belöning i form av monetära incitament men även symbolisk belöning i form av erkännande (Jacobsen & Thorsvik, 2021). Möjligheten till avancemang genom antal gjorda kurser inom operatörsunderhåll eller antal genomförda underhållsaktiviteter som annars hade krävt teknisk personal, kan fungera som ett starkt incitament för att öka engagemanget i det autonoma underhållet på produktionslinan. Att stärka operatörernas kompetens och ansvarstagande kan leda till en ökad produktivitet som i sin tur minskar tiden det tar att åtgärda felen (Jacobsen & Thorsvik, 2021). Därav kommer även OEE-talet att öka på grund av kortare avbrott. Däremot kan ett utökat ansvarsområde överbelasta operatörerna och hämma den långsiktiga produktiviteten.

De kvalitetssäkrande maskinerna får relativt frekvent en full rejektbana och åtgärdas inte på 2-15 minuter. Stoppen utgör tillsammans 5,5 timmar och hade kunnat minska genom att uppmärksamma operatören att ett stopp är på väg eller redan har uppstått. Denna funktion utför idag ljusfyrarna som är placerade över respektive station. De hade i stället kunnat samlas på en skärm där antalet skivor på rejektbanan uppdateras kontinuerligt eller genom att samla alla ljusfyrarna i närheten av förslagsvis balanseringen som är placerad i mitten på

produktionslinan. Detta för att snabbare kunna upptäcka samtliga stopp som annars upptäcks av att transportbandet är fullt eller tomt om inte det märks på ljusfyrarna tidigare. Däremot finns det en risk för att operatören håller sig mer till det området än andra och därav missa avvikelser från maskiner, såsom att en maskin låter annorlunda.

#### 6.3.4 Hållbarhetsaspekter i förbättringsarbetet

Förbättringsarbetet på produktionslina A behöver även beakta hållbarhetsperspektiv. I följande kapitel kommer hållbarhetsaspekter ur ett ekonomiskt, ekologiskt, socialt och etiskt perspektiv att analyseras för långsiktigt värdeskapande.

Den ekonomiska hållbarheten säkerställs av att de rekommenderade åtgärderna (se avsnitt 6.3) motiveras med lönsamhet i enlighet med VDM. Som framgår i avsnitt 6.3.3 skulle ett system för förslitningsbaserat underhåll kunna leda till färre akuta stopp som det avhjälpande underhållet behöver rycka ut på och därigenom sänka kostnaderna för oplanerade driftstopp. Enligt Stenström m.fl. (2013) bör denna typ av investeringar baseras på kortsiktiga respektive långsiktiga kostnader och värdebidrag i enlighet med en standard såsom EN 15341 (SIS, 2022).

Den sociala hållbarheten är särskilt viktigt för operatörerna på produktionslina A som de rekommenderade förändringarna berör. Förslaget kring att utöka operatörsunderhållet i avsnitt 6.3.3 behöver balanseras för att undvika vantrivsel och garantera operatörernas säkerhet som kopplas till lean-principen om att eliminera faktorer som kan överbelasta operatören (Nicholas, 2018). Samtidigt finns möjligheten för att det ökade ansvarstagandet och arbetsvariationen resulterar i ökat arbetsengagemang i linje med Job Characteristics Model (Hackman & Oldham, 1976). Detta bekräftades även i intervjun (se avsnitt 5.5), där operatörer uttryckte önskan om att ta ett större ansvar i förebyggande underhåll på produktionslina A.

Den ekologiska hållbarheten kan gynnas av de framtagna förbättringsförslagen på ett indirekt sätt. När andelen stilleståndstid minskar, ökar tiden då maskinerna är tillgängliga för produktion, vilket kan leda till ett mer effektivt utnyttjande av energin per producerad enhet baserat på att maskinerna fortsätter förbruka energi under driftstopp. Genom att minska stoppen kan dessutom fler enheter produceras på en kortare tid och öppna för möjligheten att reducera antalet skift på produktionslinan. Dock behöver inte antalet stopp direkt påverka energiförbrukningen eftersom exempelvis upplocket har en kortare cykeltid än resterande

stationer på produktionslinan samt en buffert på 17 skivor (SSIT exkluderat, se bilaga 3) efter stationen i nuläget. Produktionslinan påverkas endast om stationen framför har hunnit bearbeta hela bufferten innan stoppet i upplocket är åtgärdat.

Etisk hållbarhet kan i stället gynnas av att bibehålla en god arbetsmiljö för personalen. Majoriteten av de stopp som har diskuterats ovan i diskussionen har främst berört åtgärder som gynnar OEE-talet, men det är samtidigt viktigt att inte bortprioritera sådana fel som påverkar arbetsmiljön negativt. Under intervjuerna med operatörerna (se avsnitt 5.5) påpekades det att de bearbetande processerna läcker metallpartiklar och spånor som drabbar både produktionsprocessen och arbetsmiljön. De som vistas i fabriken kan andas in partiklarna eller bli träffade av heta spånor. Detta problem kan även skapa stopp i produktionen när dessa metallpartiklar fastnar på givarna och åtgärdas i dagsläget genom att torka av givarna när stoppen uppstår. Genom att i stället åtgärda läckagen i respektive maskin kan denna sortens stopp reduceras och personalens arbetsmiljö förbättras. En sådan åtgärd leder till färre partiklar i luften, färre stopp, men även mindre behov av städning på produktionslinan. Utöver denna typ av åtgärd kan även stopp såsom att bromsskivan fastnar på transportbandet åtgärdas även om det i sig inte alltid påverkar OEE-talet negativt.

## 7. Slutsats

Detta examensarbete har haft som syfte att förbättra effektiviteten på AC Flobys produktionslina A genom att analysera OEE-talet och dess tre beståndsdelar: Tillgänglighet, anläggningsutbyte och kvalitetsutbyte. Genom att väga in respektive förbättringsåtgärds potentiella bidrag har arbetet fokuserat på de faktorer som bedömts tillföra mest till respektive OEE-komponent.

- Vilka förbättringsområden har störst påverkan på OEE-talet på produktionslina A, samt vilka rotorsaker ligger till grund för dem?

För att besvara frågan om vilka förbättringsområden som har störst påverkan på OEE-talet har nulägesanalys genomförts baserat på intern data, observationer, intervjuer och tidigare studier kring ämnet. Analysen visade att den främsta orsaken till ett lågt OEE-tal är tillgänglighetsförlusterna som särskilt kan återspeglas i omställningar och tekniska fel. Flera av störningarna på produktionslina A återfinns i närheten av begränsande stationer baserat på främst cykeltider. Även om dessa stationer inte har säkerställts som flaskhalsar, indikerar analysen på att störningar i dessa delar av produktionsflödet har en särskilt stor påverkan på flödet. Genom rotorsaksanalys identifierades de bakomliggande faktorerna: Bristande RS-kodning, inkonsekvent tolkning av stopp, avsaknad praxis för stoppkodning, bristande informationsflöde, icke aktuella cykeltider, lågkvalitativ data, problemmaskiner samt endast en mätpunkt.

- Hur kan förbättringsförslag implementeras för att säkerställa långsiktiga förbättringar av produktionseffektiviteten?

Utifrån denna analys presenteras följande förbättringsförslag som svar på den andra frågeställningen om hur produktionseffektiviteten kan ökas på sikt:

1. Höja kvaliteten på insamlad data genom fler och strategiskt placerade mätpunkter i kombination med att kontinuerligt minska buffertar i takt med förbättrad tillgänglighet.
2. Skapa tydligare rutiner och standarder kring stoppkodning.
3. Justera cykeltider för att uppnå en mer rättvisande bild av anläggningsutbytet.
4. Främja ett mer autonomt underhåll genom att involvera operatörerna i enklare och förebyggande underhållsinsatser.

Dessa insatser kan bidra till ett mer faktabaserat och proaktivt förbättringsarbete i linje med principerna i TPM, VDM och ISO 9000:2015. För att säkerställa långsiktiga förbättringar rekommenderas att förbättringsförslagen inte bara implementeras utan även följs upp. Detta kan i högre grad möjliggöras när den insamlade datan håller en högre kvalitet och struktureras på ett enhetligt sätt. Det förutsätter också att AC Floby har definierat vilken data som bidrar med mest värde och att det finns tid och kunskap för att omsätta informationen till förbättringsåtgärder.

Avslutningsvis konstateras att det inte enbart är tekniska lösningar som krävs för att uppnå en högre effektivitet, utan även organisatoriska och kulturella förändringar. Engagemang från operatörer, tillgång till rätt verktyg och en tydlig återkoppling mellan avdelningar bidrar till att förändringarna blir varaktiga. För att införande av nya system och lösningar ska fungera behöver de utformas med användarens behov, arbetsrutiner och kompetens i åtanke. För att säkerställa att rätt åtgärder genomförs, följs upp och förankras i organisationen behöver förbättringsåtgärderna aktivt ta hänsyn till den ekonomiska, sociala, ekologiska och etiska hållbarheten på AC Floby.

## 7.1 Förslag på vidare studier

Under studiens gång har flera områden utslutits för att möjliggöra för en djupare analys av andra förbättringsområden. Flödessimulering hade kunnat användas om högre kvalitet på datan uppnås i och med vad denna rapport föreslår. Genom att simulera flödet kan förändringar testas över lång tid utan att eventuellt hämma det verkliga produktionsflödet samt underlätta identifieringen av de verkliga flaskhalsarna på produktionslina A. Det krävs en stor mängd data för att systemet ska kunna användas på ett effektivt sätt. Sådan data inkluderar tid det tar mellan stopp, tid det tar att åtgärda stopp, variation och standardavvikelsen på stopp och cykeltider, samt en logik kring flödet som ledtidskartan kan bidra med.

Ytterligare ett förslag på vidare studier är hur artificiell intelligens (AI) och maskininlärning kan integreras i verksamheten. Det kan exempelvis underlätta arbetet för underhållsavdelningen och produktionstekniker för att identifiera avvikande mönster i produktionen samt som ett beslutsstöd. Den större mängden data som kommer att samlas in, i linje med de rekommenderade lösningförslagen, behöver också analyseras och presenteras på

ett effektivt sätt som AI kan bidra med. Samtliga förslag i detta avsnitt behöver vidare undersökas hur de kan tillämpas specifikt inom AC Flobys verksamhet.

## Referenser

Barsalou, M., & Starzyńska, B. (2023). Inquiry into the Use of Five Whys in Industry. *Quality Innovation Prosperity / Kvalita Inovacia Prosperita*, 27(1), 62–78.

<https://doi.org/10.12776/QIP.V27I1.1771>

Biswas, J. (2024). Total productive maintenance: an in-depth review with a focus on overall equipment effectiveness measurement. *International Journal of Research in Industrial Engineering*, 13(4), 376–383. <https://doi.org/10.22105/riej.2024.453380.1436>

BjörSELL, N., & Dadash, A. H. (2021). Finite Horizon Degradation Control of Complex Interconnected Systems. *IFAC PapersOnLine*, 54(1), 319–324.

<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.036>

Blomkvist, P., & Hallin, A., (2014). *Metod för teknologer : Examensarbete enligt 4-fasmodellen*. Studentlitteratur AB.

Denscombe, M. (2018). *Forskningshandboken: För småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna* (P. Larson, Övers.; 4:e uppl.). Studentlitteratur.

Elsevier. (2025). *Scopus AI* [Generativ AI för vetenskaplig sökning].

<https://www.elsevier.com/products/scopus/scopus-ai>

Gianni, M. (2014). A non-destructive approach for fast evaluation of elastic shear properties of marble slabs. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 16(5–6), 634–639.

Good Solutions. (2025). *RS Production* (Version 23.4.1.91) [Mjukvara].

<https://goodsolutions.se/rs-production-oe/>

Good Solutions. (u.å.). *RS Production OEE: Identifiera produktionsförluster och förbättra effektiviteten*. Hämtad 25 februari 2025, från <https://goodsolutions.se/rs-production-oe/>

Gurugubelli, S., Chekuri, R. B. R., & Penmetsa, R. V. (2022). Experimental investigation and optimization of turning process of EN8 steel using Taguchi L9 orthogonal array. *Materials Today: Proceedings*, 58(1), 233–237. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.474>

Hackman, J. R., & Oldham, G. R. (1976). Motivation through the Design of Work: Test of a Theory. *Organizational Behavior & Human Performance*, 16(2), 250–279.

[https://doi.org/10.1016/0030-5073\(76\)90016-7](https://doi.org/10.1016/0030-5073(76)90016-7)

Holweg, M., Davies, J., De Meyer, A., Lawson, B., & Schmenner, R. (2018). *Process theory: The principles of operations management*. OUP Oxford.

Hu, Y., Lv, W., Wang, Z., Liu, L., & Liu, H. (2023). Error prediction of balancing machine calibration based on machine learning method. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 184. Artikel 109736 <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2022.109736>

Ito, A.S., Ylipää, T., Gullander, P., Bokrantz, J., & Skoogh, A. (2022). Prioritisation of root cause analysis in production disturbance management. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 39(5), 1133–1150. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-12-2020-0402>

Jacobsen, D. I., & Thorsvik, J. (2021). *Hur moderna organisationer fungerar* (5:e uppl.). Studentlitteratur.

Jones, A. T., Reeker, L. H., & Deshmukh, A. V. (2002). *On information and performance of complex manufacturing systems* [Forskningsrapport]. National Institute of Standards and Technology & University of Massachusetts Amherst.

<https://www.researchgate.net/publication/251838935>

Koch, A. (2003). *OEE Industry Standard* (Version 2.0, August 2003). Blom Consultancy BV.

<https://tpm4u.files.wordpress.com/2010/10/oee-industry-standard-v2.pdf>

Liker, J. K. (2021). *Toyota Way, Second Edition : 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw Hill LLC.

Ljungberg, O. (1998). Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. *International Journal of Operations & Production Management*, 18(5), 495–507.

<https://doi.org/10.1108/01443579810206334>

Luisi, G., Pietronudo, M. C., Ferretti, M., Di Pasquale, V., & Riemma, S. (2023). A Hybrid Architectural Model for Monitoring Production Performance in the Plastic Injection Molding Process. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/app132212145>

Moghe, N., Agarwal, S., Patel, V., Khandge, A., & Nemade, M. (2023). Exploring the integration of data analytics and Internet of Things (IoT) for smart decision-making in various industries. *2023 6th International Conference on Advances in Science and Technology (ICAST)* (s. 40–45). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICAST59062.2023.10454934>

Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, *46*(13), 3517–3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>

Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM : total productive maintenance*. Productivity Press.

Nicholas, J. (2018). *Lean production for competitive advantage: A comprehensive guide to lean methodologies and management practices (2:a uppl.)*. Productivity Press.

OpenAI. (2025). *ChatGPT (GPT-4o)* [Generativ AI-modell]. <https://chat.openai.com/>

Pacheco, D. A. de J., & Heidrich, G. D. G. (2023). Revitalising the setup reduction activities in Operations Management. *Production Planning & Control*, *34*(9), 791–811. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1964881>

Ragab, R. E., Abdelwahab, S. A., H.Shehata, G., Abd El Samed, N., Kaytbay, S., & Al Kubra, M. (2018). Application and Performance Measurement of Total Productive Maintenance: Case study of a Food Industries Company in Egypt. *Journal of Engineering Research*, *160*, M1–M25. <https://doi.org/10.21608/erj.2018.139534>

Roser, C., Nakano, M., & Tanaka, M. (2003). Comparison of bottleneck detection methods for AGV systems. *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, *2*, 1192–1200. <https://doi.org/10.1109/WSC.2003.1261549>

Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see : value-stream mapping to create value and eliminate muda / by Mike Rother and John Shook ; foreword by Jim Womack and Dan Jones*. Lean Enterprise Institute.

Shinde, D. D., Ahirrao, S., & Prasad, R. (2018). Fishbone Diagram: Application to Identify the Root Causes of Student–Staff Problems in Technical Education. *Wireless Personal Communications*, *100*(2), 653–664. <https://doi.org/10.1007/s11277-018-5344-y>

Stamatis, D. H. (2010). *The OEE Primer : Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*. Productivity Press.

Stenström, C., Parida, A., Kumar, U., & Galar, D. (2013). Performance indicators and terminology for value driven maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 19(3), 222–232. <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2013-0024>

Suryaprakash, M., Gomathi Prabha, M., Yuvaraja, M., & Rishi Revanth, R. V. (2021). Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using tpm. *Materials Today: Proceedings*, 46, 9348–9353. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.820>

Svenska institutet för standarder. (2022). *Underhåll – Nyckeltal för underhåll (SS-EN 15341:2019+A1:2022)*. <https://www.sis.se/produkter/bildteknik-464b1187/grafisk-teknik/reproduktionsutrustning/ss-en-153412019a12022/>

Svenska institutet för standarder. (2015). *Ledningssystem för kvalitet - Principer och terminologi (SS-EN ISO 9000:2015)*. <https://www.sis.se/produkter/foretagsorganisation/foretagsorganisation-och-foretagsledning-ledningssystem/ledningssystem/sseniso90002015/>

Tamizharasan, T., Selvaraj, T., & Haq, A. N. (2006). Analysis of tool wear and surface finish in hard turning. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28(7–8), 671–679. <https://doi.org/10.1007/s00170-004-2411-1>

Tohit, K. N. M., Zulkifli, N., Sulaiman, S., & Baharudin, B. T. H. T. (2018). Identifying Inconel 718 Fasteners Failure Using Structured Problem Solving Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 370(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/370/1/012017>

Ylipää, T. (2025). *Stegen för operatörsunderhåll [Bild]*. Chalmers tekniska högskola.

# Bilagor

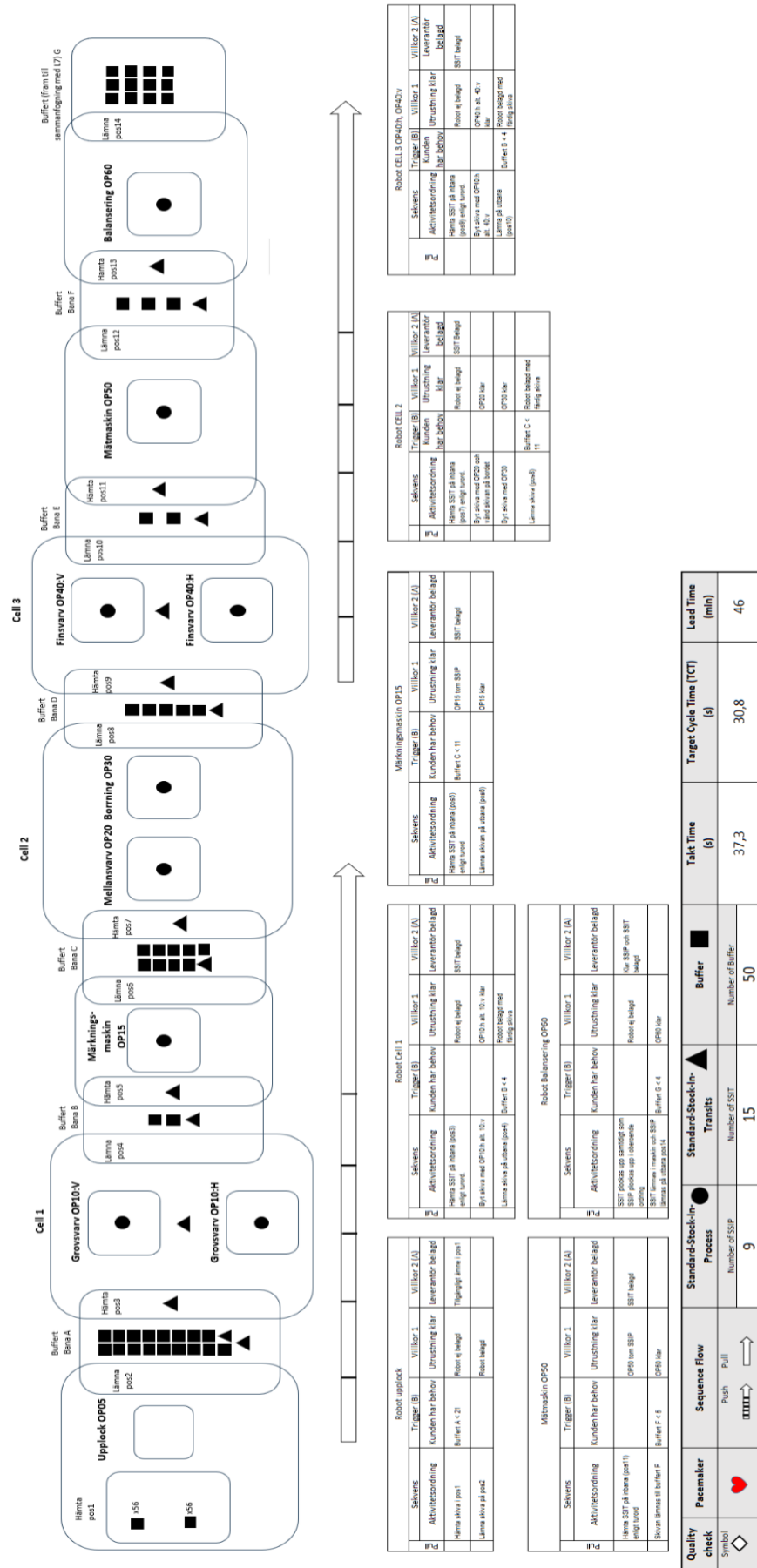
## Bilaga 1, Semistrukturerad intervju med operatörer

1. Hur ser ditt dagliga arbete ut på produktionslinan?
2. Är det lätt att sätta stoppen under rätt kategori?
3. Upplever du att stoppkodningen är tidskrävande eller otydlig?
4. Hur upplever du kodandet av stoppen i materialfelsvision, färgvision och nedpocket fungerar?
5. Vad tror du är anledningen till att vissa stopp blir okategoriserade?
6. Upplever du att det är någon skillnad på stoppen mellan typ X och typ Y?
7. Avvisar mätmaskinen eller visionmaskinerna fler skivor av någon specifik variant? Kvalitetsavvikelser eller avvisar den okej skivor?
8. Hur ser du på stopp relaterade till 'tekniskt fel givare'? Tror du det är ett fel som skulle kunna förebyggas, till exempel genom justering av givarkonstruktionen, bättre placering eller mer regelbunden inspektion?
9. Hur ser du på att du som operatör skulle kunna utföra mer förebyggande underhåll? Vad skulle krävas för att det ska fungera?
10. Finns det verktyg eller stöd som skulle göra det lättare för dig att hantera eller förebygga stopp?
11. Finns det utbildning eller information du skulle vilja ha för att bättre kunna hantera de vanligaste problemen? Något som du egentligen kan lösa men i stället måste ringa underhåll för?
12. Om du stöter på ett tekniskt problem – hur vet du om det är något du själv ska lösa eller om det är ett jobb för underhåll?
13. Om du skulle vilja lära dig mer om maskinerna och underhåll – vilket sätt tror du hade passat dig bäst? T.ex. kurser, gå bredvid, få instruktioner på plats?
14. Hur kan kommunikationen mellan olika avdelningar förbättras för att minska problemen? Tar det lång tid att få ut underhåll beroende på hur viktigt stoppet är?
15. Får du den information du behöver när något ändras i maskiner, underhåll eller instruktioner – och finns det en bra förståelse mellan operatörer, underhåll och tekniker kring varför förändringar görs?
16. Är det tydligt vad du får/inte får göra när det gäller underhåll?
17. Vad tror du är det viktigaste att förändra för att förbättra tillgängligheten?

## Bilaga 2, Semistrukturerad intervju med underhållsavdelningen

1. Hur är underhållsavdelningen strukturerad här på AC Floby? Vilka ansvarar för reaktivt underhåll och vilka hanterar förebyggande?
2. Kan du beskriva din dagliga underhållsrutin och hur ni prioriterar olika underhållsuppgifter?
  - a. Finns bakomliggande systematik? RCM, TPM eller liknande?
3. Finns det standardiserade arbetsrutiner för underhållsarbete?
4. Är FU endast förutbestämda rutiner för vad som ska göras och isåfall hur ofta uppdateras/ändras dessa rutiner?
  - a. Gör man revisioner?
5. På vilket sätt arbetar ni med att sprida kunskap och erfarenheter inom underhållsgruppen? Finns det rutiner eller forum för lärande, exempelvis efter större reparationer eller analys av fel?
6. Vad gör ni när ni inte utför praktiskt underhåll ute på maskiner?
7. Vilka är de största utmaningarna i din roll?
8. Hur bedömer ni effektiviteten av det FU ni genomför?
9. Hur ser fördelningen ut mellan tidsbaserat, tillståndsbaserat och prediktivt underhåll?
  - a. hur bestäms tidsintervallen angående tidsbaserat underhåll eller hur övervakas tillståndet vid tillståndsbaserat (cbm)?
10. Hur ser kommunikationen ut mellan DS-Produktionsteknik-Teknikstöd-Service? Hur kommunicerar man med varandra kring vad som behöver förbättras för att bättre nå OEE-målvärden.
11. Tar man till exempel hänsyn till vanligt förekommande felkoder eller operatörens erfarenheter när det bestäms vad som ska bytas ut och när?
12. Finns det några verktyg, teknologier eller tillvägagångssätt du tror skulle kunna förbättra ditt arbete?
  - a. Finns det planer på att implementera mer avancerade metoder, som sensordata eller AI-driven underhållsanalys?
13. Hur ser ni på att utbilda operatörer i underhåll mer än det underhåll de redan utför?
14. Hur ofta jobbar ni och vad gör ni när det kommer till optimering av rutter av robotar?
  - a. eller är det teknikstödsuppgift?
15. Finns det statistik på hur mycket avhjälpande kontra förebyggande underhåll ni utför?
  - a. Har ni mål på hur mycket FU ni strävar efter?
  - b. har ni en kvot på hur mycket FU som görs av er respektive operatörer

# Bilaga 3, Ledtidskarta på primärdelen av produktionslina A för typ X



Robot CELL 3 OP40H, OP40V	
☐	Sävens
☐	Trigger (B)
☐	Kunden
☐	Utrustning klar
☐	Levernör
☐	BEIGD
☐	SST belagt
☐	Hämta SSI på inläsa (post 13) enligt takt
☐	Robot ej belagt
☐	OP40H at. 40 v
☐	Byt skiva med OP40 v
☐	OP40H at. 40 v
☐	Läsa på inläsa (post 13)
☐	Byt skiva
☐	Buffer B + 4
☐	Robot belagt med tings skiva

Robot CELL 2	
☐	Sävens
☐	Trigger (B)
☐	Kunden
☐	Utrustning klar
☐	Levernör
☐	BEIGD
☐	SST belagt
☐	Hämta SSI på inläsa (post 7) enligt takt
☐	Robot ej belagt
☐	OP30 klar
☐	Byt skiva med OP20 och läsa skiva på borst
☐	OP30 klar
☐	Byt skiva med OP30
☐	OP30 klar
☐	Läsa skiva (post 11)
☐	Robot belagt med tings skiva

Märkningsmaskin OP15	
☐	Sävens
☐	Trigger (B)
☐	Kunden har behov
☐	Utrustning klar
☐	Levernör belagt
☐	SST belagt
☐	Hämta SSI på inläsa (post 7) enligt takt
☐	OP15 tom SSP
☐	Buffer C - 11
☐	OP15 klar
☐	OP15 klar
☐	Läsa skiva på inläsa (post 7)

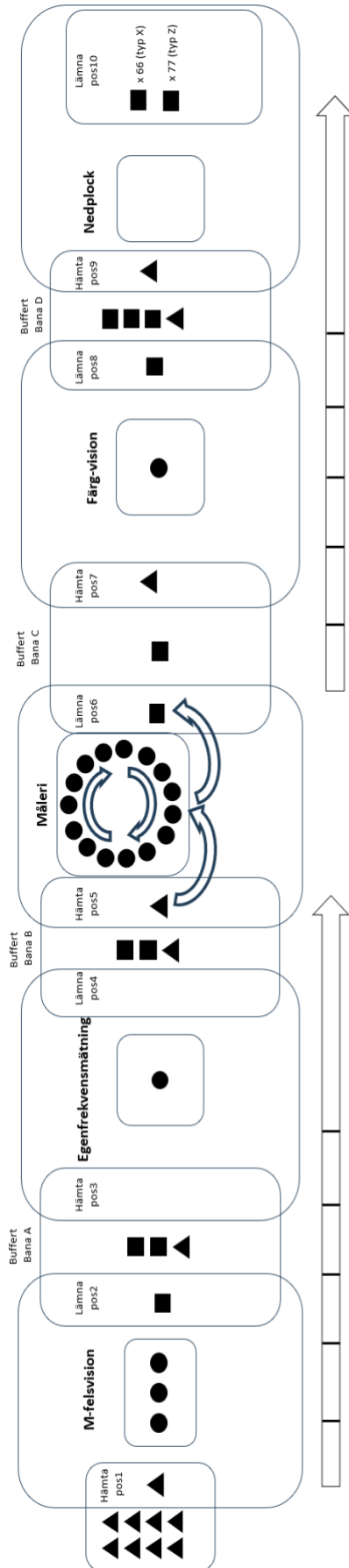
Robot Cell 1	
☐	Sävens
☐	Trigger (B)
☐	Kunden har behov
☐	Utrustning klar
☐	Levernör belagt
☐	SST belagt
☐	Hämta SSI på inläsa (post 4) enligt takt
☐	Robot ej belagt
☐	OP13 at. 10 v klar
☐	Byt skiva med OP13 at. 10 v
☐	OP13 at. 10 v klar
☐	Läsa skiva på inläsa (post 4)
☐	Buffer B + 4
☐	Robot belagt med tings skiva

Robot Balansering OP60	
☐	Sävens
☐	Trigger (B)
☐	Kunden har behov
☐	Utrustning klar
☐	Levernör belagt
☐	SST belagt
☐	Hämta SSI på inläsa (post 11) enligt takt
☐	Robot ej belagt
☐	OP60 klar
☐	Byt skiva på inläsa (post 11)
☐	OP60 klar
☐	Läsa skiva på inläsa (post 11)

Mätmaskin OP50	
☐	Sävens
☐	Trigger (B)
☐	Kunden har behov
☐	Utrustning klar
☐	Levernör belagt
☐	SST belagt
☐	Hämta SSI på inläsa (post 11) enligt takt
☐	OP50 tom SSP
☐	Buffer F + 4
☐	OP50 klar
☐	Läsa skiva på inläsa (post 11)

Quality check	Peacemaker	Sequence Flow	Standard-Stock-in-Process	Standard-Stock-in-Transits	Buffer	Takt Time (s)	Target Cycle Time (TCT) (s)	Lead Time (min)
☐	♥	Push Pull	Number of SSP	Number of SST	Number of Buffer	37,3	30,8	46
			9	15	50			

# Bilaga 4, Ledtidskarta på slutdelen av produktionslina A för typ X och Z



Egenfrekvensmätning O08			
Sekvens	Trigger (B)	Villkor 1	Villkor 2 (A)
1	Aktivtetsordning	Kunden har behov	Leverantör belagd
2	Hämta SSIT på inbana (pos3)	Maskin tom SSP	SSIT belagd
3	Lämna skivan på utbana (pos4)	Buffert bana B < 4	Maskin klar

M-felvision			
Sekvens	Trigger (B)	Villkor 1	Villkor 2 (A)
1	Aktivtetsordning	Kunden har behov	Leverantör belagd
2	Hämta SSIT på inbana (pos1)	Maskin tom SSP	SSIT belagd
3	Lämna skivan på utbana (pos2)	Buffert bana A < 4	SSP klar

Färg-vision			
Sekvens	Trigger (B)	Villkor 1	Villkor 2 (A)
1	Aktivtetsordning	Kunden har behov	Leverantör belagd
2	Hämta SSIT på inbana (pos5)	Maskin tom SSP	SSIT belagd
3	Lämna skivan på utbana (pos6)	Buffert bana C < 3	SSP klar

Robot Måleri			
Sekvens	Trigger (B)	Villkor 1	Villkor 2 (A)
1	Aktivtetsordning	Kunden har behov	Utrustning klar
2	Hämta SSIT på inbana (pos5) enligt turord och lämna i måleri	Robot ej belagd	SSIT belagd
3	Hämta färdig skiva från måleri	Måleriet färdig med en skiva	
4	Lämna skivan på utbana (pos6)	Buffert bana C < 3	Robot belagd

Robot Nedplock			
Sekvens	Trigger (B)	Villkor 1	Villkor 2 (A)
1	Aktivtetsordning	Kunden har behov	Utrustning klar
2	Hämta SSIT på inbana (pos8)	Robot ej belagd	SSIT belagd
3	Lämna skivan på utbana (pos9)	Robot belagd	

Standard-Stock-In-Process			
Symbol	Number of SSIP	Number of SSIT	Number of Buffer
●	20	15	11

Standard-Stock-In-Transits		Buffer	
Symbol	Number of SSIT	Number of SSIP	Number of Buffer
▲	15	20	11

Sequence Flow		Takt Time (s)		Target Cycle Time (TCT)		Lead Time (min)	
Symbol	Push/Pull	Number of SSIP	Number of SSIT	Number of SSIP	Number of SSIT	Number of SSIP	Number of SSIT
◇	Push/Pull	20	15	18,3	14,9	14,00	14,00

**INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
AVDELNINGEN FÖR PRODUKTIONSSYSTEM  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA**

Göteborg, Sverige 2025

[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



**CHALMERS**