



**CHALMERS**

# Effektivisering av materialflödet i ett industriföretag utifrån Lean-filosofin

En fallstudie på det svenska industriföretaget PAC2 AB

Kandidatarbete inom Industriell ekonomi

HANNES APPELQVIST  
NIKLAS HOFFMANN  
ERIK NAUWERCK

JAKOB BACKHAUS  
OSCAR MAGNUSSON  
SIMON WALLIN

**INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
AVDELNINGEN FÖR SUPPLY AND OPERATIONS MANAGEMENT**

---

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2025  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)  
Kandidatarbete TEKX18-25-12



# Effektivisering av materialflödet i ett industriföretag utifrån Lean-filosofin

En fallstudie på det svenska industriföretaget PAC2 AB

Improving material flow efficiency in an industrial  
company through the Lean philosophy

A case study of the Swedish industrial company PAC2  
AB

HANNES APPELQVIST  
NIKLAS HOFFMANN  
ERIK NAUWERCK

JAKOB BACKHAUS  
OSCAR MAGNUSSON  
SIMON WALLIN

Effektivisering av materialflödet i ett industriföretag utifrån Lean-filosofin  
En fallstudie på det svenska industriföretaget PAC2 AB

HANNES APPELQVIST  
NIKLAS HOFFMANN  
ERIK NAUWERCK

JAKOB BACKHAUS  
OSCAR MAGNUSSON  
SIMON WALLIN

© HANNES APPELQVIST, 2025  
© NIKLAS HOFFMANN, 2025  
© ERIK NAUWERCK, 2025

© JAKOB BACKHAUS, 2025  
© OSCAR MAGNUSSON, 2025  
© SIMON WALLIN, 2025

Kandidatarbete TEKX18-25-12  
Teknikens ekonomi och organisation  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Sverige  
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Göteborg, Sverige 2025  
Gothenburg, Sweden 2025

Effektivisering av materialflödet i ett industriföretag utifrån Lean-filosofin  
En fallstudie på det svenska industriföretaget PAC2 AB

HANNES APPELQVIST    JAKOB BACKHAUS  
NIKLAS HOFFMANN    OSCAR MAGNUSSON  
ERIK NAUWERCK    SIMON WALLIN

Department of Technology Management and Economics  
Chalmers University of Technology

## SUMMARY

PAC2 AB, an industrial company based in Kungsbacka, offer the service of applying locking and sealing coatings on several types of threaded components. The company is experiencing a need of optimisation and increased efficiency in its operations to meet future challenges such as retiring staff. Therefore, this study aims to explore how this can best be achieved, using methods such as Value Stream Mapping and Systematic Layout Planning with Lean as an underlying philosophy. In a broader perspective, the study aims to evaluate how the used theoretical framework can be applied outside an academic context in a small, Swedish company.

The data has been collected through interviews and observations, but measurements and primary data from PAC2 is also applied. The collected data has then been used to analyse the material flow using the described methods. Finally, a number of improvements were proposed such as reduced changeover times and a new factory layout. Additionally, a systematic approach on standardizing methods is deemed important for a company in PAC2:s situation.

Keywords: Efficiency improvement, industrial company, Lean, material flow, Systematic Layout Planning, thread locking, Value Stream Mapping.

Note: PAC2 AB have given permission to the authors behind this thesis to freely use the name of the company in this report. The report is written in Swedish.

## SAMMANFATTNING

PAC2 AB är ett industriföretag baserat i Kungsbacka som erbjuder låsande och tätande beläggningar på olika typer av gängade komponenter. Företaget upplever ett behov av optimering och effektivisering av verksamheten, inte minst för att klara framtida utmaningar såsom kommande pensionsavgångar. Därför syftar denna studie till att undersöka hur detta på bästa sätt kan göras, med Lean som underliggande filosofi och metoder såsom värdeflödesanalys och Systematic Layout Planning som verktyg. I ett större perspektiv syftar arbetet till att utvärdera hur det tillämpade teoretiska ramverket kan tillämpas utanför akademien i ett mindre, svenskt bolag.

Information har samlats in genom intervjuer och observationer, men även uppmätt data och tilldelad primärdata från PAC2 har tillämpats. Denna insamlade data har därefter använts för att analysera materialflödet med studiens metoder. Avslutningsvis presenterades en mängd åtgärdsförslag, bland annat minskade omställningstider och en ny fabrikslayout. Dessutom ses ett systematiskt arbete med att standardisera metoder som viktigt för ett företag i PAC2:s situation.

Nyckelord: Effektivisering, gänglåsning, industribolag, Lean, materialflöde, Systematic Layout Planning, värdeflödesanalys.

Notera: PAC2 AB har gett tillstånd till författarna bakom denna rapport att fullständigt få benämna bolaget vid namn. Rapporten är skriven på svenska.



## **Förord**

Under våren 2025 har ett kandidatarbete inom Teknikens Ekonomi och Organisation på Chalmers tekniska högskola genomförts inom ramen för civilingenjörsprogrammet i Industriell Ekonomi.

Detta kandidatarbete hade aldrig varit möjligt utan de personer som hjälpt oss på vägen. Därför vill vi rikta ett stort tack till företaget PAC2 AB med personal för att alltid ha varit välkomnande och villiga att dela med sig av tid och kunskap i syfte att främja vårt arbete. Ett särskilt tack vill vi rikta till PAC2:s VD Tobias Bergqvist som under hela arbetets gång varit tillmötesgående och insiktsfull till våra förfrågningar och funderingar.

Slutligen vill vi även rikta ett stort tack till vår handledare Patricia van Loon, som effektivt och pedagogiskt har hjälpt oss åt rätt håll. Hon har arbetat flitigt med att läsa och komma med kommentarer på det vi skrivit, alltid med både hängivenhet och insiktsfullhet.

Chalmers tekniska högskola

Göteborg, 9 maj 2025

## Terminologi

**Andon** - Ett system inom Lean för att visualisera status på en maskin, detta för att påvisa eventuella fel.

**Arbetsdag** - 8 timmar på helgfria vardagar.

**Baljning** - På PAC2 sker baljning genom att en maskin tippas över komponenter i en lastpall till en balja.

**CRAAPP-test** - En källutvärderingsmetod med kategorierna Currency, Relevance, Authority, Accuracy, Purpose och Publication.

**Cykeltid** - Tidsintervallet mellan bearbetningen av två enheter, exempelvis från att bearbetning av enhet A startar till dess att enhet B startar. I detta arbete definieras enhet som batch. Vid byte av produktvariant tillkommer ställtid, vilket inte ingår i cykeltiden.

**Dedikerad resurs** - En resurs, exempelvis en maskin, som endast används till ett flöde.

**FIFO** - First in, First out. En sekvenseringsregel där det som först anländer hanteras först.

**Flaskhals** - Den process som har lägst kapacitet och därmed begränsar hela flödet.

**Kaizen** - Metod inom Lean för ständiga, små förbättringar.

**Lean** - Japansk produktionsfilosofi.

**Muda** - Slöserier i produktion uppdelat på 7+1 olika slöserier.

**Mura** - Slöserier genom variation i arbete.

**Muri** - Slöserier genom överbelastningar.

**Omställning** - Sker vid byte av produkt som produceras i en operation. Det innebär ofta byte av verktyg eller någon form av kalibrering.

**PAC2** - Ett företag som bedriver industriell bearbetning i Kungsbacka, där tätningar och låsbeläggningar appliceras på skruvar och andra komponenter med gängor.

**Pisksnärtseffekten** - (*eng: the Bullwhip Effect*) Hur små variationer i kundernas efterfrågan förstärks bakåt i leverantörskedjan, vilket leder till ökande svängningar i ordervolym ju längre bort från slutkund man rör sig.

**Runt om** - Ett samlingsnamn för den avdelning där gängade komponenter beläggs *runt om* hela gängen.

**SLP (Systematic Layout Planning)** - Metod för att ta fram nya produktionslayouter.

**SSLP (Simplified Systematic Layout Planning)** - Föreklad variant av SLP.

**Standardisering** - Minska variationen och tillämpa den bäst kända metoden.

**Toyota Production System (TPS)** - Toyotas synsätt på produktion som ligger till grund för Lean-teori.

**Värdeflödesanalys (VSM)** - (*eng: Value Stream Mapping*) Kartläggning av värdeflödet och analys av förbättringsområden.

**3M** - De tre typerna av slöseri enligt Lean-teori. Benämns Mura, Muri, och Muda.

**5S** - Systematiskt arbetssätt inom Lean att hålla ordning på arbetsplatsen.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
1.1	Historisk kontext . . . . .	1
1.2	Om företaget . . . . .	1
1.3	Problemanalys . . . . .	2
1.4	Syfte och frågeställningar . . . . .	2
1.5	Avgränsningar . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Teoretiskt ramverk</b>	<b>4</b>
2.1	Lean . . . . .	4
2.1.1	Faktorer vid implementering . . . . .	4
2.1.2	Svensk tillämpning av Lean . . . . .	5
2.1.3	Lean och leverantörskedjor . . . . .	6
2.2	Utmaningar i små organisationer . . . . .	6
2.3	Verktyg för industriell utveckling . . . . .	7
2.3.1	Standardisering . . . . .	7
2.3.2	Visualisering . . . . .	8
2.3.3	Ställtidsreduktion . . . . .	9
2.3.4	3M: Ojämnhet, överbelastning, och slöseri . . . . .	9
2.4	Att kartlägga ett värdeflöde . . . . .	11
2.4.1	Välj en produktfamilj . . . . .	12
2.4.2	Nulägeskartläggning . . . . .	12
2.4.3	Framtida kartläggning . . . . .	12
2.4.4	Handlingsplan/Implementering . . . . .	13
2.5	Systematic Layout Planning . . . . .	13
2.5.1	Kartlägga samband mellan olika funktioner . . . . .	14
2.5.2	Definiera krävda dimensioner på funktioner . . . . .	15
2.5.3	Grafisk sammankoppling av funktioner . . . . .	15
2.5.4	Alternativa huvudplaner . . . . .	15
2.5.5	Värdera de olika alternativen . . . . .	16
2.5.6	Detaljerad planlösning . . . . .	17
2.5.7	Tillämpningar av SLP . . . . .	17
2.5.8	SSLP ur ett Lean-perspektiv . . . . .	18
2.6	Essensen av beskriven teori . . . . .	19
<b>3</b>	<b>Metod</b>	<b>20</b>
3.1	Problemidentifiering . . . . .	20
3.2	Litteraturöversikt . . . . .	21

3.3	Insamling av data . . . . .	21
3.3.1	Intervjuer . . . . .	21
3.3.2	Observationer och mätningar . . . . .	22
3.3.3	Primärdata . . . . .	22
3.4	Analys av data . . . . .	23
3.4.1	Problemidentifiering utifrån 3M . . . . .	23
3.4.2	Utförande av värdeflödesanalys . . . . .	23
3.4.3	Simplified Systematic Layout Planning . . . . .	25
3.5	Etiska aspekter . . . . .	28
3.6	Metodreflektion . . . . .	28
3.6.1	Validitet och reliabilitet . . . . .	28
3.6.2	Källkritik . . . . .	29
<b>4</b>	<b>Nulägesbeskrivning</b>	<b>30</b>
4.1	Organisation . . . . .	30
4.2	Fabrikslayout och produktionsprocess . . . . .	32
4.2.1	Offertprocess . . . . .	33
4.2.2	Godsmottagning och lagerföring . . . . .	34
4.2.3	Tvätt och baljning . . . . .	35
4.2.4	Applicering . . . . .	35
4.2.5	Ställtid . . . . .	36
4.2.6	Bandning och utleverans . . . . .	37
4.3	Arbetsmiljö . . . . .	37
4.4	Tidigare förändringsarbete . . . . .	39
4.5	Finansiella nyckeltal . . . . .	39
4.6	Sammanfattning av problembild . . . . .	40
<b>5</b>	<b>Analys</b>	<b>41</b>
5.1	Analys utifrån 3M . . . . .	41
5.1.1	Analys av Mura: Ojämn orderingång och kommunikationsbrister . . . . .	41
5.1.2	Analys av Muri: Konsekvenser av överbelastning . . . . .	41
5.1.3	Analys av Muda: Identifiering och eliminering av slöserier . . . . .	42
5.2	Värdeflödesanalys . . . . .	45
5.2.1	Nulägesanalys utifrån genomförd kartläggning . . . . .	45
5.2.2	Ledtidsanalys . . . . .	46
5.3	Analys av fabrikslayouter enligt SSLP-metoden . . . . .	47
5.3.1	Analys och jämförelse av föreslagna layouter . . . . .	47
5.3.2	Analys av nuvarande layout . . . . .	51

<b>6</b>	<b>Åtgärdsförslag &amp; Diskussion</b>	<b>53</b>
6.1	Lean-filosofi . . . . .	53
6.1.1	Resultat av analys utifrån Lean-filosofi . . . . .	53
6.1.2	Diskussion av åtgärdsförslag . . . . .	53
6.1.3	Diskussion av tillämpbarhet . . . . .	55
6.2	Värdeflödesanalys . . . . .	55
6.2.1	Resultat av analys utifrån VSM . . . . .	56
6.2.2	Diskussion av åtgärdsförslag . . . . .	57
6.2.3	Diskussion av tillämpbarhet . . . . .	58
6.3	Simplified Systematic Layout Planning . . . . .	59
6.3.1	Resultat av SSLP-metodik . . . . .	59
6.3.2	Diskussion av rekommenderad layout . . . . .	61
6.3.3	Diskussion av genomförande & tillämpbarhet . . . . .	62
<b>7</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>63</b>
7.1	Besvarandet av frågeställningarna . . . . .	63
7.1.1	Hur är det interna materialflödet strukturerat i fabriken? . . . . .	63
7.1.2	Hur kan materialflödet förbättras, och vilka effekter kan förväntas av för ändringarna? . . . . .	64
7.1.3	Hur användarvänliga och praktiskt tillämpbara är de akademiska metoder som tillämpas i studien, med särskilt fokus på PAC2:s verksamhet? . . . . .	64
7.2	Slutgiltiga rekommendationer till PAC2 . . . . .	65
7.3	Rekommendationer för fortsatt arbete . . . . .	66
	<b>Källförteckning</b>	<b>68</b>
	<b>Bilaga 1: Symboler värdeflödesanalys</b>	<b>72</b>
	<b>Bilaga 2: Sambandsschema</b>	<b>73</b>
	<b>Bilaga 3: SSLP guide</b>	<b>74</b>
	<b>Bilaga 4: Underlag för intervjuer</b>	<b>77</b>
	<b>Bilaga 5: Utdrag ur produktionsdata</b>	<b>81</b>
	<b>Bilaga 6: Nuvarande och föreslagna layouter</b>	<b>82</b>
	<b>Bilaga 7: Värderingsschema</b>	<b>85</b>

# 1 Inledning

De flesta företags spelregler är i konstant förändring, både på grund av externa marknadsfaktorer och interna utmaningar. Ett sätt att hantera dessa omständigheter är att implementera den japanska produktionsfilosofin Lean som syftar till eliminering av slöserier, förbättrad effektivitet och ständiga förbättringar. Det intressanta är att även om det finns en mängd ramverk kopplade till Lean upplever många företag att det är svårt att implementera filosofin (Almanei m. fl., 2017). Därför är den övergripande intentionen med denna studie att stärka det akademiska nyttiggörandet och minska gapet mellan teori och verklighet.

## 1.1 Historisk kontext

Vare sig det gäller industri, sjukvård eller annan offentlig sektor finns det ett ord som är ständigt återkommande, *effektivisering*. Alltifrån politiker till näringslivsprofiler är frekventa användare av ordet, vilket i sig inte är särskilt uppseendeväckande. Fenomenet, att vilja göra någonting bättre imorgon än idag, är dock inte nytt och det finns många historiska exempel på när effektivisering bidragit till samhällsutveckling. Den neolitiska revolutionen, då människor gick från jägare och samlare till att bli jordbrukare, kan ses som ett tidigt exempel. Diamond (1997) skriver i sin bok att detta epokskifte främjade effektiviseringen av matförsörjningen och följaktligen den allmänna utvecklingen. Senare i historien kom den industriella revolutionen, där nya maskiner och ny teknologi effektiviserade tillverkningen och lade grunden till dagens samhälle.

Konsten att på olika sätt effektivisera kan alltså kopplas till flera avgörande skiften genom historien. Enligt en artikel i Nature av Sutherland (2005) lär den grekiska filosofen Aristoteles uttryckt det som att *“If one way be better than another, that you may be sure is nature’s way”*. Även om inte Aristoteles använde just ordet effektivisering blir innebörden i samma härad; går det att göra något på ett bättre sätt är det en naturlig drivkraft att vilja göra det.

## 1.2 Om företaget

Beläget i Kungsbacka bedriver ytbehandlingsföretaget PAC2 AB sin verksamhet. Bolaget utför primärt beläggning med låsande, tätande och smörjande egenskaper på komponenter med gängor, exempelvis skruvar. Den huvudsakliga försäljningsfördelen är att man genom stabila högvolumsprocesser kan er hålla god kvalitet för en relativt billig kostnad, detta enligt bolagets VD Tobias Bergqvist. Produktionen är idag en blandning av äldre, väl inkörda maskiner och nya produktionslinjer utrustade med robotik och optiska analysverktyg.

Affärsstrukturen är uppdelad i två delar, dels basförsäljning av standardprodukter, dels specialbeställningar som kräver annorlunda processer. Standardprodukterna utgör en betydande del av omsättningen och kännetecknas av relativt regelbunden efterfrågan. Således berör den här studien i princip bara standardprodukterna. Bolagets årsredovisningar från de senaste åren visar på en omsättning på ungefär 20 MSEK, runt 12 anställda och en genomsnittlig vinstmarginal på 17% (UC AB, 2024).

### **1.3 Problemanalys**

Den initiala, övergripande idén till denna studie väcktes under hösten 2024 i samband med ett besök hos PAC2. Det noterades en diskrepans mellan den operativa verksamheten hos bolaget och flera kända akademiska ramverk och metoder inom området. Efter en diskussion med primärt bolagets VD Tobias Bergqvist definierades sedan en rad olika problemområden inom vilka en fallstudie skulle kunna genomföras.

Enligt Bergqvist saknas det idag en komplett kartläggning av företagets huvudsakliga materialflöde. Om detta skulle tas fram skulle det kunna ge insikter om hur deras processer kan effektiviseras. Det finns en kompetent personalstyrka men som närmar sig pensionsålder, vilket kombinerat med långa upplärningstider är något som oroar ledningen. Dessutom har det disponibla lokalutrymmet nyligen utökats, vilket är en grundläggande faktor till företagets intresse för att medverka i denna studie, då rådgivning i utformning av ett nytt layoutförslag efterfrågas. Sammantaget befinner sig PAC2 i ett stadium där olika effektiviseringar bedöms kunna säkerställa bolagets framtida verksamhet.

De observerade skillnaderna mellan bolagets processer och olika teoretiska koncept väcker nyfikenhet och utgör en grund för en studie. Genom att analysera och utvärdera relevans, användbarhet och funktionalitet av teorier främjas ett akademiskt nyttiggörande.

### **1.4 Syfte och frågeställningar**

Denna studie syftar till att undersöka hur den etablerade, japanska produktionsfilosofin Lean kan implementeras i ett mindre industriföretag, med ett särskilt fokus på materialflödet i fabriken. Genom att tillämpa olika akademiska metoder presenteras konkreta förbättringsförslag, men studien syftar även till att analysera användarvänligheten av dessa metoder. Studiens övergripande syfte är således att bidra till ett ökat akademiskt nyttiggörande där forskning omsätts till praktiskt användande i samhället.

Utifrån syftet har följande frågeställningar formulerats:

1. Hur är det interna materialflödet strukturerat i fabriken?
  - (a) Vilka olika slöserier finns i materialflödet och vilka konsekvenser medför dessa?
  - (b) Vilka faktorer påverkar materialflödet?
2. Hur kan materialflödet förbättras, och vilka effekter kan förväntas av förändringarna?
3. Hur användarvänliga och praktiskt tillämpbara är de akademiska metoder som tillämpas i studien, med särskilt fokus på PAC2:s verksamhet?

## 1.5 Avgränsningar

För att möjliggöra ett tydligare arbete med ett precist resultat, men också för att kunna genomföra arbetet i linje med studiens analytiska metoder, har en rad avgränsningar gjorts. Arbetets analys täcker det som sker i fabriken, vilket gör att processer såsom externa logistikflöden och eftermarknader exkluderas. Dessutom sker ej praktiska implementeringar inom ramarna för denna studie, då detta bedöms vara alltför omfattande.

Utöver detta råder följande andra avgränsningar:

- Endast företaget PAC2 AB undersöks, inga andra företag analyseras.
- Ingen ekonomisk analys av eventuella investeringskostnader görs.
- Specialprodukter har exkluderats i enighet med VSM-metodens fokus på huvudsakliga flöden, där störst effekt av förbättringar kan uppnås. Andra variabler som motiverar exkluderingen är behovsvariation av manuell behandling, oregelbundna batchstorlekar och unika produktionsanpassningar.
- PAC2:s avdelning för pulverapplicering analyseras primärt. Övriga produktionsområden förbises i största möjliga mån, men vid exempelvis dispositionsförslaget av lagret behöver såklart allt som förväntas förvaras och hanteras i lagret beaktas.
- I en utav modellerna för processeffektivisering, värdeflödesanalys, beaktas ej faktorer som kvalitet och driftstopp då relevant data saknas.

## 2 Teoretiskt ramverk

Till en studie inom detta fält finns det en rad olika teorier och metoder som bör tas i beaktning, både rent operativa analysmetoder och mer övergripande organisationsstrategier. Eftersom arbetet syftar till att ge en balanserad och nyanserad bild inom området har dels ämnesspecifika och dels tvärvetenskapliga studier beaktats och tillämpats. I detta kapitel presenteras en teoretisk sammanställning, vilket utgår från produktionsfilosofin Lean med dess tillhörande verktyg såsom 3M. Dessutom beskrivs en metod för kartläggning av värdeflödet (*Value Stream Mapping*) och en metod för design och analys av produktionslayout (*Systematic Layout Planning*).

### 2.1 Lean

Den japanska teorin för organisations- och processtyrning *Lean* (som i industriella sammanhang kallas för Lean production) är en central del av existerande företagsfilosofier. Taiichi Ohnos bok *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* beskriver det fundament som Lean production kommit att utvecklas på (Liker, 2021). Ohno var en högt uppsatt chef på Toyota och beskriver i sin bok viktiga kopplingar mellan individers roll i systemet och långsiktig framgång, vilket åsidosätter fokus på kortsiktiga vinster. Det handlar inte bara om att applicera specifika verktyg och metoder för att skapa en effektiv produktion, utan ett övergripande tankesätt för eliminering av slöserier, utjämning av flöden och en kultur av ständiga förbättringar (Ohno, 1988).

#### 2.1.1 Faktorer vid implementering

Att implementera Lean är en komplex uppgift och för att lyckas behöver flera förändringar och framsteg ske simultant i organisationen (Scherrer-Rathje m. fl., 2010). Författarna definierar en lyckad implementering i tre huvuddelar: strategisk, operativ och resultatnivå. Den strategiska nivån avser att ge företaget de viktigaste strategiska pusselbitarna, såsom en engagerad ledning och företagskulturella anpassningar. För att uppnå en god operativ nivå krävs implementering av konkreta Lean-metoder och -verktyg, medan resultatet kan vara konkreta förbättringar som högre produktionstakt eller stabilitet. Dessutom bör resultatet av implementeringen hålla över tid och inte bara ses som en tillfällig satsning. Ingen av dessa tre kategorier får åsidosättas, resonerar författarna. Liker (2021) har en lite annorlunda definition. Enligt honom måste det finnas en ordentlig företagsfilosofi på plats redan innan en implementering av operativa verktyg för Lean kan ske. Han beskriver även hur företag som kopierar tidigare implementeringar av Lean ofta misslyckas eftersom det är av största vikt att man anpassar filosofin så att den passar varje enskild organisation. Ett annat vanligt

misstag vid applicering av Lean i organisationer är den felaktiga uppfattningen om att transformationen till Lean kan planeras och kontrolleras som en programuppdatering på en dator enligt Liker (2021). I detta avseende är Liker överens med Scherrer-Rathje m. fl. (2010) då han beskriver att Lean istället ska ses som ett dynamiskt och kontinuerligt system där människor, utrustning och processer ständigt måste förbättras över tid. Liker sätter detta i perspektiv till Toyota, som trots flera decennier av arbete med Toyota Production System (TPS) anser sig vara långt ifrån färdiga. Denna filosofi, att aldrig vara nöjd utan ständigt jobba med förbättringsarbete, är därför central i denna studie.

En annan viktig faktor vid implementering är utmaningar vid omställningsförbättringar, vilket beskrivs av Mileham m. fl. (1999). Det är vanligt att exempelvis strategisk planering saknas och att adekvata, finansiella resurser är begränsade. Författarna skriver även hur optimeringar av omställningar lätt fokuserar på montagefasen, där verktyg och utrustning byts ut, medan kalibreringsfasen under omställningsproceduren ofta förbises. Detta åtgärdas genom att säkerställa en god precision i montagefasen. Mileham m. fl. lägger tyngd i att det är viktigt att förbättra hela omställningsprocessen, och inte enbart delar av den.

Ytterligare en vanlig fallgrop vid Lean-implementering enligt Rother & Shook (1999) är att man bara försöker eliminera slöserier utifrån Muda utan att kartlägga värdeflödet. Genom att göra detta riskerar man att inte adressera rotorsakerna till problemen, utan man mildrar bara de symptom som uppstår till följd. Vid förbättringsarbete inom Lean är det därför av stor vikt att inkludera en värdeflödesanalys.

### **2.1.2 Svensk tillämpning av Lean**

Under de senaste 25 åren har Lean implementerats flitigt i Sverige, inledningsvis inom industrin men senare även inom andra branscher, detta enligt en studie från Arbetsmiljöverket (2016). Berglund (2010) förklarar konsekvenserna av införandet i sin doktorsavhandling, där författaren beskriver att införandet av standardiserade arbetsätt inom svensk industri ledde till jämnare fördelad arbetsbörda över tid. En annan effekt var att när standardiseringen ökade och cykeltiderna förkortades, sjönk nivån av arbetsglädje. Samtidigt påstår Berglund att engagemanget bland de anställda stärktes när de involverades i löpande förbättringsarbete och gemensam problemlösning. En misslyckad implementering kan samtidigt ge stora konsekvenser, både i avseende på resurser och de anställdas generella inställning till Lean, vilket Almanei m. fl. (2017) skriver i sin artikel.

Studien från Arbetsmiljöverket (2016) befäster delvis Berglunds avhandling, där de i sin rapport konstaterar att standardisering kan leda till negativa konsekvenser såsom stress och ohälsa för de anställda. Dock nämner myndigheten hur svenska studier tenderar att inte vara lika kritiska till implementeringen, där studier inom området visar på försämringar eller blandade resultat i större utsträckning än de svenska.

### **2.1.3 Lean och leverantörskedjor**

Långsiktiga och ömsesidiga relationer med leverantörerna är en viktig del i ett effektivt arbete med Lean, då det möjliggör stabilitet, förtroende och gemensam problemlösning över tid, något som bidrar till att skapa jämna flöden i leverantörskedjan (Liker, 2021). Utan dessa stabila relationer måste underleverantörer ofta skydda sig mot oförutsägbara variationer i leveranskedjan genom att skapa lager, något som försvårar deras möjligheter att implementera Lean i sin verksamhet.

En grundförutsättning för att en Lean leverantörskedja ska fungera är enligt Perez m. fl. (2010) att information om efterfrågan effektivt överförs uppströms i kedjan, vilket möjliggör att varje aktör kan anpassa sin produktion utifrån verkliga kundbehov. Detta kräver ett högt mått av samarbete mellan organisationer, tydlig kommunikation samt gemensam planering mellan kedjans aktörer. En sådan struktur bidrar till ökad flexibilitet genom stärkt förmåga att hantera variationer i efterfrågan. När ett företag upplever stor efterfrågefuktuation kallas detta enligt Slack m. fl. (2022) för pisksnärtseffekten, vilket beskriver hur variationer i efterfrågan från kund kan leda till allt större variationer ju längre upp i leveranskedjan man befinner sig. I Perez m. fl. (2010) fallstudie såg man att de företag som aktivt arbetade med att dela efterfrågeinformation tillsammans med andra aktörer bättre kunde anpassa produktionen för att dämpa denna effekt. I en annan fallstudie av Reitsma m. fl. (2020) ledde en liknande typ av koordination inom leverantörskedjan till högre tillit, ökad leveransprecision och bättre problemlösning för potentiella leveransproblem.

Kärnsaken till variation i produktionssystem beror enligt Liker (2021) i relativt liten utsträckning på naturlig variation i kundernas efterfrågan. Istället framhålls att variationen i huvudsak orsakas av ineffektiva system, okoordinerat säljarbete samt den så kallade pisksnärtseffekten. Detta synsätt stöds även av Womack & Jones (2003), som vidare understryker vikten av att anpassa en leverantörskedja till den egentliga efterfrågan.

## **2.2 Utmaningar i små organisationer**

Finns det utmaningar vid implementering av Lean i små bolag som blir större för att de är just små? Slack m. fl. (2022) skriver att det är svårare för mindre företag att identifiera de avgörande problemen eftersom organisationen ofta står inför flera utmaningar samtidigt.

Dessutom saknar ofta små företag resurser att ägna personal åt specialiserade arbetsuppgifter, istället får dessa företag lösa problem allteftersom de uppstår. Samtidigt är många av koncepten inom Lean anpassade för stora företag, vilket gör koncepten svårare för mindre företag att nyttja (Almanei m. fl., 2017). Dessa aspekter är viktiga i relation till PAC2, som de facto är ett litet bolag.

## **2.3 Verktyg för industriell utveckling**

Industriell utveckling utgör ett mångfacetterat ämnesområde med historiskt sett mycket forskning, men också en mängd olika definitioner av begrepp. Här är *standardisering* ett bra exempel, där det finns tolkningar både inom Lean och andra strategier för processstyrning. Den förvirring som kan uppstå, beskriver Shah & Ward (2007), beror på inkonsekvent terminologisk användning som bromsar forskningens framsteg inom området. Att vara medveten om detta vid genomförandet av en studie av detta slag är därför av yttersta vikt. Därför presenteras nedan studiens definitioner av verktyg och principer såsom standardisering, visualisering, ställtidsreduktion och 3M.

### **2.3.1 Standardisering**

Industriell standardisering omnämns redan 1911 av pionjären Taylor (1911) i hans bok *Scientific Management*. Där beskrivs hur standardisering ska upprättas av ingenjörer, följas av operatörer och säkerställas av chefer. Dessutom ska en vetenskaplig analys av den mest effektiva metoden ligga till grund för varje beslut om standardisering, medan tradition och praxis ej tas hänsyn till. Denna definition på standardisering skiljer sig mot den som återfinns inom Lean. Enligt Liker (2021) innebär standardisering inom Lean att etablera stabila och repeterbara metoder, men där den enskilde medarbetarens uppfinningsrikedom skall ses som en tillgång och nyttjas. Syftet med standardisering anses vara för att kunna utföra arbete i en jämn takt baserad på kundens efterfrågan och på det nu kända bästa sättet att utföra arbetet. Detta är grundläggande för att skapa kontinuerliga förbättringar, vilket inom denna teori brukar benämnas som Kaizen och är en av de främsta skillnaderna mellan vad standardisering innebär enligt Taylor (1911) och Liker (2021). I linje med syftet till denna studie är det Leans definition på standardisering som tillämpas för analys och diskussion.

Förväntade effekter då ett företag börjar standardisera sin verksamhet i enlighet med Lean definierades till viss del ovan, men förstärks även av Fin m. fl. (2017) där man vid standardiseringsarbete i ett företag kunde uppnå noterbara förbättringar. Dessa förbättringar omfattade mindre stillestånd i produktionen, minskad monterings- och rörelse på operatörerna, något som således minskade deras belastning. Förbättringsarbetet skedde

genom kartläggning och effektivisering av de befintliga resurserna vilket indikerar att standardisering inte är särskilt resurskrävande.

Standardisering kan även få andra viktiga effekter då den är utförd av de som är nära processerna (Womack & Jones, 2003). Det förenklar för personalen att rotera mellan olika uppgifter och täcka upp för varandra vid bortfall då det finns tydlig dokumentation och struktur kring hur saker skall genomföras. På samma spår beskriver Liker (2021) att standardisering även underlättar inlärningsprocessen för nya medarbetare. Sammantaget menar båda att standardisering och främjad kunskapsöverföring skapar en mer robust och flexibel organisation.

### **2.3.2 Visualisering**

Det finns flera aspekter som kan anses rymmas inom industriell visualisering. En metod för att förstå bättre, komma ihåg mer och lära sig effektivare är Dual Coding Theory (DCT), beskriven av Clark & Paivio (1991). Hjärnan har enligt författarna två sätt att ta in information, ett verbalt och ett bildligt system, och om dessa sammankopplas kan bättre prestation uppnås. I en industriell visualiseringskontext kan detta kopplas till instruktionsmetodiken, där ett multimodalt lärande i exempelvis upplärningssituationer skulle kunna vara tillämbart.

Inom Lean är visualisering viktigt, både strategiskt men även rent operativt. Liker (2021) beskriver vikten av synliggörande ur flera perspektiv: Genom att synliggöra slöserier kan ineffektiva metoder tydligare upptäckas, vilket i sin tur främjar kontinuerlig förbättring (Kaizen). Dessutom kan kvalitet lättare säkerställas genom att avvikelser från standarder synliggörs enligt författaren.

Visualisering på arbetsplatsen är även värt att nämna, inte minst som en fortsättning på teorin om standardisering. Liker (2021) skriver att en chef ska kunna gå genom en arbetsplats och direkt se om standardiserade arbetssätt följs, men även att visualisering är nyckeln till att kunna upptäcka brister i processen. System för att signalera status på varje maskin, vilket inom Lean kallas för Andon. Ljussystem gör att man enkelt kan få en överblick över vilka processer som fungerar och vilka processer som står stilla. Dessutom beskrivs hur rengjorda maskiner och utrustningar gör att eventuellt slitage eller läckage enklare och tidigare upptäcks, även detta enligt Liker (2021).

Ett ytterligare verktyg för att minska slöserier är 5S, en metod för att organisera arbetsplatser, vilket Slack m. fl. (2022) beskriver i sin bok. Metoden innebär att du i fem olika steg får sortera bort onödiga ting, städa och strukturera, men också standardisera och säkerställa att resultatet av implementeringen består. Detta går i linje med många andra delar inom Lean, inte minst som att fokusera på långsiktighet.

### **2.3.3 Ställtidsreduktion**

Enligt Womack & Jones (2003) är ställtidsreduktion en vanlig åtgärd inom Lean som syftar till att ta produktionen från en batchvis tillverkning till ett jämnare produktionsflöde. Mileham m. fl. (1999) styrker detta och betonar att en lägre ställtid är en förutsättning för en flexibel produktion, i synnerhet när trender rör sig mot ökad produktdifferentiering. Liker (2021) förklarar att en följd av denna ökade flexibilitet är att man kan köra produkter utifrån efterfrågan, något som kan möjliggöra en jämnare arbetsbörda.

För att genomföra en ställtidsreduktion inom Lean används vanligtvis SMED-metodiken, där man analyserar, kategoriserar och standardiserar en omställningsprocess, något som kan resultera i omfattande tidsreduktioner enligt Liker (2021). Detta bekräftas av Womack & Jones (2003) som även påstår att detta vanligen kan göras väldigt fort och utan större investeringar. Förväntade effekter verifieras vidare av Karam m. fl. (2018) där de i en fallstudie genom nyttjandet av SMED-metodiken lyckades reducera en ställtid från 25.3 till 17.8 timmar.

### **2.3.4 3M: Ojämnhet, överbelastning, och slöseri**

För att enklare kunna analysera och effektivisera flöden används verktyget 3M inom Lean Liker (2021). Koncepten grundar sig i TPS och beskrivs bland annat av Taiichi Ohno (1988). De 3M:en står för Mura, Muri och Muda, och innebär i inbördes ordning ojämnheter, överbelastning och slöseri.

- Mura handlar om att jämna ut produktionen. Liker (2021) skriver att det är bättre att jämna ut produktionstakten, snarare än att rusa fram i små intervaller, vilket problematiseras av författaren då orderingången sällan är jämn.
- Muri innebär att undvika onödig belastning på arbetare och maskiner. Liker beskriver detta som att rörelser på personal inte nödvändigtvis skapar mervärde och den övergripande synen är att man vill optimera arbetskraften snarare än att spara in på arbetskraften.

- Muda handlar om identifiering och eliminering av slöserier samt att fokusera på vad som är värdeskapande, detta enligt Liker. Utifrån denna definition beskriver Slack m. fl. (2022) sju typer av slöserier inom Lean production:
  - Överproduktion: Att producera saker för tidigt, för mycket, eller för snabbt ska undvikas.
  - Väntan: Människor, maskiner och information som väntar på nästa steg i processen. Detta kan kopplas till konceptet Just-in-time, som är en viktig del inom Lean.
  - Onödiga transporter: Förflyttningar mellan processteg som ej är värdeskapande, layout har stor effekt på detta slöseri.
  - Överbearbetning: Anpassa produktionsambitionen till de krav kunden ställer, arbeta inte för mycket.
  - Överskottslager: Att ha onödigt mycket råmaterial, produkter i arbete eller färdigställda produkter.
  - Onödiga rörelser: Rörelser inom ett processteg av maskiner och människor som ej är värdeskapande.
  - Defekter: Att tillverka produkter som behöver omarbetas eller kasseras är ett tydligt slöseri.
  - Samtidigt nämns ibland en åttonde typ av slöseri, vilket även Slack m. fl. tar upp, som innebär att det är ett slöseri om medarbetares kreativitet och kunskap inte tas till vara.

Arbete med slöserier innebär positiva effekter inom ekonomisk, social och miljömässig hållbarhet, detta skriver Hilal m. fl. (2025) i en nyligen publicerad studie. Redan år 2005 beskrev Kleindorfer m. fl. hur arbetet med att eliminera slöserier ursprungligen fokuserade på faktorer såsom tid, brister i kvalitet och överskottslager, men alltjämt oftare tillämpas för eliminering av miljömässiga slöserier. Hilal m. fl. presenterar ett annat perspektiv i sin studie, som bygger på ett genomförande av en värdeflödesanalys (VSM). Eliminera vanliga slöserier såsom defekter, outnyttjad talang och transporter ger per automatik goda effekter inom hållbarhet, exempelvis eftersom minskat antal defekter leder till att färre produkter måste produceras.

## 2.4 Att kartlägga ett värdeflöde

Redan på 50-talet började Toyota utveckla metoder där liknande tankesätt gentemot nutidens värdeflödesanalys etableras i syfte att eliminera slöserier i produktionsflöden, något som Liker (2021) beskriver i sin bok. Även om metoden kom att utvecklas flera decennier tidigare var det först under 90-talet som den kom att konkretiseras och populariseras av författarna Mike Rother och John Shook i boken *Learning to See* år 1999. Därför utgår kartläggningen av värdeflöden utifrån författarnas sammanfattning.

Enligt Rother & Shook (1999) är ett värdeflöde alla de aktiviteter som ingår i det huvudsakliga flödet hos en produkt eller produktgrupp. Det finns två huvudflöden, produktionsflödet och designflödet. Produktionsflödet beskriver hur produkten går från råmaterial till slutkund, vilket är det relevanta flödet i arbetet. I det ingår alla värdeskapande aktiviteter som enligt Shou m. fl. (2019) skapar värde för kunden, men även de icke värdeskapande aktiviteterna som företaget utför, men som inte direkt skapar värde för kunden. Att jämföra den värdeadderande tiden med den icke-värdeadderande tiden kan enligt Rother & Shook (1999) skapa viktiga insikter om värdeflödets effektivitet, där en låg värdeadderande tid är något som kan tyda på osynkroniserade processer, att arbetet inte flödar kontinuerligt, och att obalanser eller flaskhalsar existerar i systemet.

Vidare menar Rother & Shook (1999) att det initialt är fördelaktigt att enbart fokusera på delar av flödet. Anledningen till det har att göra med att det lätt blir ett för komplext och omfattande arbete. Därför, skriver författarna, är det rimligt att börja med flödet från port till port och sedan utveckla analysen till fler delar av flödet vid senare itereringar.

Rother & Shook (1999) skriver också att det är viktigt att inte fokusera på individuella processer utan snarare på systemet i sin helhet och trycker på att metoden bör nyttjas som ett verktyg för att förstå flödet av material och information i verksamheten. Författarna betonar att kartläggningen inte behöver vara exakt i alla detaljer, utan att dess främsta syfte är att skapa en övergripande förståelse för att därefter kunna implementera koncept inom Lean. Därmed menas att det är motiverat att göra anpassningar och välgrundade antaganden utifrån den aktuella verksamhetens förutsättningar för att kunna uppnå önskad framtida värdeflödesstruktur.

För att illustrera ett värdeflöde använder Rother & Shook (1999) sig därför av metoden värdeflödesanalys. Värdeflödesanalys är en metod för att kartlägga produktionsflödet i ett företag, i syfte att skapa en grund för diskussion kring eliminering av slöseri. Enligt Rother & Shook (1999) fokuserar värdeflödesanalysen på att reducera ledtider och genomloppstider, minimera slöseri och tillföra värde i flödet. Serrano m. fl. (2008) menar att metoden är baserad på fem faser:

1. Val av produkt eller produkt familj.
2. Kartläggning av nuläget med materialflöde och informationsflöde.
3. Kartläggning av framtiden med förbättrat värdeflöde.
4. Definiering av handlingsplan.
5. Implementering av handlingsplan för att åstadkomma förbättrat värdeflöde.

Enligt Serrano m. fl. (2008) är värdeflödesanalysen en effektiv och anpassningsbar metod som lämpar sig väl till omplanering av produktionssystem med olika flöden, vilket är centralt i detta arbete.

#### **2.4.1 Välj en produktfamilj**

En produktfamilj är enligt Rother & Shook (1999) produkter som genomgår liknande aktiviteter. Att identifiera en produktgrupp menar författarna blir högst relevant då kunden inte finner något värde i produkter som inte berör dem eller deras verksamhet.

#### **2.4.2 Nulägeskartläggning**

Rother & Shook (1999) skriver vidare att en nulägeskartläggning handlar om att först förstå flödet i sin helhet genom att fysiskt gå runt och samla in data uppströms i material- och informationsflödet. Det är viktigt att inte enbart bygga resultatet på tidigare tillgänglig data från företaget utan också göra egna observationer och mätningar menar författarna. Kartläggningen ska ritas för hand där olika symboler (se Bilaga 1) illustrerar material- och informationsflödet samt aktiviteter, till exempel genom pilar, processrutor och lastbilar för transport. Att kartlägga nuläget ligger sedan som grund för den framtida kartläggningen. Efter en övergripande genomgång är det sedan meningen att gå in mer i detalj på varje process och samla in data om cykeltid, ställtid, ledtid och så vidare. Ledtid kan beräknas enligt en tolkning av Little's lag. Enligt Little (1961) finns det ett samband mellan det genomsnittliga antalet enheter i systemet ( $L$ ), den genomsnittliga tiden en enhet befinner sig i processen ( $W$ ) och den genomsnittliga tiden mellan två ankommande enheter ( $\lambda$ ) vilket är  $L = \lambda W$ . Enligt Rother & Shook (1999) kan Little's lag appliceras för att räkna ut ledtid i lager, ekvationen blir då Ledtid = Lagernivå / Efterfrågan.

#### **2.4.3 Framtida kartläggning**

Efter att ha gjort en nulägeskartläggning skapas en framtida kartläggning som består av mål som inom en relativt kort framtid går att uppnå. I enighet med Lean-koncepten handlar dessa mål enligt Rother & Shook (1999) om att eliminera olika typer av slöserier. Vid första

iterationen av värdeflödesanalysen skriver Rother & Shook (1999, s.57) ”What can we do with what we have?” där han syftar till att fokuset ska vara på att identifiera grundorsaken till problemet och undvika onödiga investeringskostnader. Ett exempel på detta skulle kunna vara maskininvesteringar. Att köpa nya maskiner som är effektivare behöver inte vara grundproblemet utan fokus bör läggas på andra områden där det uppkommer slöserier. Vid senare iterationer kan det däremot bli relevant att även göra sådana typer av förändringar i den framtida kartläggningen menar de. För att uppnå den framtida kartläggningen har Rother & Shook (1999) formulerat följande 8 frågor som företag kan besvara:

- Vad är takttiden?
- Kommer produktionen att ske direkt till leverans eller till ett färdigvarulager (supermarket) som kunden hämtar från?
- Var kan ett kontinuerligt produktionsflöde tillämpas?
- Var i det dragande systemet behövs supermarkets?
- Utifrån vilken punkt i produktionskedjan kommer produktionen att styras (taktsättande processen)?
- Hur ska produktionsmixen jämnas ut vid den taktsättande processen?
- Vilken satsstorlek bör släppas in och tas bort vid den taktsättande processen?
- Vilka processförbättringar blir nödvändiga för att uppnå den framtida kartläggningen?

#### **2.4.4 Handlingsplan/Implementering**

Efter att en framtida kartläggning har skapats gäller det att de förslagen som man har kommit fram till faktiskt implementeras, men Rother & Shook (1999) skriver att det enkelt blir många saker som ska förbättras på samma gång. Då är det viktigt att lägga upp en plan som bryter ner målen i mindre steg så att man på smidigast sätt ska nå de uppsatta målen.

### **2.5 Systematic Layout Planning**

En bra layout är avgörande för ett företag eftersom den har direkt inverkan på dess kostnader, produktivitet och anpassning till förändringar. Enligt Tompkins m. fl. (2010) kan en välplanerad layout avsevärt minska kostnaderna för materialhantering, som ofta utgör 20–50% av driftskostnaderna och 10–30% av företagets totala kostnader. Vidare menar även författarna att en bra layout förbättrar medarbetarnas säkerhet, trivsel och utnyttjandet av fastigheten. Layouten är därmed inte bara en designfråga, utan en strategisk faktor som stödjer kontinuerliga förbättringar och långsiktig konkurrenskraft. För att presentera en

sådan layout introduceras nedan Systematic Layout Planning (SLP) och dess förenklade variant, Simplified Systematic Layout Planning (SSLP) som användes i denna studie.

SLP är ett strukturerat tillvägagångssätt för att planera layouten på en industriell anläggning utvecklat av Richard Muther 1955 (Muther, 1955). Metoden är bland annat utvecklad i syfte att optimera materialflödet och maximera utnyttjandet av anläggningens yta vilket har visats vara gynnsamt där till exempel Thakre & Dabade (2017) i sin fallstudie lyckades minska transporter av material med 38,2% och samtidigt frigjorde mer yta för produktion. Enligt Muther & Hales (2015) är denna metod inte bara för industriella anläggningar, utan tack vare sin generella karaktär, kan den även appliceras inom kontorsplanering, laboratorier och till och med design av operationssalar (Lin m. fl., 2015).

Muther & Hales (2015) introducerar även en förenklad metod, Simplified Systematic Layout Planning (SSLP), lämpad åt mindre projekt enbart med fokus på utformningen av anläggningen. Den utelämnar exempelvis en bedömning av vilka material som flödar var och hur mycket. Det finns även andra varianter exempelvis som den Muther & Wheeler (1962) beskriver, en reducerad SSLP med endast sex steg. Det bör även tilläggas att SLP och SSLP metoderna i första hand är avsedda för att planera *nya* layouter, som ska göras i detta arbete, och inte för att analysera befintliga, något som styrks av Muther & Hales (2015). I takt med att metoden genomförs och nuvarande layout jämförs med alternativa layouter uppkommer onekligen insikter om nuvarande layoutens brister. På så vis kan SLP och SSLP även användas indirekt för att analysera en befintlig layout. I följande avsnitt avhandlas de sex stegen som ingår i SSLP.

### 2.5.1 Kartlägga samband mellan olika funktioner

Första steget är att kartlägga de delar av processen, även kallat funktioner, som är relevanta för layoutplaneringen och hur de förhåller sig till varandra. Enligt avgränsning fokuserar layoutplaneringen på pulveravdelningen med sina anslutande steg i processen. Relationerna till de olika funktionerna beskrivs av Muther & Wheeler (1962) och presenteras i Tabell 1.

Kod	Betydelse
A	Absolut nödvändigt
E	Extra viktigt
I	Viktigt
O	Ordinär närhet
U	Utan betydelse
X	Bör ej placeras nära

*Tabell 1: Betydelsen av koder använda i närhetsanalys*

Vilken relation en funktion har till en annan bedöms utifrån observationer och intervjuer, varpå relationen motiveras kort i ett sambandsschema, se Bilaga 2. För att skilja vikten av en relation från en annan presenterar Muther & Wheeler (1962) olika koder som relationerna får i sambandsschemat (se Tabell 1). Värt att notera är dock att bedömningen är subjektiv i den mening att det inte finns ett direkt värde som avgör vilken kod en relation får. Denna subjektivitet lämnar givetvis utrymme för fel och kommer onekligen att påverka vilken slutgiltig layout som rekommenderas.

Att en av SLP och SSLP metodernas svagheter är just *subjektivitet* är dock ingen hemlighet. Både Liu m. fl. (2020) och Tak & Yadav (2012) beskriver detta som en av de främsta svagheterna med metoden där kvaliteten på resultatet inte blir bättre än den egna analys som görs av layoutplaneraren. Enligt Muther & Hales (2015) är det därför viktigt att inkludera anställdas kvalitativa uppfattning i sin bedömning, samt att layoutplaneraren besitter god kännedom om anläggningen för att få bästa möjliga resultat.

### **2.5.2 Definiera krävda dimensioner på funktioner**

I andra steget mäts hur mycket plats en funktion eller process tar. Enligt Muther & Hales (2015) finns det flera aspekter, inklusive höjdkrav, som kännetecknar denna del. Takhöjden varierar förvisso i anläggningen, vilket tas hänsyn till i praktiken och kan därför lämnas ut ur beräkningarna. Steg 2 reduceras således till att identifiera den faktiska area en process upptar samt omkringliggande yta som krävs för operatörer och materialhantering.

### **2.5.3 Grafisk sammankoppling av funktioner**

Syftet enligt Muther & Wheeler (1962) med det tredje steget är att omvandla sambandsschemat till en grafisk representation av funktionerna. Med grafen kan funktionernas närhet tydligt utläsas samt ge ett visuellt beslutsunderlag till hur de alternativa huvudplanerna bör utformas. Visualisering kan också synliggöra eventuella konflikter i layouten, till exempel problematiska X-relationer.

### **2.5.4 Alternativa huvudplaner**

I det fjärde steget av metoden kombineras funktionernas samband med deras ytor. Syftet enligt Muther & Wheeler (1962) är att skapa en realistisk bild av layouten som tar hänsyn till det som föregående steg inte inkluderar, exempelvis arean funktionen upptar. Detta steg introducerar alltså mer realism i layouten, vilket är nödvändigt för att föreslå ett detaljerat layoutförslag. Vanligtvis finns det flera olika funktionsdugliga layouter som sedan jämförs i steg fem.

## 2.5.5 Värdera de olika alternativen

Det femte steget har modifierats till att bestå av två delar. Den första delen hänvisar till Muther & Hales (2015) och Muther & Wheeler (1962) metodik med en *kvalitativ* ansats och den andra är en simplifierad *kvantitativ* ansats utvecklad av Silvan Marti, doktorand inom produktionssystem vid Chalmers tekniska högskola (se Bilaga 3). Den kvalitativa ansatsen bedöms som kvalitativ då den likt steg ett kräver en kvalificerad bedömning av värdet på layouten givet en rad användardefinierade kriterier. Samtidigt bedöms den andra ansatsen som kvantitativ då den enbart värderar närheten mellan funktioner och således är ett mått på hur effektivt layouten minimerar rörelse. Ansatserna ses inte som substitut då de ger två olika resultat och därför kommer båda att tas hänsyn till i arbetet. Nedan förklaras ansatserna närmare.

### Kvalitativ ansats

Enligt Muther & Wheeler (1962) består denna del i steg 5 av att utvärdera layoutförslagen baserat på olika användardefinierade kriterier såsom funktionalitet, säkerhet, tillgång till service, flöde och kostnad för implementering. Layouterna jämförs i ett så kallat *värderingsschema* där en *värderingsskala* enligt nedan finns definierad.

Kod	Beskrivning	Poäng
A	Absolut perfekt	4
E	Effektiv lösning	3
I	Intressant lösning	2
O	Ordinär lösning	1
U	Utan betydelse	0
X	Ej önskvärd	-1

*Tabell 2: Kvalitativ ansats till värderingsskala med tilldelade poäng för respektive kod.*

Därefter värderas faktorerna relativt varandra där den viktigaste faktorn viktas med 10 och en produktsumma av samtliga faktorer beräknas. Den layout med *högst* poäng är den optimala. Val av kriterier, viktning och bedömning enligt värderingsskalan är alla moment som kräver en subjektiv åsikt från den som följer SSLP-metoden. I detta fall är det inte personer som är anställda på PAC2, utan bedömningen görs efter bästa förmåga baserat på de intervjuer och observationer som gjorts. Det ansågs därför lämpligt att komplettera resultatet med den kvantitativa ansatsen.

### Kvantitativ ansats

Denna ansats, utvecklad av Silvan Marti (se Bilaga 3), är en förenklad modell inspirerad av arbetet från Muther & Hales (2015) och tar enbart hänsyn till avstånden mellan funktionerna. Kortaste väg för samtliga funktioner mäts och viktas med poängen som framgår i Tabell 3.

Kod	Betydelse	Poäng
A	Absolut nödvändigt	100
E	Extra viktigt	50
I	Viktigt	20
O	Ordinär närhet	5
U	Utan betydelse	0
X	Bör ej placeras nära	-50

*Tabell 3: Kvantitativ ansats till värderingsskala med tilldelade poäng för respektive kod.*

Beräkningarna sammanställs i en tabell och den layout med *lägst* total poäng är den optimala. Fördelen med denna modell är att den inte kräver en subjektiv bedömning (annat än den i steg 1) för att kunna konstatera vilken layout som är bäst. Det saknas däremot en förklaring till vikterna ovan, vilket återigen lägger en stor vikt på att steg ett i metoden görs så korrekt som möjligt. Slutsatsen är dock att denna ansats ses som ett nyttigt komplement till steg fem i SSLP då den inte medför lika mycket subjektivitet.

### 2.5.6 Detaljerad planlösning

I det sjätte och sista steget detaljutformas den valda layoutplanen. Den alternativa plan (eller *planer* om steg 5 resulterar i två olika layouter) som fått högst poäng i utvärderingen ritas upp i skala med exakta mått, väggar, dörrar, truckgångar, maskiner, arbetsplatser och säkerhetszoner. Syftet är att ta fram en färdig plan som är tydlig, praktiskt genomförbar och kan användas som underlag för byggnation, omflyttning eller implementering.

### 2.5.7 Tillämpningar av SLP

SLP är en metod med bred tillämpbarhet inom olika typer av verksamheter, vilket gör det lätt att hitta olika fallstudier där metoderna implementerats. En fallstudie av Tak & Yadav (2012) beskriver hur den indiska tillverkaren Rajasthan Steel Industries kunde förbättra sin layout med hjälp av SLP. Förutom att författarna kunde presentera en tillfredsställande layout, utvärderades SLP som en effektiv metod för små- till medelstora företag, men som också visade sig ha en begränsning. Likt den identifierade begränsningen om subjektivitet i Kapitel 2.5.1 beskriver Tak & Yadav hur metoden är "högst beroende" av den ansvariga layoutplanerarens erfarenhet och subjektiva bedömning.

En annan tillämpning av SLP gjordes av Erdiansyah & SZS (2024) där metoden kombinerades med så kallad Blocplan-algoritm. Algoritmen användes för att presentera optimala layouter genom att hitta en layout med minsta möjliga totala längd på materialflödet. Resultatet blev en layout vars längd reducerades från 670 meter till 426 meter. Denna reduktion är en framgång i sig, men studien visade även på en metod mycket lik den kvantitativa

ansatsen, alltså att båda metoder objektivt bedömer en layout baserat på närheten mellan funktioner.

Slutligen presenterar Liu m. fl. (2020) en mer omfattande tillämpning av SLP i en fallstudie där metoden kombinerades med en tidsbaserad modellering, kallad Petri net, och simulering i FlexSim för att förbättra layouten i en kinesisk fabrik för vindkraftskomponenter. Författarna grundar denna kombination av metoder i problematiken att traditionell SLP *inte tar hänsyn till tidsdynamik i produktionsflödet*, alltså att den tid varje process tar inte beaktas i designen av anläggningen. Med FlexSim kunde den presenterade och befintliga layouten jämföras baserat på bland annat produktionskapacitet och -tid samt maskiners väntetid. Den nya layouten resulterade bland annat i ett mer logiskt materialflöde och ett informerat beslut i hur de viktigaste delarna av produktionen skulle omplaceras. Denna fallstudie illustrerar hur SLP återigen kan stärkas genom kompletterande metoder, men belyser också en av de brister metoden kännetecknas av.

### **2.5.8 SSLP ur ett Lean-perspektiv**

Utöver att SSLP är praktiskt tillämpbar i denna studie, stärks dess relevans ytterligare genom sin koppling till Lean-teori och eliminering av slöserier. Denna koppling identifierar även Salins m. fl. (2024) där författarna bland annat understryker hur en effektiv layout minimerar rörelse av material och personal, vilket per definition reducerar slöseri i rörelse. En annan aspekt som Salins m. fl. (2024) belyser är hur teorierna även värderar platseffektivitet. Lean-teori gör det genom 5S och SSLP genom att bedöma nödvändig plats mot tillgänglig plats för funktioner. Fortsättningsvis presenterar Muther & Hales (2015) med SLP och SSLP ett strukturerat och standardiserat tillvägagångssätt för att planera en anläggning. Detta ligger i linje med hur Liker (2021) betonar vikten av att arbeta standardiserat för att uppnå förbättringar inom Lean. Slutligen sammanfattar Salins m. fl. (2024) SLP som en tidskrävande process, men som i kombination med Lean-verktyg blir ett effektivt sätt att framställa en optimal layout.

Vidare introducerar även (Liker, 2021) konceptet "Thinking Production System" som belyser det faktum att Lean-teori måste anpassas efter varje fall och inte blint applicera Lean-verktygen. Att anpassa metodiken efter varje fall är inget som (Muther, 1955) direkt instruerar sina läsare om, men de beskriver ändå att metoden tolereras att modifieras något i syfte att tillfredsställa ett *särskilt syfte*. I ett tidigare avsnitt introducerades den kvantitativa ansatsen med det särskilda syftet att införa en mer objektiv analys av nuvarande layout och föreslagna layouter, vilket således är i linje med både Liker och Muther & Hales.

## 2.6 Essensen av beskriven teori

I Kapitel 2 har en bitvis bred, bitvis djupgående beskrivning av studiens teoretiska ramverk redogjorts. I syfte att tydliggöra, understryka och poängtera några av de mest centrala delarna presenteras här en sammanfattning.

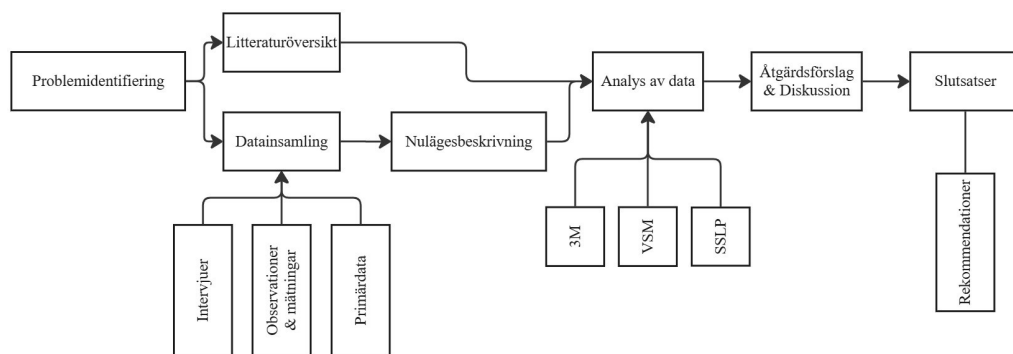
Den japanska produktionsfilosofin Lean, som ursprungligen kommer från Toyota, ligger till grund för denna studie. Filosofin grundar sig i att eliminera slöserier och få ett jämnt produktionsflöde med små variationer. Teorin är tydlig med dess långsiktighet, inte ens Toyota som jobbat med filosofin under lång tid anser sig vara ens i närheten av att vara färdig. Det är alltså ett kontinuerligt arbete som krävs. Det finns vissa studier som analyserat effekter på svenska arbetsplatser efter en implementering av Lean som beskriver risk för minskad arbetsglädje, men som samtidigt lyfter stärkt engagemang som en positiv effekt.

En stor del av denna studie är analysen av de två metoderna Värdeflödesanalys (VSM) och Systematic Layout Planning (SLP), vilka har presenterats i Kapitel 2. VSM visualiserar ett flöde för att skapa en bättre förståelse för rådande utmaningar, men även för att kunna identifiera flaskhalsar och slöserier. Dessutom designas ett önskvärt framtida mål, vilket ger en gemensam målsättning. SLP är ett mer övergripande verktyg, där hela, eller åtminstone stora delar, av fabriken inkluderas. Genom att värdera placeringen av olika funktioner i verksamheten gentemot varandra kan ett optimalt layoutförslag presenteras. I kapitlet beskrivs även en förenklad variant av SLP, Simplified Systematic Layout Planning (SSLP), som blir den antagna metoden för arbetet.

### 3 Metod

I detta kapitel beskrivs studiens arbetsmoment och de metoder som använts i genomförandet av arbetet. För att besvara frågeställningen användes både en kvantitativ och kvalitativ metod. Den kvalitativa metoden genererade en stor del av den insamlade data från intervjuer och observationer och den kvantitativa metoden genererade primärdata från företagets produktion, i syfte att komplettera VSM och SSLP.

Arbetet är en fallstudie på ett företag grundat i en litteraturöversikt som antar en abduktiv ansats. Ansatsen innebär upprepade gånger växling mellan teori och empiri för att utveckla förståelse inom forskningsområdet (Dubois & Gadde, 2002). Enligt författarna passar en abduktiv ansats bäst för explorativa studier när en matchning mellan teori och verklighet ska genomföras, och därav har studien i sin helhet baserats på en abduktiv ansats.



*Figur 1: Flödesdiagram av kartläggningen för arbetsgången*

Arbetsgången (se Figur 1) utgörs av en initial problemidentifiering hos företaget följt av en litteraturöversikt och datainsamling. Datainsamlingen genomfördes i form av intervjuer, observationer och mätningar hos det valda företaget. Litteraturöversikten användes för att applicera teoretiska modeller och koncept på fallstudien i syfte att ge en djupare förståelse av ämnet och jämföra teorin med verkligheten. Litteraturöversikten, i kombination med den insamlade data, användes sedan för att göra en VSM samt en SSLP som låg till grund för analys och åtgärdsförslag.

#### 3.1 Problemidentifiering

Studien påbörjades med ett besök hos PAC2 för att bilda en uppfattning om deras verksamhet och diskutera aktuella utmaningar, samt studiens syfte och genomförande. Ett inledande möte med VD Tobias Bergqvist genomfördes där han presenterade företaget och hade en genomgång av fabriken med dess olika delar. Även konversationer med anställda och självständiga observationer bidrog till den initiala problemidentifieringen.

## 3.2 Litteraturöversikt

Snyder (2019) menar att en litteraturöversikt är grundläggande i ett forskningsarbete och särskilt relevant i nutid eftersom forskningen accelererar, vilket gör det avgörande att hålla sig uppdaterad. Syftet med litteraturöversikten var att skapa det teoretiska ramverket som låg till grund för skapandet av VSM och SSLP samt analysen av den insamlade data. Litteraturöversikten byggde på användandet av relevanta böcker och vetenskapliga artiklar i syfte att få en djupare förståelse för Lean, materialflöden, VSM och SSLP. De vetenskapliga artiklarna inhämtades primärt via det vetenskapliga förlaget Elseviers sökplattform Scopus. Sökord som användes för att hitta relevanta artiklar var bland annat *Value Stream Mapping*, *Lean production*, *Lean Tools*, *Lean Case Study* och *Systematic Layout Planning*.

## 3.3 Insamling av data

I detta avsnitt beskrivs metoderna som användes för insamlingen av primärdata. Insamlingen skedde genom intervjuer, observationer och mätningar samt direkt från PAC2:s datahanteringssystem.

### 3.3.1 Intervjuer

Enligt Saunders m. fl. (2009) är intervjuer en effektiv metod för att samla in relevanta och trovärdiga primärdata gällande en studies frågeställning. Intervjuerna var semi-strukturerade eftersom intervjufrågorna var öppna och bjöd in till mer specifika följdfrågor, vilket möjliggjorde djupare diskussioner med intervjupersonerna som innebar en bättre uppfattning av problemet.

För de semi-strukturerade intervjuerna skapades ett intervjuunderlag (se Bilaga 4) och genomgående förberedelser gjordes för att få ut så mycket relevant information som möjligt från varje intervju. Tre personer medverkade på intervjuerna, två som intervjuade och en som blev intervjuad. Av de två som intervjuade fokuserade en på diskussionen medan den andra var ansvarig för att dokumentera intervjun. Intervjuerna spelades in och transkriberades med hjälp av Words dikteringsverktyg för att kunna granska intervjumaterialet och säkerställa att ingen viktig information gick förlorad.

Det genomfördes också ostrukturerade intervjuer med bolagets VD, produktionsplanerings- och logistikansvarige, kvalitet- och miljöansvarige och operatörer under företagsbesöken för att skapa en mer lättsam miljö för intervjupersonerna och få svar på frågor som uppstod under besöken. Dessa intervjuer genomfördes parallellt med intervjupersonernas dagliga arbete och anteckningar fördes under tiden.

Intervjuperson	Intervjuformat	
	Semi-strukturerade	Ostrukturerade
VD	1	4
Produktionsplanerings- och logistikansvarig	2	1
Kvalitet- och miljöansvarig	1	1
Produktionsingenjör	1	0
Operatörer	2	2
<b>Totalt</b>	<b>7</b>	<b>8</b>

*Tabell 4: Sammanställning av genomförda intervjuer*

Intervjuerna var en central del i arbetet och mycket tid spenderades på att skapa underlag för och genomföra dem. De intervjuade personerna var bolagets VD, produktionsplanerings- och logistikansvarige, kvalitet- och miljöansvarige, produktionsingenjören samt två operatörer vilket presenteras i Tabell 4 ovan. Efter intervjuernas genomförande diskuterades resultaten och nya följdfrågor dokumenterades kring oklarheter som uppstått.

### 3.3.2 Observationer och mätningar

Enligt Patel & Davidson (2019) är observationer ett effektivt sätt att studera materialflödet i sitt naturliga sammanhang. De observationer och mätningar som gjordes gav en överblick av materialflödet, informationsflödet och arbetssättet i fabriken. De första observationerna var handledda av bolagets VD som gjorde en rundvandring i fabriken där han förklarade samtliga steg i processen. Under senare företagsbesök gjordes självständiga observationer och mätningar på arbetare, processer och materialflöde för att fylla i luckor i VSM och SSLP. Under dessa besök togs anteckningar, bilder och videor som sedan sammanfattades och användes som information till slutrapporten. För att skapa en verklighetstrogen kartläggning av fabriken mättes avstånden med lasermätare och tumstock, vilket kompletterades med ritningar som begärdes ut från Kungsbacka kommun. Observationer genomfördes på olika veckodagar för att säkerställa att den insamlade data var representativ för företagets verksamhet i helhet.

### 3.3.3 Primärdata

Den data som har samlats in har varit primärdata som kommit direkt ifrån PAC2 och dess egna datahanteringssystem. Data innefattande finansiella nyckeltal från 2019 till 2023 samlades in till nulägesbeskrivningen i kompletterande syfte från en sekundärkälla som tillhandahåller primärdata från PAC2:s årsredovisningar. Produktionsdata (se Bilaga 5) tillhandahölls av bolagets VD vilket innefattade data om orderkvantiteter, leveranstider och processtider för tidsperioden mellan januari 2024 och mars 2025, vilket låg till grund för vidare analys i VSM.

### 3.4 Analys av data

En analys av den insamlade data gjordes genom att koppla den sammanställda informationen från intervjuer, data, observationer och mätningar till det teoretiska ramverket. Djupgående analyser i enlighet med det teoretiska ramverket genomfördes på både VSM och SSLP för att generera ett förbättrat framtida tillstånd för både layouten och materialflödet. Stort fokus lades på att identifiera slöseri enligt 3M. Detta gjordes genom brainstorming där samtliga idéer skrevs ned på en stor whiteboardtavla under ett gemensamt möte. Isaksen & Gaulin (2005) menar att brainstorming är ett effektivt sätt att generera så många idéer som möjligt, särskilt om det finns en mötesledare som bidrar med idéer. Vikten av dessa idéer diskuterades sedan i syfte att ta fram de mest relevanta förslagen.

#### 3.4.1 Problemidentifiering utifrån 3M

De identifierade problemen sammanställdes och kategoriserades utifrån 3M: Ojämnhet, överbelastning och slöseri i syfte att förenkla analysen av PAC2:s flöden och layout. För att kategorisera de identifierade problemen skrevs samtliga problem upp på en tavla och sorterades in i lämplig kategori. Därefter jämfördes problemen med det teoretiska ramverket för att göra en djupare analys.

#### 3.4.2 Utförande av värdeflödesanalys

**Första steget** i värdeflödesanalysen var att välja en produktfamilj. I valet av produktfamilj delades produkterna in i grupper med liknande processer, flöden och cykeltider. Efter information om PAC2:s produkter sammanställdes valdes produktfamiljen pulverbelagda skruvar som appliceras med pulver i maskin 1 och maskin 6 (se Figur 3). Dessa skruvar har i princip identiska flöden genom fabriken och genomgår liknande aktiviteter som baljning, applicering och bandning. Processerna i de pulverbelagda skruvarnas flöde har också liknande cykeltider vilket gör produktfamiljen lämplig för värdeflödesanalysen. De pulverbelagda skruvarna är en relevant produktfamilj att analysera då de anses vara standardprodukter hos PAC2 och utgör en stor del av omsättningen med en relativt regelbunden efterfrågan.

**Andra steget** var nulägeskartläggningen av material- och informationsflödet för den valda produktfamiljen. Nulägeskartläggningen skapades med information från intervjuerna, observationerna, mätningarna och beräkningar med grund i den erhållna produktionsdata. Efter det första företagsbesöket ritades ett första utkast av nuläget för hand på en stor whiteboard tavla i syfte att snabbt kartlägga den insamlade informationen och kunna göra ändringar. Processerna illustrerades med aktivitetsboxar och lager med trianglar som organiserades i enlighet med materialflödets ordning. Förflyttningar av material illustrerades

med tryckande och dragande pilar samt med symboler som förklarade vilken typ av transportmedel som användes (se Bilaga 1). Även material- och informationsflödet för pulvret kartlades eftersom det har en direkt påverkan på flödet av den valda produktfamiljen. Därefter illustrerades informationsflödet mellan kund, produktionsplaneraren och operatörerna med raka och hackiga pilar beroende på om informationen förmedlades manuellt eller elektroniskt. En tidslinje gjordes under hela kartläggningen där tiden för varje aktivitet presenterades i syfte att skilja på de värde- och icke värdeskapande aktiviteterna för att beräkna produktionens ledtid och den totala värdeadderande tiden.

Begrepp	Beräkningsformel
Batchstorlek	Årsförbrukning / Antal ordrar
Efterfrågan	Förbrukning / Tidsperiod (dagar)
Ledtid i lager	Lagernivå / Efterfrågan (Little's lag)
Cykeltid (exl. applicering)	Medelvärde från ett antal mätningar
Ställtid (applicering)	Medelvärde från ett antal mätningar
Total tid (applicering)	Tid insamlad från operatör (inkluderar ställtid + cykeltid för en batch)
Cykeltid (applicering)	Total tid - Ställtid

*Tabell 5: Översikt av begrepp och beräkningsformler*

Efter att den övergripande kartläggningen var klar lades mer fokus på varje enskild process som kompletterades med information angående cykeltider, ställtider, antal arbetare, lagerhållningstider och lagerhållningsnivåer. I en traditionell nulägeskartläggning görs beräkning utifrån styckenheter, men eftersom företaget behandlar produkterna i form av batcher har beräkningarna gjorts med avseende på batcher. I Tabell 5 ovan beskrivs de beräkningar som utförts i värdeflödesanalysen. Den totala tiden per batch för appliceringsprocessen beräknades som ett medelvärde utifrån produktionsdata sedan fem kvartal tillbaka. I den totala tiden ingick både cykeltid och ställtid, och för att separera dem från varandra gjordes fem mätningar som gav ett medelvärde för ställtiden. Efter det subtraherades ställtiden från den totala tiden för att beräkna ett medelvärde på cykeltiden. För övriga processer saknades produktionsdata, därför genomfördes ett antal mätningar med hjälp av stoppur för att erhålla cykeltiden för vardera process.

För att säkerställa att nulägeskartläggningen var så verklighetstrogen som möjligt gjordes mindre ändringar efter samverkan med både PAC2 och handledaren. En av dessa förändringar var att ändra takten för inleverans som rent matematiskt bör motsvara efterfrågan, till texten ”oregelbundna leveranser”, för att bättre spegla den upplevda situationen hos PAC2. Slutligen skapades en digital kopia av nulägeskartläggningen för att tydligare kunna presentera resultatet.

**Tredje steget** var kartläggningen av ett möjligt framtida tillstånd med ett förbättrat material- och informationsflöde. För att nå ett framtida tillstånd följdes de åtta punkterna presenterade i Kapitel 2.4.3. Målen för det framtida tillståndet formulerades för att nås inom 90 dagar, vilket definierades i samråd med bolaget. Viktiga förändringar markerades med Lean-stjärnor i den framtida kartläggningen. De flesta av de åtta stegen var svåra att applicera i just denna fallstudie då PAC2 har oregelbundna leveranser, många delade resurser och endast en tidskrävande process. Detta var extra tydligt i stegen om taktid och en supermarket som färdigvarulager. Det mest relevanta stegen var där slöseri och processförbättringar identifierades, eftersom fokus låg på att effektivisera materialflödet.

**Fjärde och femte steget** var att ta fram en handlingsplan och sedan implementera den. Handlingsplanen samt implementeringen genomfördes inte inom ramen för studien men de framtagna åtgärdsförslagen har presenterats i rapporten.

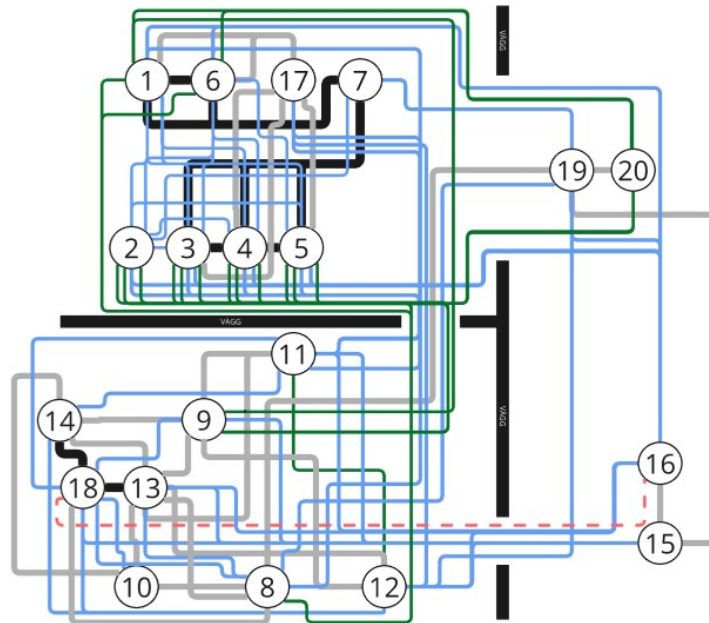
### 3.4.3 Simplified Systematic Layout Planning

Nedan beskrivs de sex steg som SSLP består av, varav ett steg är modifierat. Den fullständiga metoden (SLP) och dess bakgrund finns beskrivet i kapitel 2.5.

**Första steget**, att kartlägga sambanden mellan olika funktioner, gjordes med hjälp av ett sambandsschema (se Bilaga 2). Samtliga identifierade och relevanta funktioner (20 st) för materialflödet av den avgränsade produkten kartlades och skrevs in i sambandsschemat. Därefter skrevs alla värden på relationerna ut och summerades i tabellen på samma sida. I varje relation skrevs en kort motivering för värdet.

I det **andra steget** definierades varje funktions platsupptagning, inklusive plats för materialhantering och rörelse. Detta mättes med måttband och tumstock, och övriga avstånd såsom fastighetens dimensioner mättes och bekräftades med lasermätare och insamlade planritningar. Dimensionerna översattes sedan till korrekt skala i layoutförslagen som presenteras i Bilaga 6.

Det **tredje steget** gjordes digitalt där samtliga A-funktioner sammankopplades i svart färg med tjocka streck. Näst lades alla E-funktioner till med gråa, lite tunnare streck. Vidare alla I-funktioner i tunnare ljusblå streck. Efter det alla O-funktioner med mörkgröna streck och slutligen den enstaka X-funktionen med ett rött, streckat streck. För enklare visualisering placerades noderna (funktionerna) ut efter redan tänkta layoutförslag och väggarna i anläggningen lades till för tydligare separation. Se Figur 2 för samtliga funktioner och kopplingar.



**Figur 2:** En grafisk sammankoppling av samtliga funktioner med A, E, I, O & X kopplingar.

I det **fjärde steget** användes ritningar på fastigheten som utgångspunkt och mall för att placera ut varje funktion med korrekta dimensioner. Utöver den nuvarande layouten ritades fyra alternativa layouter genom att flytta runt funktionerna.

I **steg fem** jämfördes samtliga layouter utifrån den kvantitativa och kvalitativa ansatsen (se Kapitel 2.5.5) I den kvantitativa ansatsen mättes samtliga avstånd från centerpunkt till centerpunkt på funktionerna och antecknades i ett Excelark (se utdrag ur Excelarket i Tabell 6). För att underlätta mätningen drogs linjer mellan varje centrumpunkt efter kortaste avstånd (se Figur 3). Den totala närhetspoängen beräknades för hela layouten och sammanställdes i Tabell 6. Värdet i närhetsanalysen beräknades enligt följande ekvationer med poängsättningen i Tabell 3:

$$\text{Verklig längd [m]} = \text{Längd papper [cm]} \cdot 250$$

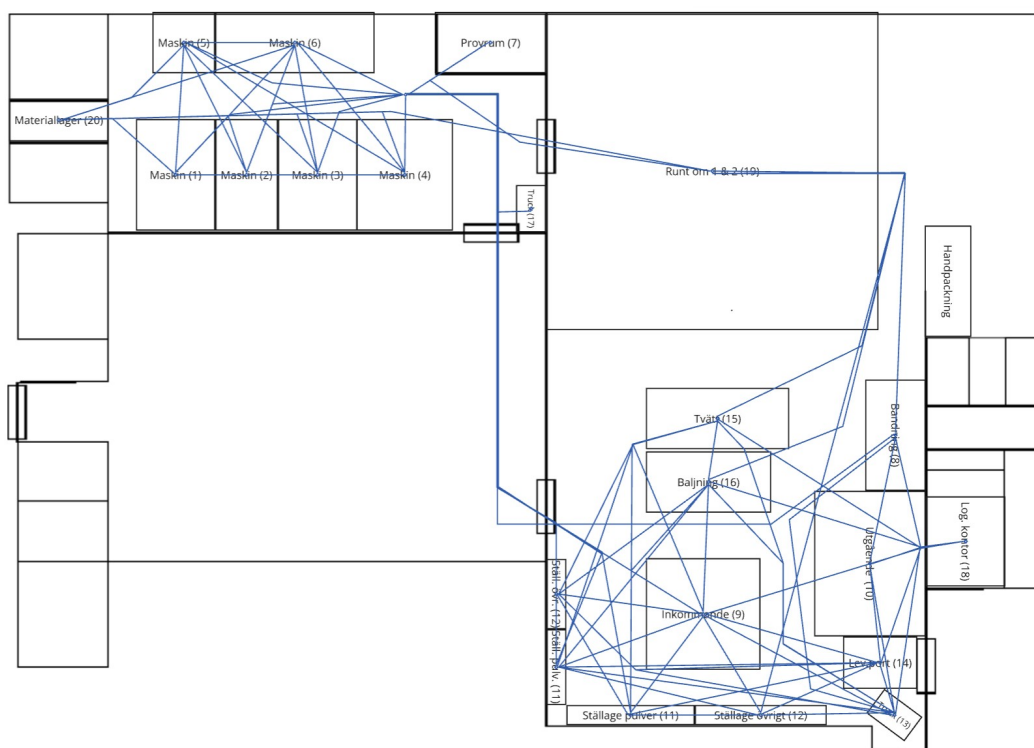
$$\text{Värde} = \text{Verklig längd} \cdot \text{poäng}$$

Exempel från relation 1–2:

$$2250 = 22,5 \cdot 100$$

Relationer		Typ	Längd papper [cm]	Verklig längd [m]	Värde
1	2	I	2,5	6,25	125
1	3	O	4,2	10,5	52,5
1	4	O	6,4	16	80
1	5	O	3,5	8,75	43,75
1	6	A	3	7,5	750
1	7	A	9	22,5	2250
...					
15	16	E	1,5	3,75	187,5
15	18	I	16,8	42	840
15	19	E	13,7	34,25	1712,5
16	18	X	16,2	40,5	-2025
16	19	I	15	37,5	750
19	20	E	7	17,5	875
<b>Summa</b>					<b>57147</b>

Tabell 6: Utdrag ur Excelark med avstånd och beräkningar för layoutförslag 1.



Figur 3: PAC2:s nuvarande layout med kortaste avstånd utritade mellan samtliga relationer.

I den kvalitativa ansatsen användes ett värderingsschema (se Bilaga 7) för att jämföra layouterna. Värderingsfaktorer definierades och viktades, varefter varje layout värderades utifrån dessa. Samtliga värderingar och definitioner motiveras i Kapitel 5.3.1.

I det **sjätte** och sista steget gjordes en detaljerad planlösning av den utvalda layouten. Bord, hyllor, truckgångar, pallplatser och staket sattes ut. Ett extra bord vid porten lades också till för godsmottagning av mindre paket.

### **3.5 Etiska aspekter**

Det ansågs nödvändigt att göra en etisk analys, även om inte studien i sig handlade om specifikt etik. Detta enligt Lennerfors (2021), som skriver att etik inom ramen för en studie av detta slag bör beaktas i två kontexter: arbetets slutsats och processen dit. För denna studie innebar det att arbetsgruppen skulle verka med ett övergripande etiskt tankesätt, både i relation till företaget, lärosätet, internt i gruppen och gentemot samhället i stort.

I arbetet genomfördes intervjuer med olika medarbetare på företaget. Forskningsrådsnämnden (1986) slår fast att informerat samtycke och frivillighet är centralt, där frivillighet definieras som att en avslagen deltagandeförfrågan ej skall påverka den tillfrågade negativt i någon mening. I en kontext som denna studie kunde det exempelvis ha rört sig om medarbetare på fabriken som avstått från medverkan. Det var viktigt att säkerställa att inga repressalier från varken den undersökande gruppen studenter, ej heller från ledning eller kollegor på företaget, kunde förekomma baserat på uttalanden och slutsatser från denna studie. Under arbetets gång har detta ständigt tagits i beaktning.

Sammantaget gjordes bedömningen att de etiska aspekterna inte nämnvärt begränsade arbetet, men skulle tas i beaktning.

### **3.6 Metodreflektion**

Stor vikt har lagts vid att granska källor kritiskt för att säkerställa en god kvalitet på studien. Detta har skett genom användning av förutbestämda metoder för källutvärdering samt att fler perspektiv från all inblandad personal har samlats in, vilket Yin (2018) hävdar kan skapa mer robusta slutsatser.

#### **3.6.1 Validitet och reliabilitet**

För att studien skall vara trovärdig är god validitet och reliabilitet ett krav. Enligt Yin (2018) handlar validitet om noggrannheten och trovärdigheten i resultaten och reliabilitet handlar om att säkerställa att de använda metoderna producerar samma resultat vid en upprepning. Den kvalitativa metoden påverkar studiens reliabilitet negativt eftersom individers intervju svar och observationer är svåra att återskapa. I syfte att stärka studiens reliabilitet genomfördes semi-strukturerade intervjuer där stor vikt lades vid noggrann dokumentering av intervjuprocessen i enlighet med Kallio m. fl. (2016). För att stärka studiens validitet har

både kvalitativa och kvantitativa data använts vilket Bryman (2016) menar kan verifiera resultaten från flera perspektiv.

Studien har även genomförts i nära samverkan med en ämneserfaren handledare där olika tillvägagångssätt och vetenskapliga metoder diskuterats för att säkerställa korrekt metodanvändning. Det är viktigt att påpeka att observationerna endast är en ögonblicksbild av verksamheten i nuläget och därför har nulägesbeskrivningen granskats av relevant personal på företaget som fått lämna synpunkter för att säkerställa en verklighetstrogen beskrivning, vilket gett möjlighet till rättning och utveckling.

### **3.6.2 Källkritik**

Att hitta trovärdiga källor var en central del i studien och varje teoretisk källa granskades kritiskt utifrån den metod Chalmers Bibliotek (2024) nyttjar för källutvärdering, ett CRAAPP-test. Några av artiklarna som inte användes bortprioriterades på grund av det andra steget, relevans, eftersom innehållet var för grundläggande eller inte behandlade ämnet i fråga. Val av intervjupersoner baserades på ett kriteriebaserat urval, vilket enligt Christoffersen & Johannessen (2015) är en metod där intervjupersoner väljs ut efter förutbestämda krav som de måste uppfylla för att delta. Detta säkerställde intervjupersonernas relevans för och bidrag till studien. Då företaget kan anses som litet, omfattade kraven att personen hade direkta kopplingar till de operationer som studien analyserar.

## 4 Nulägesbeskrivning

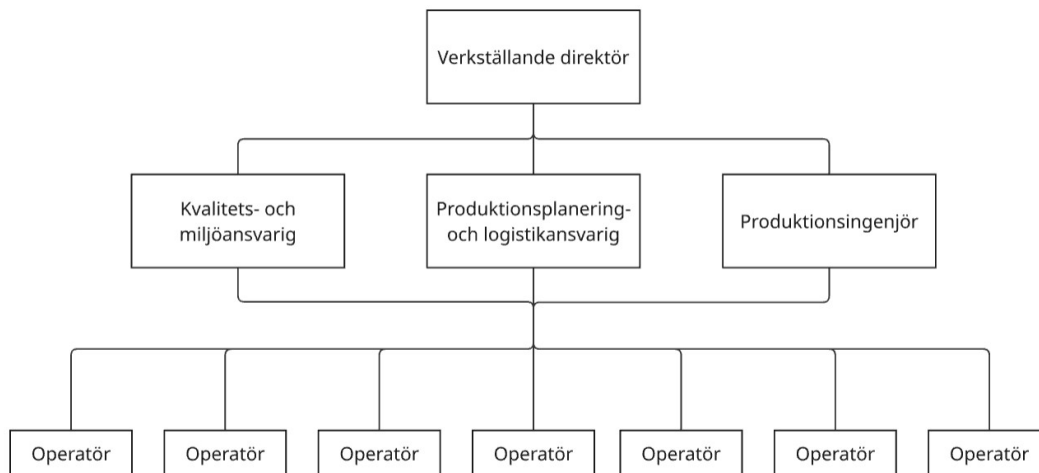
PAC2 är ett ytbehandlingsföretag beläget i en fabrik- och kontorsbyggnad i ett lättindustriområde i Kungsbacka. Företagets affärsidé är att sälja applicering av gänglåsningar och -tätningar till företagskunder, huvudsakligen till svenska och nordiska industriföretag. Tobias Bergqvist, PAC2:s VD, hävdar att PAC2 är Nordens enskilt största leverantör av denna typ av gängappliceringar.

Produktsortimentet omfattar gänglåsningar och -tätningar på alla kategorier av gängade fästelement, vilket innebär att PAC2 hanterar en stor variation av produkter i sin maskinpark. Samtidigt sker stora fluktuationer i efterfrågan och ibland krävs även forcering för att möta plötsliga behov och ändringar hos kunder. Variationerna i produkt och efterfrågan ställer därför höga krav på flexibilitet hos både personal och maskiner hos PAC2.

Bergqvist har beskrivit att företaget tidigare gjort en ansats för att genomföra en genomgående analys av produktionen men att detta aldrig har införlivats i någon betydande omfattning. I stället har effektiviseringsförsök drivits på av enskilda insatser av personal efter bästa förmåga.

### 4.1 Organisation

PAC2 har i dagsläget 11 anställda, vilket framgår av Tabell 7, där medarbetarnas ansvarsområden ofta är breda och överlappar varandra. Trots viss överlappning finns det tydligt definierade huvudansvar för de olika delarna av verksamheten. Därutöver finns mer avancerade arbetsuppgifter som kräver erfarenhet, något som medfört att expertis koncentreras till enskilda individer i organisationen. Något bolagets VD betonar som en sårbarhet i verksamheten.



*Figur 4: Visuellt representation av PAC2:s organisationsstruktur. Notera att denna figur endast är en visuell bild av PAC2:s organisationsstruktur och ska inte ses som en skarp hierarkisk bild.*

- **Verkställande direktören (VD)** har det övergripande ansvaret för bolaget, och arbetar i den dagliga verksamheten huvudsakligen med försäljning (offerter), inköp och kundkontakt.
- **Kvalitets- och miljöansvarig** har uppgiften att säkerställa att produktionen uppfyller de krav och standarder uppsatta av företaget för att lösa sitt uppdrag gentemot kund. Bistår även vid framtagning av nya maskinlösningar.
- **Produktionsplanerings- och logistikansvarige** ansvarar för mottagning av inkommande gods och för dess placering i lagret. Vidare ansvarar vederbörande för att skriva ut produktionsordrar och förmedla dessa till operatörerna. När produkterna är färdigbehandlade ansvarar samma person för packning och utleverans till kund.
- **Produktionsingenjören** har uppdraget att säkerställa drift och underhåll av maskinparken. Detta inkluderar både reparationer vid driftstopp samt utveckling och konstruktion av nya maskinlösningar.
- **Operatörerna** har ansvar för utförandet av produktionen och beläggningsprocessen. Deras arbetsuppgifter omfattar såväl handbeläggning som drift av maskiner. Operatörerna styr ofta själva i vilken ordning produktionen sker, baserat på dimensioner och mått på de skruvar som ska beläggas. Detta ställer höga krav på deras tekniska förståelse och förmåga att hantera maskininställningar, vilket ofta kräver en lång inlärningsperiod.

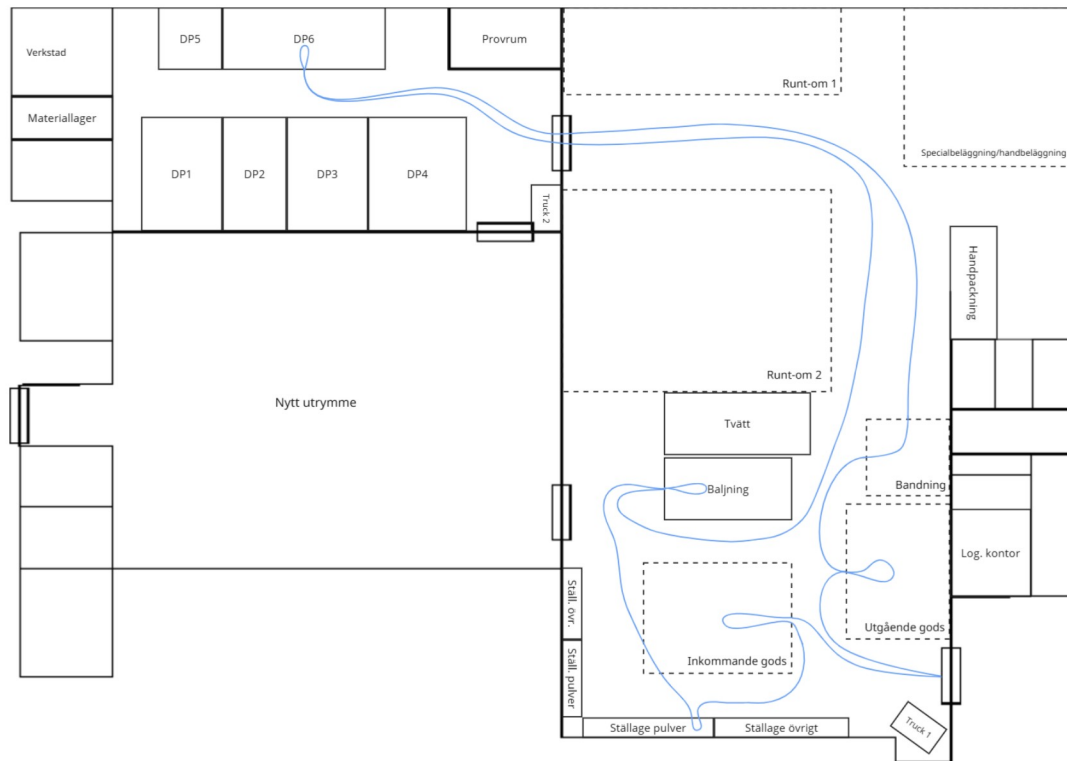
Då PAC2 endast har ett fåtal anställda behöver alla individer tidvis arbeta nära varandra särskilt under intensiva perioder. Således skapas korta kommunikationsvägar som i sin tur

leder till en plan organisationsstruktur. De korta kommunikationsvägarna gör organisationen flexibel; en förutsättning för att möta variationerna i produkt och volym.

## 4.2 Fabrikslayout och produktionsprocess

Fabriksgolvet på PAC2 är idag totalt 2000 m<sup>2</sup> och är uppdelat i tre utrymmen separerade med portar, vilket är inklusive en yta på 500 m<sup>2</sup> som nyligen övertagits av PAC2. Denna ökning motiveras av två skäl, dels att man upplever en platsbrist och dels för att kunna expandera sin produktion. I dagsläget är leveransporten placerad på en plats som försvårar för en lastbil att backa in eller ut ur lastkajen. PAC2 har därför en ambition att flytta sina in- och utleveranser till det outnyttjade utrymmet som också är på framsidan av fastigheten där ytterligare en leveransport finns.

Utöver detta har även en paternoster lagerhiss införskaffats för att lagerhålla kemikalier. På grund av höjden och av närhet till Runt om (se Figur 5) önskas lagerhissen placeras i närheten av var handpackning befinner sig idag. Det finns även en långsiktig ambition att få en tydligare uppdelning mellan produktion och lager, något bolagets VD betonar som viktigt för att få bättre översikt. Dessa ambitioner och önskemål, i kombination med att flödet kan effektiviseras med en ny layout, har lett till att PAC2, som även har bristande tid och resurser, uttryckt en önskan om att få förslag på en ny layout från en extern aktör.



Figur 5: Materialflödet av en standardprodukt genom fabriken.

Figur 5 visar en översikt av fabriksgolvet ovanifrån. Maskinerna markerade med nummer från DP 1 - 6 är pulvermaskinerna som i denna rapport används för att representera beläggningsprocessen av en standardprodukt. DP står för Dri-Loc Plastic, den typen av gänglåsningpulver som appliceras i maskinerna. Figuren visar även beläggningsområdena för Runt om-beläggning, tvätt, packning, baljning, godshantering, och truckparkeringar.

Nedan förklaras flödet från att offert skickas till att produkten levereras till kund. Det ska noteras att PAC2 som företag är fyllt av undantag och alternativa arbetssätt. Följande beskrivning ska endast ses som en representation av normalfallet, inte som det enda processförfarandet.

#### 4.2.1 Offertprocess

Alla relationer mellan PAC2 och dess kunder inleds med ett förhandlingsförfarande mellan kund och en representant från PAC2, vanligtvis bolagets VD.

Enligt bolagets VD sker kontinuerlig kontakt mellan företaget och dess kunder där offerter skickas till kunden. Utöver prisförslag stipuleras i offerten även *årsantal* och *batchstorlek*, samt eventuell *handpackningstillägg*, *tvättillägg* och *forceringsavgift*.

- **Årsantalet** är det totala antalet skruvar som kunden förväntas skicka till PAC2.
- **Batchstorleken** är den största tillåtna skruvantal som kunden kan skicka på samma gång. Kunderna uppmantras att lägga få och stora beställningar, då detta passar bättre i produktionen enligt bolagets VD.
- **Handpackning- och tvättillägget** hanterar fakturering av tilläggstjänsten för de gängade fästelementen som behöver tvättas innan påbörjad beläggningsprocess eller paketeras om innan utleverans.
- **Forceringsavgiften** hanterar fakturering av en forcerad expediering av beställningen. Detta kan dra ner den garanterade ledtiden om 15 dagar ned till 5 dagar. Den garanterade ledtiden på 15 dagar är i regel accepterad av kunderna.

Förhandling sker normalt via e-post, videosamtal, eller fysiska möten. När båda parter godkänt avtalet kan kunden skicka sina gängade fästelement till PAC2.

I praktiken uppstår dock betydande problem, då kundernas ordrar inte alltid följs av en faktisk leverans. Denna bristande leveranssäkerhet skapar en oförutsägbar situation, där produktionsplaneringen först kan påbörjas när materialet faktiskt har anlänt.

## 4.2.2 Godsmottagning och lagerföring

Innan gods inkommer mottar PAC2 en leveransavisering dagligen, men den prognosen stämmer sällan, vilket gör det svårt för den logistikansvarige att veta den egentliga mängden order och pallar som ska anlända. Detta bekräftar problematiken kring bristande kommunikation med kunderna.

Produkterna som kunderna vill behandla tas emot av logistikansvarig och omfattar ett antal hel- eller halvpall. Mottagna varor avlastas vid *inkommande gods* (se Figur 5). Efter godsmottagningen ska produkterna lagerföras inför behandling. För att detta ska kunna ske skapar logistikansvarig en arbetsorder som häftas fast på lådan varpå den placeras i *ställage* (se Figur 5). Sedan skapas en körplan, oftast på veckovis basis, denna skapas i visst samråd med operatörerna. Körplanen utformas baserat på en bedömning av vilken maskin som lämpar sig bäst för den aktuella typen av beläggning samt kundens tidskrav. Arbetet är till stor del fortfarande pappersbaserat och saknar ett heltäckande digitalt stödsystem, vilket försvårar överblick, spårbarhet och flexibilitet i produktionsplaneringen. Detta ökar också sårbarheten, då mycket av den operativa kunskapen är personberoende.

Produkterna lagerställs sedan i väntan på bearbetning, lagret är sorterat efter process- och beläggningskategori. Det innebär att de obehandlade fästelementen lagerhålls efter dess framtida beläggningsprocess. Bergqvist berättar detta genom att det han kallar för Runt om har en egen lagerhållningsplats, likaså har de som ska behandlas med pulver och de som ska till tvätt sina egna respektive lagerplatser. Vid stora ordrar utnyttjas golvet i mitten av lagret och efter *baljning* placeras även dessa produkter på golvet under ställagen då själva baljan inte kan stå i *ställaget* (se Figur 5).

På grund av den rådande leveranssäkerheten och de kraftiga variationerna i efterfrågan sker det ibland, främst innan och efter ledighet, stora inleveranser av många ordrar. Utöver detta hanterar vissa kunder sina egna leveranser, vilket medför att produkter ofta förblir oupphämtade under längre perioder. Denna förlängda lagringstid i PAC2:s lokaler är varken planerad eller debiterad, vilket innebär en resursbelastning utan motsvarande intäkt. Resultatet av stor orderingång och oupphämtade produkter blir platsbrist, vilket i sin tur resulterar i att ytterligare inkommande ordrar placeras på godtyckliga platser i lokalen. Detta bidrar till oordning och försämrad överblick. Platsbristen medför även onödiga förflyttningar, då vissa ordrar blockerar åtkomsten till andra, vilket kräver att produkter omplaceras enbart för att möjliggöra tillgång till andra.

### 4.2.3 Tvätt och baljning

Vissa gängade fästelement behöver förbehandlas genom tvättning innan de kan genomgå applicering. De kan också behöva baljas beroende på vilken maskin som skruvarna ska till. Produkter som behöver tvättas är inte ovanliga men utgör inte, till andel, en större del av produkterna. Andelen av produkterna som behöver genomgå baljning däremot utgör en större majoritet, det rör framförallt produkter som ska behandlas med Runt om eller pulver.

I regel förbeställs tvättningen, men det sker även en kontroll av de gängade fästelementen vid inleverans där personalen avgör om de är tillräckligt rena för att beläggningen ska fästa och nå upp till ställda kvalitetskrav.

*Tvättningen* sker i en maskin där ett alkoholbaserat tvättmedel löser upp olika typer av fett och smörjmedel (se Figur 5). I samma maskin sker även torkning av skruvarna. Om ingen tvätt behövs går de gängade fästelementen direkt till baljning eller direkt till maskin.

*Baljning* krävs för vissa typer av maskiner där matningen måste ske via en balja. Detta sker genom att en maskin vänder pallen och tippar över innehållet ner i en balja, något som skapar mycket buller. (se Figur 5). Baljan placeras därefter i maskin för applicering.

### 4.2.4 Applicering

Veckovis får operatören en körplan på alla de gängade fästelementen som ska behandlas. Körplanen anger även om forcering eller prioritering bör beaktas. Den slutgiltiga ordningsföljden för produktionen avgörs dock av operatören, vilket innebär att det för närvarande saknas ett standardiserat system för produktionssekvensering. Denna avsaknad av standardisering har inte uttryckligen lett till några problem, men skulle kunna vara ett problemområde om operatören missbedömer i vilken ordning produkterna skall köras, vilket kan leda till förseningar.

Appliceringsprocesserna sker framförallt vid *maskinerna DP1 - DP6* eller vid *Runt om 1 & 2* (se Figur 5). Beträffande pulvermaskinerna DP1-DP6 finns det en ansvarsfördelning där en operatör ansvarar för DP1 & DP6 och en annan operatör för DP3, DP4 & DP5. Operatörerna strävar efter att parallellköra de maskiner de har kompetens för och som är möjliga att övervaka samtidigt, i syfte att maximera produktionen. DP5 kräver dock kontinuerlig övervakning, vilket försvårar parallellkörning.

Arbetsmetodiken för en operatör är följande:

- Hämta de gängade fästelementen med truck, eventuellt genomföra baljning om maskinen kräver det.
- Ställa in maskinen till kvalité enligt ISO-standard.

- Köra batchen genom beläggningsprocessen.
- Göra kvalitetsprover under och efter körning.
- Förflytta batchen till bandning, eventuellt först via handpackningen.

Operatörerna ansvarar även för andra typer av underhållsuppgifter, såsom att säkerställa att pulver finns tillgängligt, samt för underhåll och städning vid sina arbetsstationer. Dessa aktiviteter genomförs oftast medan maskinen körs, men det har förekommit att en produkt genomgått beläggningsprocessen utan att bli applicerad med pulver. Detta till följd av en felinställd pulvermätare som inte upptäckts i tid. Händelser av detta slag tyder på att det finns utrymme för förbättrad standardisering och tydligare rutiner för kontrollmoment innan produktionsstart. Utöver detta observeras en viss oordning av verktyg och produktionsrelaterade föremål, något som kan bidra till onödiga rörelser och en mindre effektiv arbetsgång.

#### 4.2.5 Ställtid

Maskinerna på PAC2 har i allmänhet lång ställtid. De är gamla och kräver omfattande hantverkskunskap samt manuella inställningar. Operatörerna bekräftar detta och uppger att det kan ta uppemot en timme eller mer att ställa om maskinerna mellan olika produkter.

Exempel på parametrar som kräver justering är:

- Temperatur på induktionsgivaren. Gäller för pulvermaskiner där pulvret appliceras på de uppvärmda gängade fästelementen och smälter fast vid kontakt.
- Inställning av transportskenan. För att produkten skall kunna transporteras från vibrationsmataren till det magnetiska bandet.
- Varvtalet på det magnetiska bandet. Detta reglerar mängden skruv som passerar pulvermatningen.
- Munstycke och inställning på bläcket för pulvermatningen. Gäller för pulvermaskiner och reglerar där pulverflödet. Pulverflödet påverkas av luftfuktighet vilket försvårar detta momentet.
- Frekvens och amplitud på vibrationsmataren. Detta reglerar hur många och hur stora vibrationer mataren levererar i syfte att transportera produkterna framåt.

Det ska också noteras att ovanstående parametrar endast är ett exempel på generella inställningarna och behöver inte vara representativa för varje enskild maskin och produkt.

För att underlätta inställningsarbetet finns det dokumentation på grundinställningar som operatören kan utgå ifrån, trots detta är processen mycket tidskrävande. Operatörerna ut-

vecklar därför egna metoder utifrån erfarenhet, följaktligen finns det olika rutiner för inställning av maskinerna. Eftersom dessa rutiner inte följer något standardiserat arbetssätt förekommer det att inställningsarbete sker inom godkänt toleransområde för beläggningen. Den nuvarande graden av standardisering i rutinerna bidrar därför till att inlärningsprocessen blir tidskrävande. Detta då nya operatörer måste tillägna sig både maskinernas egenskaper och de individuella arbetssätten.

#### **4.2.6 Bandning och utleverans**

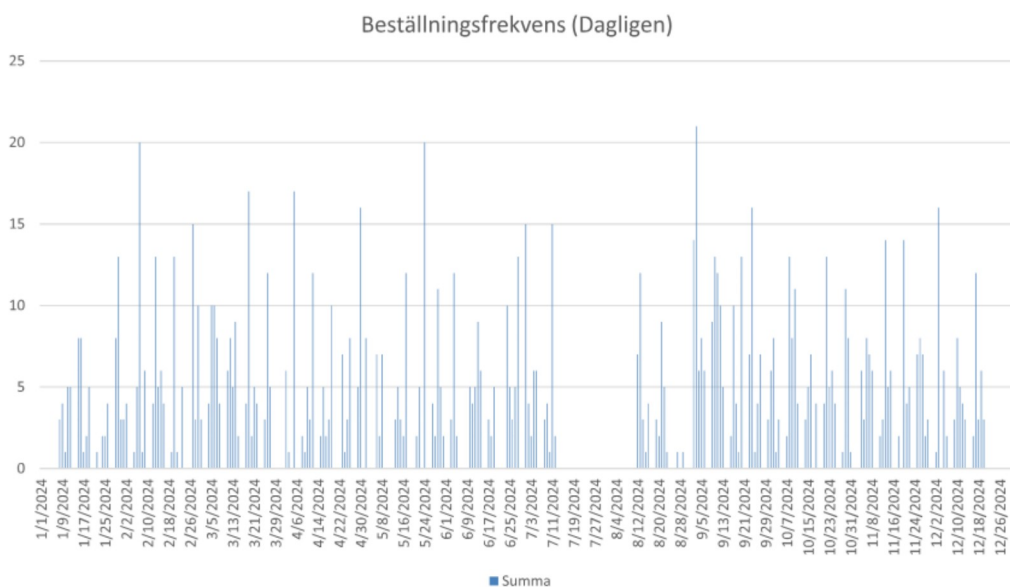
Det sista steget innan utleverans är bandning. I samband med bandning vägs emballaget och placeras på angiven plats för utgående gods, där det sedan sorteras efter speditör för att möjliggöra snabb utleverans. Bandning sker vid bandningsområdet eller i utgående gods (se Figur 5).

Beroende på hur produkten var paketerad vid inleverans och kundpreferens kan det förekomma annan typ av packning. Ett exempel på det är handpackning av detaljer i små kartonger, vilket är en tidskrävande uppgift som också faktureras.

Slutligen sker utleverans där logistikansvarig förflyttar pallarna med truck från lager till lastbil (se Figur 5). I mån av tid försöker logistikansvarig att koordinera samleverans av ordrar där det är möjligt i syfte att minska antalet transporter.

### **4.3 Arbetsmiljö**

PAC2:s arbetsmiljö påverkas främst av efterfrågan på beläggning inom industrin de är underleverantör till. Detta innebär dessvärre stora variationer i efterfrågan och i synnerhet inför och efter semestertider sker stora orderingångar till PAC2, något som ökar arbetsbelastningen avsevärt och leder till övertid för viss del av personalen. I dessa fall brukar operatörerna sköta det dagliga arbetet medan lednings- och stödpersonal kör produktionen under raster och efter ordinarie arbetstider. För ordinarie operatörer innebär detta ingen särskild övertid, men för organisationen som helhet tar den ökade arbetsbelastningen under dessa perioder bort fokus från andra uppgifter i verksamheten. I Figur 6 visualiseras de inkomna beställningarna under ett års tid, där stora variationer framgår.



**Figur 6:** Alla summerade ordergångar till PAC2 över ett års tid.

Samtidigt beskriver bolagets VD en upplevd trend av ökade variationer i efterfrågad volym från deras kunder. I synnerhet på grund av en ökning av antalet mindre beställningar som innebär fler omställningar. Detta skapar problem då mindre batchstorlekar begränsar operatörens möjlighet att parallellt utföra andra uppgifter, såsom att ställa in och köra intilliggande maskiner.

PAC2 står även inför interna utmaningar, där en särskilt oroande utveckling enligt VD:n är den höga medelåldern bland personalen. Många av de anställda närmar sig pension och besitter stor kompetens som gör dem oundgängliga för verksamheten. Detta kombinerat med långa inläringstider för exempelvis maskinhanteringen, i synnerhet med hänsyn till omställningsmomentet, kan få som följd att PAC2 står utan kvalificerad personal om inga åtgärder vidtas i tid. Detta bekräftas av operatörerna själva, där en medarbetare med två års erfarenhet uppger att det tar omkring ett år att behärska en typ av station, men att kapacitetsnivån och hantverkskunnandet fortsatt inte motsvarar den hos mer erfarna kollegor. Samtidigt medför den långa inläringstiden att personalen, till följd av den stundtals höga beläggningen, i praktiken endast arbetar med ett begränsat antal arbetsuppgifter. Detta leder till att kunskap koncentreras till ett fåtal individer, vilket skapar en sårbarhet vid planering av ledighet och vid eventuella bortfall.

För att möta de nya trenderna i industrin och de personalutmaningar PAC2 står inför, menar bolagets VD att det behövs en modernisering av PAC2:s arbetsmetoder. Förhoppningen är att åtgärder inom dessa områden också bidrar till att skapa en mer attraktiv arbetsplats

för nya arbetstagare. Dessa åtgärder är något den övriga personalen ser som positiv, men de framhåller att den nuvarande arbetsbelastningen hindrar dem från att fullt ut kunna engagera sig i förbättringsarbetet.

#### 4.4 Tidigare förändringsarbete

PAC2:s förändringsarbete syftar främst till att möta de krav som ställs från kunder och uppfyller därför miljö- och kvalitetskraven enligt ISO 14001:2015 och ISO 9001:2015 PAC2 (u. å.). Detta innefattar åtgärder för att minska strömförbrukningen genom ny belysning, men även mer omfattande åtgärder för att reducera mängden spill i andra delar av verksamheten. För att minska risken för kassation har värmekameror installerats vid vissa maskiner, med syftet att säkerställa att temperaturen inte överstiger nivåer som kan skada skruvarna. Dessa skador till följd av överhettning kan leda till kassation, vilket är negativt för såväl PAC2 som kunden och miljön. Även skruvar som belagts utan pulver kan i vissa fall behöva kasseras. Båda dessa typer av fel utgör onödiga kvalitetsavvikelser som medför resurskrävande åtgärder, särskilt vid reklamationsärenden. Kvalité och miljöansvarige påpekar att en möjlig förbättringsåtgärd är att komplettera samtliga maskiner med kamerabaserade kvalitetskontrollsystem, något som redan har implementerats på vissa maskiner. Denna åtgärd skulle underlätta operatörernas arbete genom att minska behovet av kontinuerlig manuell övervakning av processen.

#### 4.5 Finansiella nyckeltal

Tabell över finansiella nyckeltal för PAC2 över åren 2019 till 2023 enligt statistik från UC AB (2024).

Nyckeltal	2023	2022	2021	2020	2019
Vinstmarginal (%)	17.0	15.8	18.9	16.8	12.6
Kassalikviditet (%)	95.4	42.6	52.4	54.4	57.5
Soliditet (%)	31.3	10.3	9.8	11.0	11.5
Skuldsättningsgrad	2.0	8.5	9.0	7.8	7.4
Avkastning på eget kapital (%)	137.4	163.0	235.9	190.5	157.1
Avkastning på totalt kapital (%)	43.1	16.8	23.2	20.9	18.0
Antal anställda	11	13	12	11	11
Personalkostnad per anställd (tkr)	511	386	389	372	414

*Tabell 7: Data från årsredovisningar 2019–2023.*

PAC2 har under en längre tid haft en god vinstmarginal och i övrigt starka finansiella nyckeltal. Ingenting indikerar att PAC2 skulle stå inför akuta ekonomiska problem.

## 4.6 Sammanfattning av problembild

Här sammanfattas de problem och behov hos PAC2 som framgått eller observerats i nulägesbeskrivningen.

- **Ny layout:** Lösa platsbrist och effektivisera materialflödet med hjälp av outnyttjat utrymme.
- **Standardisering av rutiner:** Förbättra rutiner och skapa enhetliga arbetsätt.
- **Ställtiden:** Ställtiden är lång och en uppenbar flaskhals. I synnerhet förhindrar det möjligheten att hantera mindre batchstorlekar och få ett effektivare flöde i produktionen.
- **Kvalitetskontroll:** Förbättrad kvalitetskontroll för minskade reklamationkostnader och miljöpåverkan.
- **Personalsårbarhet:** Kompetens personbunden hos enskilda individer, försvårar semester, sjukskrivning och andra bortfall. Personal med hög kompetens närmar sig även pensionsålder.
- **Lång inlärnings tid:** Ny personal behöver lång tid för att förstå verksamheten och bli självgående.
- **Onödiga förflyttningar:** Onödigt omstuvning av lagerartiklar på grund av platsbrist.
- **Oförutsägbarhet hos kunder:** Oregelbundna inleveranser och felaktig information försvårar planeringsarbete och prognostisering hos PAC2. Kundstyrda utleveranser av varor sker lika sporadiskt, något som tar upp värdefullt lagringsutrymme.
- **Produktionsplanering hos operatör:** Operatörerna tillämpar inte ett särskilt utbrett standardiserat arbetsätt för körning av produkter.
- **Arbetsbelastning:** Variationer i efterfrågan, särskilt kring semestertider, leder till kraftiga arbetstoppar på PAC2. Detta innebär övertid för vissa grupper och ett ökat fokus på produktion, vilket i sin tur tränger undan andra viktiga arbetsuppgifter. Förbättringsarbete är ett område som drabbas av detta.

## 5 Analys

Utifrån den givna nulägesbeskrivningen kan PAC2 och dess verksamhet analyseras för att vidare kunna nyansera företagets förutsättningar och identifiera problem. Analysen bygger på att dra kopplingar mellan insamlad empiri genom intervjuer, data och observationer och det teoretiska ramverket. Inledningsvis genom en analys utifrån 3M, följt av en VSM och slutligen en SSLP.

### 5.1 Analys utifrån 3M

Med utgångspunkt i problembilden har slöserier identifierats, vilka kan analyseras och kategoriseras enligt 3M: Mura, Muri, Muda.

#### 5.1.1 Analys av Mura: Ojämn orderingång och kommunikationsbrister

PAC2 har stora variationer i efterfrågan, vilket kan ses i Figur 6. Detta bedöms som en faktor till ojämn produktionstakt. PAC2:s situation, där en ojämn orderingång leder till intensiva intervaller av hög arbetsbelastning, kan därför kopplas till Mura. Liker (2021) skriver att ojämn orderingång kan bero på ineffektiva system och okoordinerat säljarbete, men även den så kallade pisksnärtseffekten. Slack m. fl. (2022) beskriver hur variationen i orderingång tenderar att öka för producenter längre ifrån slutprocessen, vilket skapar pisksnärtseffekten som till viss del kan förklara PAC2:s situation.

Det är samtidigt viktigt att ha företagets samarbete och kommunikation med externa parter, primärt deras kunder, i åtanke. Något som försvårar planerings- och prognostiseringsarbetet bedöms vara just kommunikationen, där det idag är en mycket begränsad framförhållning inför inleverans. Liker (2021) förklarar att det är viktigt att ha ett bra samarbete med sina partners i leverantörskedjan för att jämna ut produktionen. Situationer där oförutsägbara kunder försvårar för underleverantören brukar normalt resultera i ett färdigvarulager för att möta variationen, något som inte är aktuellt i PAC2:s fall då bolaget enbart producerar mot order. Det är därför viktigt för PAC2 att förbättra kommunikationen och samarbetet med kunden, då detta i likhet med Perez m. fl. (2010) bör kunna dämpa den upplevda variationen och således jämna ut deras produktion.

#### 5.1.2 Analys av Muri: Konsekvenser av överbelastning

Enligt intervjuer som gjorts med personal på PAC2 skapar den ojämna orderingången överbelastning för organisationen. Periodvis tvingas delar av organisationen lämna sina ordinarie arbetsuppgifter i syfte att understödja den övriga produktionen, något som kan indikera att man överskrider produktionens ordinarie kapacitet. Det leder till en

högre arbetsbelastning för operatörerna under dessa perioder. En viktig del inom Lean är eftersträvan till en jämn och förutsägbar arbetsbelastning (Liker, 2021) och i PAC2:s fall finns det därför vidare anledning att förbättra samarbetet med kunden för att minimera risken för överbelastning.

Ytterligare en källa till överbelastning uppstår när arbetet inte är standardiserat, vilket befasts i doktorsavhandlingen av Berglund (2010). Utan standarder ökar variationen mellan hur olika individer arbetar, vilket gör det svårt att träna nya medarbetare och att upprätthålla kvalitet och jämnt flöde. Liker (2021) betonar att standardiserat arbete inte bara skapar stabilitet utan även underlättar inläring, vilket bedöms kunna minska belastningen hos nyanställda. Standardisering bedöms även kunna göra nytta inom sekvensering av produktionsplaner, i syfte att minska beslutslasten hos operatörerna, arbetsbelastningen och risken för felbeslut.

Vidare uppstår överbelastning när viktig kunskap är koncentrerad till enskilda individer. Om en operatör eller tekniker med nyckelkompetens är frånvarande, kan produktionen stanna upp eller belasta övrig personal oproportionerligt. Detta kan kopplas till Womack & Jones (2003) som skriver att standardiserade rutiner med tydlig dokumentation och viss rotation mellan stationer ger en inbyggd redundans. Genom att aktivt sprida kunskap skapas en mer flexibel och robust organisation där överbelastning vid frånvaro undviks.

### 5.1.3 Analys av Muda: Identifiering och eliminering av slöserier

Utifrån de 8 slöserier som utgör Muda har en analys gjorts, baserat på studiens intervjuer, data samt observationer.

1. **Väntetid** sker i stora delar av processen, något som kan härledas till en jämförelse mellan den garanterade ledtiden om 15 dagar och den effektiva bearbetningstiden på några timmar. Således finns det en stor andel väntetid hos varje produkt som ej är värdeadderande, något som enligt Rother & Shook (1999) kan tyda på flaskhalsar. Operatörerna tycks även ha en så pass hög beläggning att utrymme för förbättringsarbete försvåras, vilket kan tyda på att systemet i nuläget inte tillåter det utrymme som enligt Lean-filosofin anses nödvändigt för reflektion, lärande och långsiktig utveckling, styrkt av Berglund (2010).
2. **Onödiga transporter** uppstår i stor utsträckning genom överflödiga förflyttningar av material, särskilt i situationer där lagret är fullt och artiklar måste stuvras om för att kunna nås, ett förfarande som varken skapar värde för kunden eller bidrar till ett effektivt flöde. Slack m. fl. (2022) menar att onödig transport kan indikera en layoutdesign som inte stödjer flödet.

3. **Överarbete** sker inte i appliceringsoperationen om maskinen är korrekt inställd. Problematik uppstår istället om noggranna operatörer fortsätter ställa om maskinen, trots att mätvärdena är inom ett godkänt toleransintervall, vilket har framkommit i studiens intervjuer. Detta arbetssätt avviker direkt från det Slack m. fl. (2022) beskriver, att anpassa produktionsambitionen efter kundens krav. Eftersom det finns en diskrepans mellan de toleranser som bestäms och den noggrannheten som eftersträvas av operatörer finns det därför ett behov av standardiserade rutiner. Införandet av dessa förväntas effektivisera denna processen i enlighet med de förbättringar som observerats hos Fin m. fl. (2017).
4. **Lagerhållning** av obelagda och färdigbelagda produkter kan anses ske i stor utsträckning. Det kan skapa onödiga transporter, då den upplevda platsbristen gör att inkomna produkter ibland lagerhålls på godtyckliga platser i lokalen. Ostrukturerad lagerhållning skapar en sämre överblick och döljer slöserier, något som är problematiskt enligt Liker (2021) då visualisering är en viktig del för att uppmuntra förbättringsarbete.

En framträdande skillnad mellan PAC2 och ett vanligt, generellt industriföretag är att komponenterna som ska appliceras aldrig ägs av PAC2. Deras kunder äger komponenterna under hela tidsperioden som de hanteras av företaget. Detta får till följd att kapitalbindning kan undvikas, men begränsar samtidigt möjligheten att använda buffertlager för att hantera variation i efterfrågan. Företaget är därmed beroende av en jämn och kontinuerlig orderingång för att upprätthålla produktionstakten. En möjlig följd av detta är att PAC2 i stället försöker upprätthålla ett slags orderlager, vilket leder till längre genomloppstider. Om detta lager skulle minskas riskerar företaget att under lågintensiva perioder tömma sin produktion på arbete. Lagret anses därför dölja ett underliggande problem med ojämn orderingång.

5. **Onödiga rörelser** sker främst då operatörer måste kontrollera flera maskiner samtidigt, en situation som nyligen förbättrats på företaget, då en installation av värmekameror och kamerabaserade kvalitetskontroller på ett fåtal operationer redan har skett. Det finns även en mängd onödiga rörelser som skulle kunna reduceras i samband med att den nya delen av fabriken exploateras. Observationer av arbetsstationer i produktionen visar en oordning av diverse verktyg och andra produktionsrelaterade föremål. Genom att standardisera, exempelvis med Lean-verktyget 5S, skulle en hel del onödiga rörelser minimeras.
6. **Defekter** uppstår vid rutinmässiga förbiseenden, som resulterar i obelagda produkter. I värsta fall leder sådana defekter till reklamationensärenden, något som kräver omfattande arbete att åtgärda. Att dessa incidenter sker kan härledas till otydliga

rutiner och bristande visualisering, något som överensstämmer med det presenterade teoretiska ramverket. Reklamationsärenden belyser dock ett djupare problem, då problemen först upptäckts hos kunden tyder det på en miljö där det finns svårigheter att identifiera kvalitetsproblem i senare delar av flödet. Återigen bör införandet av kvalitetskontrollsystem som ökar insynen nämnas som en potentiell förbättringsåtgärd.

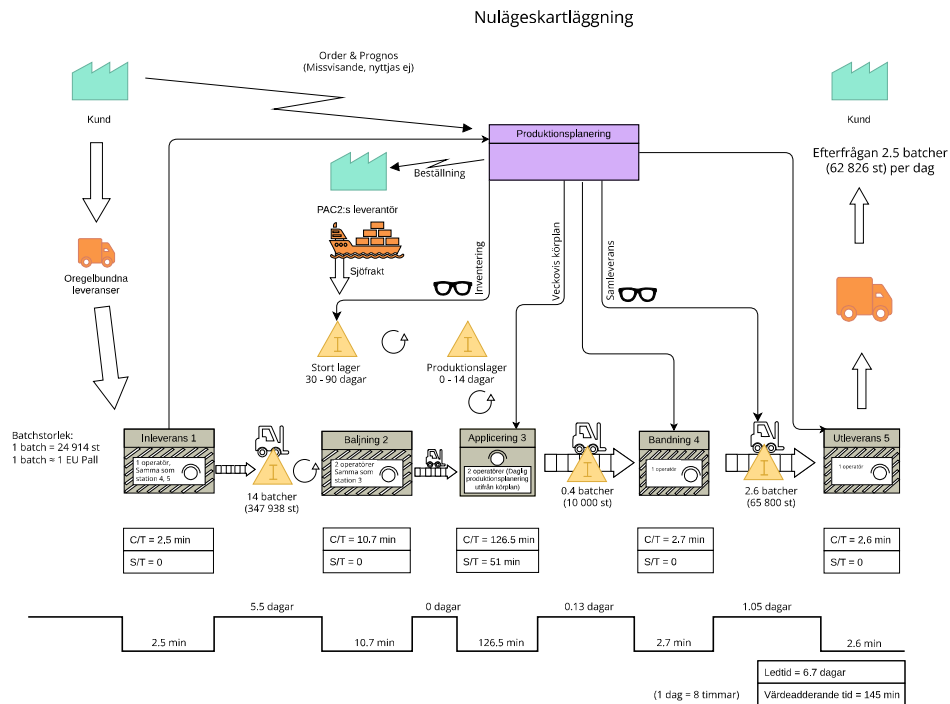
7. **Överproduktion** kan exkluderas då produktion endast sker mot kundefterfrågan.
8. **Outnyttjad kreativitet** är något flertalet medarbetare uttryckt i intervjuer, de menar att de har en vilja att engagera sig i förbättringsarbete, men upplever att den nuvarande arbetsbelastningen utgör ett hinder för detta. Detta indikerar en betydande grad av outnyttjad kreativitet och kompetens inom organisationen. Enligt Liker (2021) bör medarbetarnas uppfinningsrikedom ses som en strategisk resurs och en grundläggande förutsättning för ett levande förbättringsarbete. Samtidigt beskriver Berglund (2010) att delaktighet i förbättringsprocesser bidrar till ökat engagemang och ansvarstagande hos personalen. Att denna potential i dagsläget inte tas tillvara tyder på att det saknas tillräckliga organisatoriska förutsättningar eller en kultur som främjar kontinuerligt lärande och förbättring.

Det stora förändringsarbetet på PAC2 görs huvudsakligen av stödpersonal, medan operatörer utför små förändringar i det dagliga arbetet. Denna stödpersonal har redan implementerat olika tekniska lösningar, såsom de nämnda kvalitetskontrollsystemen, vilket visar att det finns god kompetens inom organisationen. Troliga utmaningar kan därför vara att ha tillgängliga resurser och i vilken utsträckning förbättringsarbetet är förankrat hos den operativa personalen. Mileham m. fl. (1999) lyfter ett intressant perspektiv, där de beskriver att organisationer tenderar att fokusera på tekniska lösningar i förbättringsarbete, insatser som ofta är resurskrävande, samtidigt som de metodiska och processinriktade aspekterna riskerar att förbises. I detta sammanhang kan operatörerna utgöra en värdefull resurs, då deras dagliga närvaro i produktionen ger dem praktiska erfarenheter och insikter som kan bidra till att identifiera och föreslå förbättringar av mer metodisk karaktär.

I linje med Lean-filosofin bör dessutom kortsiktiga resultat inte prioriteras på bekostnad av långsiktig förbättringsförmåga Liker (2021). För att skapa ett varaktigt förbättringsklimat krävs en kultur där hela organisationen, inklusive operatörerna, är involverade i ett systematiskt och kontinuerligt förbättringsarbete.

## 5.2 Värdeflödesanalys

I syfte att analysera materialflödet genom fabriken har en värdeflödesanalys genomförts, där en visuell modell som beskriver den nuvarande situationen presenteras i Figur 7. Denna analys har följt den struktur som Rother & Shook (1999) beskrivit.



Figur 7: Nulägeskartläggning av PAC2:s värdeflöde framtagen med VSM-metoden.

### 5.2.1 Nulägesanalys utifrån genomförd kartläggning

I nulägeskartläggningen framgår oregelbundna leveranser, vilket även går att tyda från Figur 6 i nulägesbeskrivningen. Den bakomliggande orsaken som framgått från intervjuer är brister i kommunikation och samarbete med kunden. Dessutom observeras det att lagret efter inleverans är störst jämfört med andra lager, vilket är rimligt utifrån den höga leveransfluktuationen. Denna skillnad skulle kunna indikera att lagret fungerar som en buffert för att hantera variation i inleverans.

En annan observation är att appliceringen, som är den enda dedikerade resursen i detta värdeflöde, har en uppmätt ställtid om 51 minuter. Detta bedöms vara en mycket lång ställtid i relation till företagets produktmix, där många produkter brukar innebära att en betydligt lägre omställningstid är önskvärd, ett antagande baserat på reflektioner av Rother & Shook (1999). Således ses detta som ett viktigt område i ett förbättringsarbete. Dessutom har det framgått i intervjuer att det saknas en standardiserad körplansstrategi, vilket skulle

kunna vara problematiskt eftersom Womack & Jones (2003) menar att produktionen bör utgå från den egentliga efterfrågan.

Efter appliceringen finns det ett mellanlager som i genomsnitt innehåller 0.4 batcher, vilket tycks vara en temporär plats för produkter i väntan på vägning och bandning. Det går också att iaktta att färdigvarulagret är betydligt mindre än det ingående lagret, vilket antyder att appliceringen är en flaskhals i värdeflödet. Detta styrks vidare genom att observera de olika cykeltiderna, där framgår att alla cykeltider bortsett från appliceringen endast är några minuter långa, även detta framgår i Figur 7.

### 5.2.2 Ledtidsanalys

PAC2:s kunder har en garanterad ledtid om 15 arbetsdagar och enligt genomförda intervjuer är den faktiska ledtiden strax under detta. Här finns det en tydlig diskrepans mellan den upplevda ledtiden och de 6.7 dagar som nulägeskartläggningen visar. Diskrepansen skulle kunna förklaras genom rent metodiska brister, exempelvis för få mättillfällen. Samtidigt finns det stora variationer i efterfrågan, vilket rent intuitivt innebär att man behöver viss överkapacitet i produktionen för att kunna hantera topparna. Det skulle kunna förklara den låga ledtiden under det som kan antas vara en lugnare period.

Med en värdeadderande tid om 145 min och den beräknade ledtiden om 6.7 dagar resulterar en beräkning av den värdeadderande tiden till 4.5% enligt följande.

$$\frac{145}{(6.7 \cdot 8 \cdot 60)} = 4,5\%$$

Det finns anledning att misstro att produktionsledtiden endast skulle vara 6.7 dagar då alla intervjuer säger att produktionsledtiden borde vara närmare 15 dagar. Om utgångspunkten istället hade varit 15 dagars ledtid hade andelen värdeadderade tid varit 2% enligt följande:

$$\frac{145}{(15 \cdot 8 \cdot 60)} = 2.0\%$$

En förbättring av den värdeadderande tiden sker enligt Rother & Shook (1999) genom eliminering av slöserier samt reducering av led- och genomloppstider. För att ta fram en visuell representation av eventuella förbättringar tas enligt metoden en framtidskarta fram av värdeflödet.

### 5.3 Analys av fabrikslayouter enligt SSLP-metoden

I följande kapitel avhandlas en analys av dels SSLP-metodens tillvägagångssätt för att presentera layouter, dels en analys av PAC2:s befintliga layout.

#### 5.3.1 Analys och jämförelse av föreslagna layouter

Då många av stegen kräver en subjektiv bedömning och ett särskilt tillvägagångssätt för att identifiera den optimala layouten, beskrivs nedan hur varje steg har genomförts. Det bör dock noteras att inte alla relationer kommer att motiveras i detalj då en enklare motivering redan finns given i sambandsschemat, se Bilaga 2.

##### Steg 1: Kartlägga samband mellan olika funktioner

Relationerna mellan maskinerna är regel *Viktig* (I) då de två operatörer som kontrollerar maskinerna har ett gemensamt ansvar för att maskinerna är övervakade. Det finns därför en poäng i att ha maskinerna nära varandra, men inte lika viktigt som relationerna mellan de maskiner som operatörerna har sitt huvudansvar över. Maskiner 3, 4 och 5 drivs alla av en och samma operatör och har således en *Absolut nödvändig* (A) relation. Samma resonemang tillämpas för maskiner 1 och 3. Maskin 2 har ett delat ansvar och körs bara vissa dagar, därav relationen I.

Vidare *måste* samtliga batcher, som del av ställningen av en maskin i pulveravdelningen testas i provrummet, därav sattes relationerna A till samtliga maskiner. När en batch är färdigställd flyttas den med truck bort till vägning och bandning för att slutligen utleveras. Det viktigaste sambandet är det mellan utleverans och bandning/vägning då det tätt anslutna processer utförda av logistikansvarige. Relationerna mellan maskinerna och bandning/vägning är alla samma och satta till *Ordinär närhet* (O).

Varje gång en batch ska behandlas hämtar operatören pallen eller pallarna från sina respektive pallställ. Där körs de beroende på order först genom baljning och tvätt eller direkt till sina maskiner. Dessa sträckor bör inte vara onödigt långa och relationerna mellan maskinerna, baljning, tvätt och pallställ har därför satts till I. Givet att dessa relationer kräver tillgång till en truck som operatören måste gå till, sattes relationerna mellan maskinerna och truckparkering 2 (17) till *Extra viktiga* (E). Det är även *Extra viktigt* att båda pallställ är i närheten av det inkommande godset då de i många fall efter registrering placeras i pallställen. Vidare har logistikansvarig sin egen truck som används för lastning och lossning, flyttning med mera som dels måste vara så nära som möjligt logistikkontoret (A), dels i nära anslutning till leveransport, pallställ och inkommande, respektive utgående gods (E).

I sambandsschemat kan det även utläsas en X-relation, nämligen den mellan baljning och logistikkontoret. Relationen kommer från att baljning är en högljudd process, ljud som inte bör vara i närheten av kontor. Slutligen har materiallagret olika relation till maskinerna i Runt om och pulveravdelningen. Anledningen till denna skillnad är att det för det mesta lagras kemikalier och beläggning för avdelningen Runt om i materiallagret och att blandningstationen för kemikalierna finns i avdelningen. Viktigt att notera är att det *inte* lagerhålls några skruvar i materiallagret.

### **Steg 2, 3:**

Steg 2, definiera krävda dimensioner på funktioner, steg 3, grafisk sammankoppling av funktioner är steg som inte kräver någon närmare analys eller motivering då de endast följer metodiken. Se Kapitel 3.4.1 för beskrivning av varje stegs tillvägagångssätt.

### **Steg 4: Alternativa huvudplaner**

I steg 4 presenterades fyra layouter med PAC2:s behov och problembild i åtanke. Layouterna har mycket gemensamt vad det gäller lager och logistik, men skiljer sig åt på maskinplacering, handpackning och ställage. Nedan presenteras varje föreslagen layout och tankegången bakom den.

- I layoutförslag 1 har maskinerna 1, 2 & 3 flyttats i syfte att skapa största närhet för operatörerna. Maskin 5 (som kräver konstant uppsikt) är placerad så nära maskin 3 och 4 som möjligt för att kunna övervaka dessa medan maskin 5 opereras. Till den nya avdelningen flyttas samtliga pallställ förutom ett. Ställage pulver och ställage övrigt är delar av samma pallställ, men separeras i syfte att ha ett större pallställ (ställage övrigt) närmare Runt om. Ytterligare ett ställage för artiklar i Runt om och övriga artiklar placeras i närheten av dagens plats för inkommande gods i syfte att ha en direkt väg till Runt om.

Vidare har handpackningen flyttats till en mer central plats i anläggningen i syfte att vara nära både logistikansvarig och operatörer från Runt om som ansvarar för handpackning. Materiallagret, som bland annat lagerhåller de kemikalier som krävs för appliceringen, flyttades i samtliga layouter efter tidigare bestämmelse. Flytten gjordes för att lämna mer plats för verkstaden där den finns idag (se Figur 8). I samtliga layouter har även logistikkontoret och leveransporten flyttats till samma platser i samspel med företaget. Utöver detta flyttas även två truckparkeringar i samtliga layouter. Truck 2 (funktion 17) i pulveravdelningen flyttas från sitt nuvarande hörn mellan de två öppningarna till bredvid provrummet. Flytten gjordes för att undvika övrig trucktrafik till och från Runt om. Vidare flyttades även truck 1 (funktion 13) givet sin naturliga anslutning till logistikansvarig. Tvätt och baljning flyttas inte, dels på grund av oljud från baljning, dels på grund av redan befintlig närhet mellan tvätt

och operatörer i Runt om. Utöver detta flyttas de inte heller på grund av projektets korta implementeringstid och omständigheterna kring tvättens anslutning till vatten och elektricitet.

- Layoutförslag 2 behåller nuvarande placering på maskiner för att undvika flytt och dess konsekvenser beträffande maskinstopp. I den nya avdelningen ägnas en hel vägg åt endast ställage pulver för att förbereda PAC2 för eventuella framtida produktionsökningar i detta segment. Handpackning placerades närmare logistikkontoret för att minska avståndet till dels logistikansvarig, dels utgående gods. Däremot kräver denna placering att det befintliga bordet för handpackning byggs om och riskerar samtidigt att begränsa tillgång till stället. Övriga funktioner har samma placering som layoutförslag 1.
- Layoutförslag 3 har samma omfattande maskinflyttning som layoutförslag 1 och samma placering av handpackning och ställage pulver som layoutförslag 2 med samma motiveringar.
- Enligt layoutförslag 4 byter endast maskin 1 och maskin 5 plats i syfte att minimera antalet maskinflyttningar. Handpackning placeras centralt i anläggningen av tidigare nämnda anledningar och likaså placeringen av samtliga ställage.

### **Steg 5: Värdera de olika alternativen**

Denna del av metoden består som givet i teorin av två delar; en kvantitativ och en kvalitativ. Den kvantitativa metoden finns beskriven i Bilaga 3 och tillvägagångssättet förklaras i Kapitel 3.4.1.

Den kvalitativa delen består av fler subjektiva antaganden som likt steg 1 i SSLP-metodiken presenteras. För att jämföra layouterna användes värderingsschemat (se Bilaga 2) med sex definierade värderingsfaktorer: *kostnad för implementering av layout*, *underhåll*, *arbetsmiljö säkerhet*, *arbetsmiljö ljudmiljö*, *utnyttjande av utrymme* samt *minimering av rörelse*. Valet av dessa värderingsfaktorer gjordes baserat på vad som anses relevant för en layout för PAC2. Varje värderingsfaktor viktades redan på en skala 1-10 relativt varann återigen baserat på vad som värderas högst av företaget och detta arbetets frågeställningar. Givet målbilden att effektivisera PAC2:s materialflöde ansågs faktorn *minimering av rörelse* vara av störst vikt (10). Därefter viktades faktorn *arbetsmiljö säkerhet* som 8 för att säkerställa att PAC2:s layout erbjuder en säker arbetsplats utifrån exempelvis trucktrafik.

Vidare viktades *Kostnad för implementering av layout* med 7 efter vad som uppfattats från ledningen om hur rimligt det är att göra särskilda flyttar av funktioner. PAC2 har dock, av vad som framgår av Tabell 7 och VD Tobias Bergqvist, en stabil ekonomisk situation och därför anses inte denna faktor vara av högsta prioritet. Vidare klassas ljudmiljö som

mindre viktig eftersom det bara finns en relation som störs särskilt av ljudet. Ljudmiljö är dock fortfarande en aspekt som bör beaktas, men eftersom maskinerna i pulveravdelningen inte planeras att flyttas utanför sitt nuvarande område finns det inga andra delar i layouten som kommer bidra till ett större ljud, därav viktningen 4. Slutligen sätts utnyttjande av utrymme som 3 givet den stora tillgången till ny yta och värderingsfaktorn underhåll till 2 då detta inte är en stor del av PAC2:s verksamhet. Nedan följer motiveringar för hur de olika layouterna värderades efter varje definierad värderingsfaktor.

- **Kostnad för implementering av layout**

Alternativ eller layout A (nuvarande layouten) medför givetvis inga kostnader för implementering då inga ändringar görs och fick därför absolut perfekt värdering. Layout C och E ansågs vara effektiva lösningar då de har minimala förflyttningar av maskinerna, men flyttar ändå andra funktioner. Layout B har en intressant lösning och layout D är en ordinär lösning. Den avgörande skillnaden har med placeringen av handpackningen att göra då det skulle krävas en modifiering av packbordet om den flyttas till andra änden av anläggningen istället för i mitten som i layout B.

- **Underhåll**

Intressanta lösningar för samtliga layouter som ändrar position på maskinerna (B, D och E) och ordinära lösningar för de som inte ändrar position (A och C).

- **Säkerhet**

Nuvarande layout (kolumn A) ger upphov till stor truckrörelse genom Runt om för att nå pulveravdelningen. Vidare finns det truckfart bredvid bandning samt att materiallagret ligger på en plats som kräver genomfart av pulveravdelningen. Sammanvägt anses därför nuvarande layout vara en ordinär lösning. Givet att samtliga nya layouter flyttar bandning och materiallagret fick de automatiskt en bättre värdering än nuvarande layout. Vidare skiljer sig återigen de presenterade layouterna i placeringen av handpackningen. Om handpackningen placeras som i layout B och E kan det finnas truckfart precis utanför detta område. Givet detta anses layouterna C och D vara effektiva lösningar utifrån säkerhetsaspekten.

- **Ljudmiljö**

Som tidigare nämnt har baljningen en ej önskvärd placering i förhållande till logistikkontoret och därför fick layout A värdering X. Övriga layouter kan enbart konstateras som bättre än layout A givet att baljningen är längre bort från logistikkontoret, men kan i övrigt inte skiljas från varann, därav samma värdering, I, på samtliga.

- **Utnyttjande av utrymme**

Nuvarande layout använder inte det nya området till några värdeskapande aktivi-

teter och fick därför den förhållandevis lägsta värderingen (O). Samtliga övriga layouter utnyttjar det nya utrymmet och ger plats för värdeskapande aktiviteter där inkommande gods innan befann sig och fick därför högre värderingar.

- **Minimering av rörelse**

På grund av att maskinerna inte är placerade i förmån för operatörerna, samt långa avstånd till både lagerplatser, baljning och bandning fick nuvarande layout lägsta möjliga värdering, X. Layout B och E fick däremot bäst värdering i förhållande till de andra givet dels optimala placeringar av maskiner, dels placeringen av handpackningen. Det är viktigt att handpackningen är placerad på en central plats i anläggningen så att operatörer både från Runt om och logistikansvarig har nära till stationen. Övriga funktioner värderades således lägre baserat på placeringen av handpackningen och om maskinerna flyttats eller inte.

### **Steg 6: Detaljerad planlösning**

I detta steg lades detaljer såsom truckgångar, bord och pallplatser till för att kunna presentera hur layouten ska se ut i praktiken. För att inte ändra befintlig principer kring bordsplacering och truckgångar, togs detta hänsyn till i den presenterade layouten. Även utformningen på handpackningen gjordes på ett sätt som minimerar ombyggnationen av packbordet. Slutligen kräver steg 6 inte en lika djupgående analys eller motivering som steg 1 och 5 då den saknar dessa betydande subjektiva antaganden. Se Figur 10 för detaljplanen av layout 4.

#### **5.3.2 Analys av nuvarande layout**

Efter att ha genomfört stegen i SSLP har olika problem kunnat analyseras efter den struktur som framgår i värderingsschemat Bilaga 7. Den första bristen berör placeringen av maskinerna i pulveravdelningen. I dagsläget ansvarar en operatör för maskin 1 & 6 och en annan operatör för maskin 3, 4 & 5 (se Figur 8). Maskin 2 har ett delat ansvar mellan operatörerna. Givet den höga värderingen på närhet mellan maskinerna som delar samma operatör (se sambandsschemat i Bilaga 2), vore det fördelaktigt om maskinerna 1 & 6 samt 3, 4 & 5 är närmare varandra för att undvika slöseri i rörelse och förbättra förutsättningarna för att övervaka flera maskiner samtidigt.



*Figur 8: PAC2:s nuvarande layout.*

Säkerhet och ljudmiljö är inte identifierade som två kritiska brister i nuvarande layout, men anses fortfarande kunna förbättras. Vidare kunde en avsevärd trucktrafik noteras passera Runt om, genom pulveravdelningen och bakom bandning. Även i avdelningen för inleverans och ställage är det trångt vilket kräver extra försiktighet. Genom att flytta inleverans och ställage närmare pulveravdelningen minskar avstånden och trucktrafiken till maskinerna avgränsas till endast det nya området där färre operatörer befinner sig. Slutligen kan problemet kring oljud förbättras genom att logistikkontoret flyttas längre bort från baljning. Att ljudnivån förbättras blir dock ett naturligt resultat av att kontoret måste ligga i nära anslutning till den nya leveransporten.

Avslutningsvis konstaterades att pulveravdelningen är belägen långt från bandning och utleverans, vilka utgör nästa steg i materialflödet. Den nuvarande layouten begränsar dessutom utrymmet för eventuell framtida produktion. Sammantaget visar analysen att layouten medför onödiga förflyttningar på grund av stora avstånd mellan centrala funktioner, vilket bidrar till ett ologiskt och ineffektivt materialflöde. I värderingsschemat (se Bilaga 7, kolumn A) tilldelades layouten därför lägsta betyg i kategorin "Minimering av rörelse", som också har störst vikt i poängsättningen.

## 6 Åtgärdsförslag & Diskussion

Detta kapitel syftar till att dels presentera resultaten av denna studie, dels diskutera dessa resultat utifrån det bakomliggande ramverket. Målet är att ge en helhetsbild, både med åtgärdsförslag och de utmaningar och möjligheter arbetet med PAC2 inneburit. Kapitlet är strukturerat med tre underrubriker som presenterar åtgärdsförslag följt av en diskussion för områdena *Lean-filosofi*, *Värdeflödesanalys*, och *Systematic Layout Planning*.

### 6.1 Lean-filosofi

Lean-filosofin grundar sig, som Liker (2021) beskriver, i ett ständigt och öppet förbättringsarbete. Hela rapporten utgår konceptuellt, som rubriken indikerar, utifrån Lean-filosofin, även de fortsatta områden som relaterar till VSM och SSLP. Följande förbättringsförslag utgår ifrån ett renodlat Lean-perspektiv.

#### 6.1.1 Resultat av analys utifrån Lean-filosofi

Analysen utifrån Lean resulterar i tre åtgärdsförslag som syftar till att förbättra PAC2:s verksamhet.

- **Förändrad kultur.** PAC2 tillämpar idag inte Lean systematiskt på hela företaget. För att kunna implementera förbättringar enligt Lean behövs ett förändrat tankesätt i linje med Lean-filosofi.
- **Standardisering.** PAC2 har idag brister i standarder och rutiner. En viktig byggsten inom Lean-filosofin är just att upprätta standarder för att arbeta med problem systematiskt. Ett exempel på standardisering som kan tillämpas är 5S.
- **Visualisering.** PAC2 upplever avvikande kvalitet när rutiner fallerar vilket resulterar i defekter. Visualiseringsverktyg med digitala kontroller har testats vid vissa maskiner och bör hjälpa om det tillämpas på andra delar av produktionen.

#### 6.1.2 Diskussion av åtgärdsförslag

Ett av de tydligaste områdena PAC2 har potential för förbättring på är standarder och rutiner. Den tidsvisa avsaknaden av standarder ligger ofta till grund för de problem PAC2 stöter på. Att systematiskt upprätta stabila och repeterbara rutiner är enligt Liker (2021) en viktig grundsten inom Lean, vilket är för att kunna arbeta i jämn takt efter kundens efterfrågan till bästa kända vis.

PAC2 saknar jämna kundordrar att förhålla en jämn produktionstakt gentemot. Oavsett är användningen av de bästa kända arbetsätten en naturlig väg mot ständig förbättring enligt principen av Kaizen.

Den genomförda litteraturoversikten ger en tydlig bild av att ett förändringsarbete måste inledas i filosofin. Ohno (1988) beskriver en kultur med ett övergripande fokus på den ständiga strävan att eliminera slöserier som central. Liker (2021) betonar att en sådan kultur måste inrättas och utvecklas på företaget för att något omfattande långsiktigt standardiseringsarbete kan ske framgångsrikt, något som Scherrer-Rathje m. fl. (2010) till viss del styrker genom sin beskrivning av Lean som ett dynamiskt system.

Ett av problemen som framkommer av analysen till grund av bristande rutiner är defekter. På vissa maskiner har detta åtgärdats genom visualiseringsteknik med värmekameror för kvalitetskontroll. Liker (2021) beskriver vikten av att synliggöra problem. Att implementera detta på fler maskiner hade varit en beprövad metod att utvidga åtgärderna mot kvalitetsbrister.

En visualiseringslösning för kvalitetskontroll hade varit en beprövad lösning för just det problemet, men den åtgärdar inte grundorsaken vilket i detta fallet är brist på standardisering. Lean-teori handlar om att göra långsiktiga inkrementella förbättringar, vad Lean enligt Liker (2021) kallar Kaizen. Samtidigt betonar Ohno (1988) långsiktighet. Kaizen bör därmed åtgärda grundorsaken till problemen, inte släcka uppkomna bränder. En systematisk kulturförändring för att skapa standarder och rutiner hade på sikt kunnat lösa samma problem och varit mer långsiktigt.

Det är viktigt att beakta de effekter som förändringar av företagskulturen kan ge upphov till i arbetsmiljön. Berglunds (2010) doktorsavhandling visar att standardisering av metoder och processer på arbetsplatsen riskerar att leda till negativa konsekvenser som stress, vilket bör tas i beaktning. Vidare beskriver författaren att sådana situationer uppkommer när personalen inte förstår syftet och anser sig och sin profession förbisedda, något som ytterligare påvisar vikten av ett genomgående arbete med företagskulturen innan implementering.

En implementering kan också ge positiva effekter såsom en högre grad av engagemang hos de anställda om de inkluderas i företagets gemensamma utvecklingsarbete. Berglund (2010) påstår att engagemang bland de anställda stärks när de inkluderas i förbättringsarbetet. Standardiseringar möjliggör för regelbaserade rutiner att lära upp ny personal med och säkerställa att all befintlig personal arbetar enligt full effektiv förmåga. Det kan skapa en bättre inlärningsmiljö för arbetaren då Liker (2021) beskriver standardisering och förbättring som två sidor av samma mynt, vilket kan tolkas ge utrymme för lärande snarare än begränsningar på individens profession.

Standardiserade arbetsmetoder som är enklare att lära sig skapar motståndskraft genom att öppna upp för möjligheten att rotera arbetsuppgifter på befintlig personal. Detta ökar flexibilitet då fler personer kan ingripa eller ersätta vid sjukdomsfall, annan frånvaro eller särskilt högintensiva perioder, något som idag har beskrivits som svårt.

Att implementera 5S, som beskrivs av Slack m. fl. (2022), kan vara en bra start i den fortsatta utvecklingen av standardisering i företaget. Även om det går att se spår av 5S i verksamheten brister den standardiserade ordningen på olika plan, vilket leder till ineffektivitet och onödiga rörelser. I fallet med PAC2 bör snarare fokuset ligga på att förändra synen på 5S bland personalen så att de långsiktigt kan bibehålla en önskvärd standard att hålla ordning och reda på arbetsplatsen.

PAC2 hade gynnats av ett systematiskt arbete med standarder och rutiner för att komma åt grundorsaken till problemen. Detta hade bland annat åtgärdat problem med kvalitetskontroll, personalsårbarhet och inläringstid. För att genomföra detta arbete krävs ett omfattande arbete med företagskulturen och kunskap om Lean-filosofi.

### **6.1.3 Diskussion av tillämpbarhet**

Som specificeras i teorin används 3M enligt Liker (2021) som ett verktyg inom Lean för att analysera och effektivisera flöden. Att använda sig av denna metod har gett en god översiktsbild och framförallt kategorisering över de problem som PAC2 står inför. 3M fungerar väl för att klargöra vilka områden som behöver undersökas för problem.

3M inkluderar däremot inget värdeflödesperspektiv och ger ingen detaljkunskap om vilka konsekvenser som uppkommer ur problemen. Rother & Shook (1999) betonar hur en värdeflödeskartläggning bör genomföras för att inte hamna i fallgropar där viktiga perspektiv blir förbisedda. De menar att det inte är ovanligt att företag blint går på att eliminera framförallt Muda utan att egentligen veta vad de underliggande orsakerna för slöserierna är.

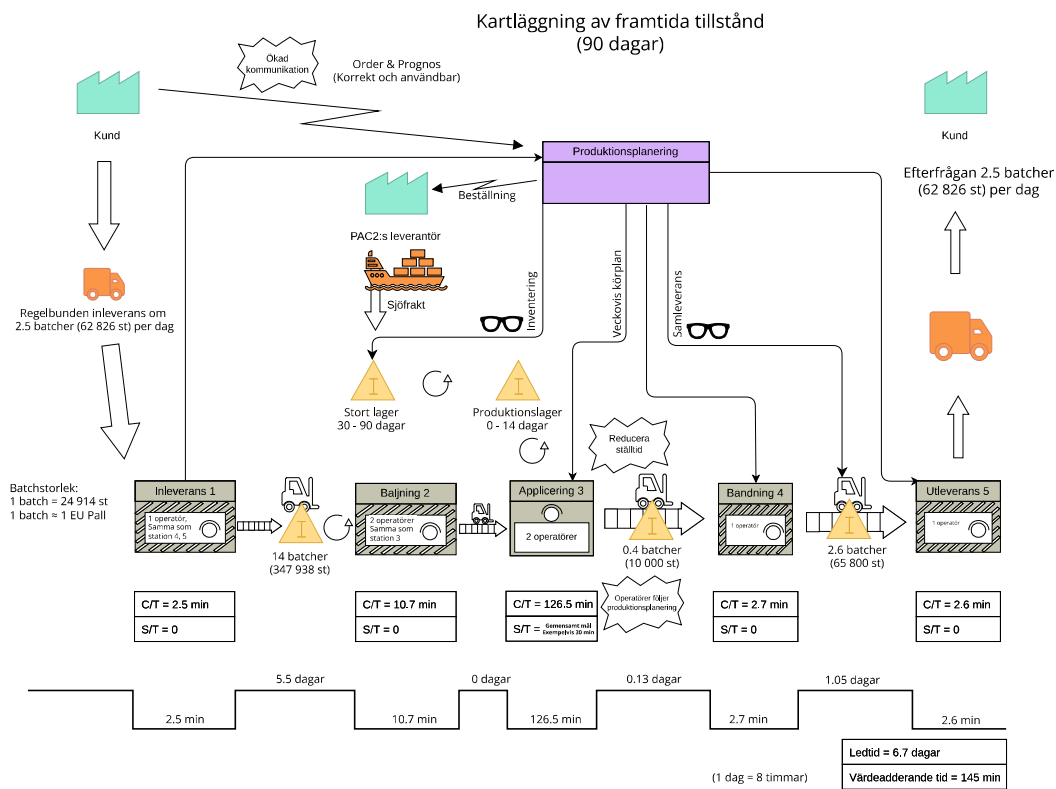
För att, i detta arbete, inte hamna i fallgropen som Rother & Shook (1999) påpekar har även en värdeflödesanalys genomförts, vilket diskuteras i nästkommande avsnitt. Kombinationen av de olika metoderna syftar till att verka i ett symbiotiskt förhållande.

## **6.2 Värdeflödesanalys**

En av de huvudsakliga metoderna som använts för att ta fram effektiviseringsförslag är metoden VSM som resulterat i en framtidskarta. Framtidskartan syftar till att ge en bild av var PAC2 kan befinna sig 3 månader fram i tiden och ger därmed även förbättringsförslag.

## 6.2.1 Resultat av analys utifrån VSM

En framtidskarta enligt VSM har tagits fram för att visuellt presentera de förbättringsförslag som analysen har kommit fram till.



Figur 9: Framtidskartläggning av PAC2:s potentiella framtidstillstånd (90 dagar) framtagen VSM-metoden.

Förbättringarna representeras i värdeflödeskartan med *Lean-stjärnor* som beskriver de rekommenderade förbättringarna.

Förbättringarna är som följer:

- **Reducerad omställningstid.** I det befintliga läget är omställningen tidskrävande och svår. Dessutom tar det runt ett år för en operatör innan den kan nyttja maskinen på ett fullt effektivt sätt. Därför är det rimligt att föreslå att standardisera både rutiner och omställningsmoment för att minimera kravet av erfarna operatörer, men också för att minska omställningstiden. Instruktioner uppmanas att göras multimodala med många visuella inslag, vilket går i linje med ramverket för Dual Coding Theory.
- **Förbättrad kundkontakt.** Kontakten med kunden är oregelbunden och även om logistikansvarig får en inleveransavisering via mail från kunden stämmer det sällan med vad som faktiskt levereras. Effekten av det blir en sämre framförhållning och

ineffektiva produktionsplaner. Att ha ett ökat samarbete med kunden och implementera enkla kommunikationsrutiner skulle kunna förenkla framförhållningen och förbättra förståelsen för svängningar i efterfrågan.

- **Operatörer följer produktionsplanering.** Idag arbetar operatörerna på produktionsgolvet endast efter en grovplanering av produktionen. Inom denna grovplanering så har varje enskild operatör möjlighet att själva bedöma hur de ska producera. Detta skapar stora diskrepanser i effektivitet mellan olika operatörer. Istället bör det finnas rutiner för hur produktionsplaneringen och därefter produktionen sker. Om det är ett enkelt system som FIFO eller något mer avancerat så är det viktiga att det är systematiskt uttänkt.

### 6.2.2 Diskussion av åtgärdsförslag

I Kapitel 6.1.2 problematiseras användningen av standardisering som verktyg då det enligt Liker (2021) syftar till att möjliggöra produktion i jämn takt för att möta kundefterfrågan, och hur detta var svårt med PAC2:s affärsmodell. För att åtgärda detta problem kan PAC2 börja arbeta mer systematiskt med sin kundkontakt och därmed försöka jämna ut inkomna ordrar.

Idag finns det endast en svag systematik i när, och i hur stora volymer, ordrar inkommer. Detta försvårar planeringsarbetet. Liker (2021) betonar vikten av en jämn och förutsägbar orderfrekvens något som även Perez m. fl. (2010) påvisar som viktigt i sin studie. Att öka samarbetet med kunden och implementera enkla kommunikationsrutiner kan förenkla framförhållningen och förbättra förståelsen för svängningar i efterfrågan.

I värdeflödesanalysen framkommer det hur appliceringen och dess ställtider utgör en flaskhals i produktionsflödet. Att genomföra ställtidsreducerande insatser hade därför varit gynnsamma för att öka genomströmningen.

Den ökade kundkontakten hade i sig kunnat vara en viktig del i det ställtidsreducerande arbetet framförallt i minimeringen av behovet att överhuvudtaget ställa maskinerna. En förutsägbar produktionsplanering kan prioritera ordersekvenseringen så att maskinerna inte lika ofta behöver ställas om.

Ett jämnare orderflöde genom förbättrad kundkontakt öppnar för en standardiserad produktionsplanering som kan flyttas från operatörsnivån och kan därmed minimera behovet av erfarna operatörer. Förmodade effekter av detta förslag är ett effektivare flöde och stabilare system, där andra operatörer lättare kan assistera vid tillfälliga förändringar i bemanning, exempelvis vid sjukfrånvaro.

Det är viktigt att ha i åtanke att det finns en risk för att kunderna vägrar synka deras ordrar med PAC2. I så fall hade andra åtgärder behövt genomföras för att komma underfund med ställtider, upplärningstider och produktionsplaneringen.

Mer användarvänliga maskiner gör att det blir lättare att utbilda ny personal; dels i tidsomfattning, och dels gällande behov av förkunskaper. En lösning kan även vara att genomföra en ställtidsreduktion enligt SMED-metodiken.

Dessa åtgärder kan vara lämpliga att genomföra oavsett förbättringar med kundkontakten. PAC2 har nästan hela marknaden i Norden gällande gängappliceringar. Därmed har PAC2 viss förhandlingsförmåga och förbättrade kundkontakter bör rimligtvis vara möjliga att genomföra.

Det finns möjligheter för PAC2 att arbeta med omfattande förbättringsarbete både med omställnings- och upplärningstider samt produktionsplaneringen. Dessa åtgärder kan vara gynnsamma att genomföra, men i enlighet med det synsätt Ohno (1988) uttrycker kring långsiktighet bör huvudfokus ligga på att åtgärda problemets grundorsak. Att genom starkare kundkontakter lösa variationerna i efterfrågan som i sin tur även positivt påverkar standardiseringar, upplärningstider, ställtider, personalsårbarhet, produktionsplanering och arbetsbelastning bör för PAC2 vara vägen framåt.

### **6.2.3 Diskussion av tillämpbarhet**

Arbetet med att skapa en VSM har visat sig vara svårare än initialt tänkt. Svårigheter vid insamling av data och ett okonventionellt materialflöde har vid tillfällena åsamkat stor möda. Prioriteringar, antaganden och avgränsningar har varit helt avgörande för att kunna presentera ett slutgiltigt resultat med VSM som metod.

Exempel på dessa problem är:

- Bedömningen om produkter ska räknas en i taget eller i batcher. Bedömningen gjordes att det inte är representativt för företaget att titta på materialflödet av bara en skruv utan en hel batch behövdes.
- Svårigheterna att genomföra korrekta mätningar av processer som hanterar hel och halv pall med olika storlekar. Rother & Shook (1999) menar dock att VSM handlar om att få en bra övergripande bild och inte en perfekt kartläggning.
- Mätresultat som gick emot helt vad som förväntades. Personalen påstår att ledtiden är närmare 15 dagar medan uppmätt tid var 6,7 dagar. Rother & Shook (1999) menar att det inte går att lita på operatörerna utan det måste mätas själv.

Inget av det ovanstående är särskilt förvånande då Rother & Shook (1999) betonar att värdeflödesanalysen måste anpassas till den verksamhet den analyserar. Analysen har varit tillräckligt bra för att skapa insikter om vad som är begränsade i processens flöde.

De 3M som tidigare genomfördes belyste många av de problem som även värdeflödesanalysen kommer fram till. Genom att endast förlita sig på en övergripande kategorisering av slöserier hade slutsatserna varit snarlika. Däremot hade det inte funnits något lika konkret för att backa upp påståendena. Värdeflödesanalysen levererar en stark helhetsbild som inte fanns innan med 3M.

### 6.3 Simplified Systematic Layout Planning

Simplified Systematic Layout Planning (SSLP) är metoden som användes för att presentera och jämföra alternativa layouter med nuvarande. Förutom att SSLP användes för att effektivisera materialflödet, tillämpades också metoden för att tillgodose de ambitioner och förutsättningar som PAC2 har i dagsläget; tillgång till nya ytan, flytt av materiallager och viljan till tydligare separation mellan logistik och produktion. I detta avsnitt presenteras först den rekommenderade layouten som resultat av SSLP-metodiken och därefter diskuteras den utifrån olika aspekter. Slutligen kommer även metodens genomförande och tillämpbarhet att diskuteras.

#### 6.3.1 Resultat av SSLP-metodik

För att jämföra de olika föreslagna layouterna (se Bilaga 5) sammanställdes deras resultat av både den kvantitativa och kvalitativa delen av SSLP i Tabell 8. Resultatet visar att layoutförslag 4, med lägst total närhetspoäng och högst poäng i värderingsschemat, är den bästa layouten (se kolumn E i värderingsschemat, Bilaga 7).

Metod	Nuvarande layout	Förslag 1	Förslag 2	Förslag 3	Förslag 4
Kvantitativ	61673	57147	55178	56193	54846
Kvalitativ	27	78	73	69	86

*Tabell 8: Resultat från kvantitativ och kvalitativ del av SSLP-metoden. Notera att den utmärkande layouten kvantitativt ska ha lägst poäng, och högst poäng för den kvalitativa metoden.*

Sista steget (steg 6) av SSLP resulterade i en detaljerad planlösning av den bästa layouten som visas i Figur 10.



### **6.3.2 Diskussion av rekommenderad layout**

Nuvarande layout leder till slöseri i rörelse, platsbrist, samt problem med säkerhet och oljud, vilket framgår i kolumn A i Värderingsschemat, Bilaga 7). Enligt Tompkins m. fl. (2010) är detta något som kan utgöra stora kostnader för företaget och behöver därför ses över. Vidare saknas en tydlig uppdelning mellan produktion och logistik, vilket är en av de ambitioner uttryckt av PAC2:s VD.

Som del av SSLP-metoden presenterades fyra layoutförslag med olika placeringar av maskiner, pallställ och handpackning, där layout 4 presterade bäst på både den kvantitativa och kvalitativa delen. Layout 4 erbjuder en avvägning mellan att flytta maskinerna så att 3, 4 & 5 samt 1 & 6 grupperas och att flytta ännu fler maskiner som andra layouter föreslår. Samtidigt har handpackningen flyttats till en central plats i anläggningen som erbjuder lika tillgång för operatörer från Runt om som för logistikansvarig. I övrigt erbjuder layouten, precis som de andra förslagen (se Bilaga 5) en tydlig uppdelning mellan logistik och produktion samt att utgående gods ligger i logisk följd efter bandning, vilket både tillfredsställer PAC2:s ambitioner om uppdelning och strävan mot ett mer logiskt materialflöde.

#### **Diskussion av maskinflyttning i presenterad Layout**

En av anledningarna till att en SSLP gjordes var för att ändra positionerna på maskinerna i pulveravdelningen för att passa befintlig ansvarsfördelning. Att flytta på maskinerna såsom den nya layouten rekommenderar, medför bland annat ett tillfälligt produktionsstopp av den maskinen (och eventuell annan maskin vars plats ska ersättas), samt flytt av luft- och vattentillförsel. Samtidigt presenterar rapporten att PAC2:s arbete bör standardiseras och ställningen av maskiner förenklas, vilket i förlängningen ska leda till att fler operatörer ska kunna köra maskinerna. Detta tar naturligt bort behovet av att byta plats på maskinerna och undergräver ett av resonemangen att göra en SSLP. Att genomföra en SSLP var dock nödvändigt av andra, redan nämnda anledningar, vilka inte står i konflikt med någon annan teori för arbetet.

Vidare på detta tema lyfts frågan om huruvida en maskinflyttning är ekonomiskt och praktiskt försvarbar i förhållande till att lära befintlig personal köra flera olika maskiner. Samtidigt avhandlas just inläring som ett av huvudproblemen i Kapitel 4.4 vilket i nuvarande läge skulle medföra betydande kostnader för PAC2 att skola om sina operatörer. Utöver detta är ett av förbättringsförslagen att standardisera sitt arbete och rutiner enligt presenterad Lean-teori, vilket troligtvis skulle sänka inläringstiden för personal. Sammanfattningsvis bör en avvägning göras internt innan den föreslagna layouten implementeras, och dessutom i anslutning till att standardisera sina arbetsätt.

### 6.3.3 Diskussion av genomförande & tillämpbarhet

Initialt framstår SLP och framför allt SSLP som mycket direkta metoder som enkelt tillämpas oavsett planritning, vilket också är den stora anledningen till att metoden valdes. Efter att ha studerat, modifierat och genomfört metoden kan det konstateras att detta antagande om tillämpbarhet är mer nyanserat.

Det första som bör noteras beträffande SSLP är att metoden kräver erfarenhet av företaget, anläggningen och dess rutiner för att kunna göra så korrekta antaganden som möjligt i både steg ett och steg fem (se kapitel 2.5.1 & 2.5.5), vilket också bekräftas av både Liu m. fl. (2020), Tak & Yadav (2012) och Muther & Hales (2015). Eftersom metoden genomfördes av en extern aktör med begränsad erfarenhet jämfört med en intern anställd, är det svårt att med säkerhet bedöma vilken layout som faktiskt är mest lämplig. Det bör därför tas i beaktning att fler layouter än just layout fyra, som värderades högst, kan vara av intresse för PAC2. Samtidigt var det just av denna anledning som konceptet kring *kvalitativ* och *kvantitativ* ansats presenterades för att kunna göra en mer objektiv bedömning av layouterna. Dessutom har PAC2 uttryckt viljan att layoutförslaget presenteras av en extern aktör. Sammantaget bedömdes alltså metoden vara lämplig för denna studie och givet att båda ansatser resulterade i samma layout anses det finnas belägg att inte förkasta layout 4.

Gällande tillämpbarheten av SLP och SSLP för liknande bolag är det något som redan diskuteras av Muther & Hales (2015) samt Muther & Wheeler (1962) där de menar att metoderna kan appliceras på olika typer av verksamheter och layoutkrav. I Kapitel 2.5.7 presenterades en rad olika fallstudier där den kompletta metoden, SLP, tillämpades i kombination med andra verktyg för att uppfylla olika syften. Med detta arbete som utgångspunkt finns det dock en del aspekter som bör tas i beaktning om SSLP ska replikeras på ett annat mindre industribolag. Till exempel kommer bedömningarna i steg 1 och steg 5 att skilja sig avsevärt och likaså vilken kännedom lokalplaneraren har av verksamheten.

En fördel och gemensam nämnare som PAC2 har med andra små bolag är just sin storlek. Förutom att SSLP-metoden är gjord för små anläggningar, är det också lättare för den enskilde lokalplaneraren att göra bedömningar utifrån sin helhetsbild än om företaget vore mycket större med fler avdelningar och komplexare flöde. Slutligen fastställdes det också i Kapitel 2.2 att små organisationer ofta saknar resurser för att ägna personal åt specialiserade arbetsuppgifter (såsom en omfattande layoutplanering). SSLP betraktas således vara en metod som kan tillämpas för fler företag av liknande storlek.

## 7 Slutsatser

Slutsatserna syftar till att utgöra det slutgiltiga besvarandet av frågeställningarna med de sammanfattande insikter relaterat till arbetets viktigaste och mest relevanta delar. Slutsatsen inkluderar sammanfattande akademiska och ledningsperspektiv samt de samlade åtgärdsförslagen rekommenderade till PAC2.

### 7.1 Besvarandet av frågeställningarna

I Kapitel 1 presenterades ett syfte följt av en mängd frågeställningar som ligger till grund för arbetet. Dessa frågeställningar är:

1. *Hur är det interna materialflödet strukturerat i fabriken?*
  - (a) *Vilka olika slöserier finns i materialflödet och vilka konsekvenser medför dessa?*
  - (b) *Vilka faktorer påverkar materialflödet?*
2. *Hur kan materialflödet förbättras, och vilka effekter kan förväntas av förändringarna?*
3. *Hur användarvänliga och praktiskt tillämpbara är de akademiska metoder som tillämpas i studien, med särskilt fokus på PAC2:s verksamhet?*

#### 7.1.1 Hur är det interna materialflödet strukturerat i fabriken?

Det interna materialflödet på PAC2 är inte detsamma för varje produkt och produktfamilj, men flödet för en standardprodukt är tämligen standardiserat. Första steget sker vid inleverans till godsmottagningen, där produkten sedan lagerförs i väntan på baljning eller eventuell tvätt. Efter genomförd baljning sker applicering där gängen på komponenten får sin beläggning. Därefter sker vägning samt bandning och produkten lagerförs sedan i utgående gods för utleverans. Slutligen sker utleverans till kund.

##### **(a) Vilka olika slöserier finns i materialflödet och vilka konsekvenser medför dessa?**

Analysen av PAC2 har synliggjort ett flertal olika slöserier. Ojämna orderfrekvenser, åtminstone delvis orsakat av begränsad kommunikation med kund, är ett av dem. Denna volatilitet leder till komplikationer i produktionen, inte minst kring sekvensplaneringen, vilket i sin tur ofta leder till att produktionsplanering behöver ske på operatörsnivå. Denna planering kräver gedigen hantverkskunskap hos operatören för att inte skapa ytterligare slöserier. Fluktuation i orderingång leder också till toppar och dalar i produktion, vilket leder till slöserier i form av överbelastning och stress hos medarbetarna.

Diverse väntetider utgör även flertalet slöserier, inte minst onödiga transporter av material och produkter på fabriksgolvet, överarbete där lägre toleranser än kravställd nivå tillämpas

och onödiga rörelser av medarbetare. Dessutom är outnyttjad kompetens där medarbetarna inte har tid att göra de förbättringar de vill ett slöseri, tillika defekter där bristande rutiner kan leda till kasserade produkter. Dessa slöserier leder till en ineffektiv verksamhet.

### **(b) Vilka faktorer påverkar materialflödet?**

Den mest framträdande orsaken till ett ineffektivt materialflöde är brister i rutiner och standarder, många andra påverkande faktorer som långa ställ- och inlärningstider kan härledas ur denna brist på standarder. Bristen på standarder kommer i sin tur från företagskulturen där det i dagsläget inte finns någon nämnbar Lean-filosofi på PAC2. Slutligen utgör den ojämna efterfrågan en betydande faktor då det försvårar för företaget att uppnå en jämn produktion.

### **7.1.2 Hur kan materialflödet förbättras, och vilka effekter kan förväntas av förändringarna?**

Materialflödet kan förbättras genom att göra vissa förändringar i arbetsmetoderna. Initialt behöver PAC2:s ledning och personal arbeta strategiskt med att upprätta en kultur med tydlig företagsfilosofi och arbetsstruktur. Detta möjliggör i sin tur att genomföra andra förändringar på kort sikt som standardiseringar eller en reducerad omställningstid och inlärningstid, förbättrade kundrelationer och på lång sikt större produktionsfilosofiska förändringar som implementering av 5S och visuella stödsystem. Sammantaget bör detta resultera i jämnare produktion, lägre arbetsbelastning på personal, ökad flexibilitet och färre defekter.

PAC2 kan även förbättra deras verksamhet genom att implementera de föreslagna layoutförändringarna där operationer efter applicering omstruktureras och produktionsutrymmet nyttjas bättre. Detta bör resultera i en minskning av onödiga transporter och rörelser, samt ett mer logiskt flöde av produkter.

### **7.1.3 Hur användarvänliga och praktiskt tillämpbara är de akademiska metoder som tillämpas i studien, med särskilt fokus på PAC2:s verksamhet?**

Nyttjandet av 3M, VSM och SSLP har bidragit till en mångsidig förståelse av PAC2:s utmaningar och förutsättningar. 3M-metoden har fungerat väl för att skapa en översiktlig bild av verksamheten genom att tydligt kategorisera problemområden. Däremot saknas en kartläggning av materialflödet inom 3M, vilket kan leda till att viktiga perspektiv förbises.

Vid användning av VSM har materialflödet kartlagts, vilket varit mer komplext än tillämpningen av 3M. Det bedöms främst bero på PAC2:s okonventionella materialflöde, vilket försvårade datainsamlingen. Genom metदानpassningar, såsom en approximerad storlek på

en batch, kunde en övergripande bild av flödet åskådliggöras. Metoden bidrog därigenom till att skapa en djupare förståelse för PAC2:s situation.

SSLP bedöms efter genomförande vara en strukturerad och användbar metod för layoutplanering. Metoden har visat sig vara relevant i praktiken, men kräver god förståelse av anläggningen och företagets rutiner för att kunna presentera en tillförlitlig layout. För att kompensera för eventuella brister i förmågan att göra de subjektiva antaganden metoden kräver, anpassades ett av stegen till att också innehålla en mer objektiv bedömning. Slutligen konstaterades det också att SSLP fungerar väl för företag av PAC2:s storlek med liknande förutsättningar.

Sammantaget ger de akademiska ramverken och verktygen en god vägledning vid implementering. Samtidigt är erfarenheterna av denna studie att utan en god förståelse för både hur teorin ska tillämpas och hur den specifika verksamheten fungerar, kommer det att innebära svårigheter vid genomförande.

## 7.2 Slutgiltiga rekommendationer till PAC2

Med studiens resultat och efterföljande diskussion till grund har följande åtgärdsförslag tagits fram som rekommendationer till PAC2.

- **Genomför ett arbete för förändrad företagskultur.** För att arbeta långsiktigt och systematiskt med förbättringsarbetet rekommenderas det att inrätta Lean som en filosofi, vilket bör genomsyra hela företagets tänk att arbeta. Från ledning till operatör, alla behöver ha förståelse för Lean och dess principer.
- **Genomför ett systematiskt standardiseringsarbete.** I enlighet med den tillämpade Lean-filosofin rekommenderas det att börja arbeta systematiskt med standardiseringar och rutiner för att arbeta enligt bäst kända metodik.
- **Genomför ett arbete för att förbättra kommunikation mot kund.** För att minska volatiliteten i orderingsången rekommenderas det att upprätta en starkare kontakt med kunder tillika leverantörer i syfte att jämma ut efterfrågan av ordrar, vilket i sin tur torde leda till bättre produktionsplanering.
- **Genomför ett arbete för ställtidsreducering.** För att skapa en mer flexibel och jämn produktion rekommenderas en ställtidsreducering.
- **Genomför en layoutförändring i enlighet med presenterat förslag.** Denna förändring bör göras för att nyttja det nya ytan, minimera slöseri i rörelse bland maskinerna och skapa en logisk struktur på materialflödet. Bland de presenterade layoutförslagen föreslås layout 4 för införande. Innan full implementering av layouten bör dock en

bedömning göras huruvida det är ekonomisk försvarbart att byta plats på maskinerna istället för att skola om operatörerna.

Eftersom studien inte omfattar en detaljerad plan för implementering, åligger det nu PAC2 att utforma och genomföra en eventuell tillämpning av de föreslagna åtgärderna. Trots att förslagen har skraddarsyttts utifrån PAC2:s specifika verksamhet är delar av förslagen av relativt generell karaktär och kan därmed vara intressanta även för andra företag med liknande produktionsprocesser.

### 7.3 Rekommendationer för fortsatt arbete

Utifrån den genomförda studien finns det en mängd olika förslag till vidare studier. Nedan följer förslag på fortsatta forskningsområden, vilka har tagits fram både utifrån studiens avgränsningar och slutsatser.

- **Ekonomisk studie av givna förslag:** Detta arbete har inte behandlat ekonomiska kalkyler. En studie där finansiella aspekter inkluderas hade gett insyn i hur realistiska dessa förbättringsförslag är och de potentiella ekonomiska effekterna.
- **Implementeringsstudie av givna förslag:** En studie där man undersöker en aktiv implementering av de föreslagna åtgärderna kan ge fördjupad förståelse för vilka resultat som uppnås vid deras tillämpning.
- **Undersökning av upplärningstider:** En studie som syftar till att ta reda på utmaningarna med att träna upp ny personal utan tydliga standarder och därefter jämföra detta med någon som tränas upp med tydliga standarder.
- **Studera hur en ny affärsmodell skulle påverka PAC2:s materialflöde:** PAC2 erbjuder en tjänst att belägga material och äger inga egna produkter. Hur hade PAC2:s materialflöde och effektivitet kunnat se ut om de skulle ändra affärsmodell?

## **Avslutande ord**

Detta arbete har syftat till att bidra till ett ökat akademiskt nyttiggörande där forskning omsätts till praktiskt användande i samhället. Genom att undersöka PAC2:s förutsättningar för förbättringar utifrån tillämpad Lean-filosofi, har utmaningar och möjligheter med teorin kunnat påvisas. Förhoppningsvis kan denna studie, i framtiden, användas som ett underlag för andra industriföretag att dra lärdom ifrån.

Mindre produktionsbolag med färre tillgängliga resurser har mycket att vinna på att anamma metoder som VSM och SLP, och ramverk som 3M för att analysera och förbättra även deras effektivitet.

Att arbeta med effektivisering utifrån Lean kräver dock inte bara systematik och kunskap för rätt verktyg. Det kräver en kulturell vilja för förändring och en förståelse för Lean som en filosofi. Först då kan verktygen anpassas till att fungera i sammanhanget och arbetet för ett mer effektivt och standardiserat materialflöde kan inledas.

I sann Lean-anda blir ett förbättringsarbete aldrig fullbordat. Detsamma gäller även för detta arbete. Oaktat blir det till slut oundvikligt att överlåta facklan till fortsatta studier.

## Källförteckning

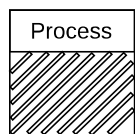
- Almanei, M., Salonitis, K. & Xu, Y. (2017). Lean implementation frameworks: The challenges for smes. *Procedia CIRP*, 63, 750–755. doi: 10.1016/j.procir.2017.03.170
- Arbetsmiljöverket. (2016). *Konsekvenser av lean produktion på arbetsmiljö och hälsa: Kunskapssammanställning 2016:5* (forskningsrapport nr. 2016:5). Arbetsmiljöverket. Hämtad från <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/kunskapssammanstallningar/konsekvenser-av-lean-produktion-pa-arbetsmiljo-och-halsa-20165-kunskapssammanstallning/>
- Berglund, R. (2010). *Engagemang efterfrågas: Hur tre tillverkande företag söker medverkan från sina medarbetare när de inför lean* (Doctoral thesis, Göteborgs universitet, Göteborg). Hämtad från <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/22288>
- Bryman, A. (2016). *Social research methods* (5:e utgåvan). Oxford: Oxford University Press.
- Chalmers Bibliotek. (2024). *Source evaluation*. Hämtad från <https://guides.lib.chalmers.se/sokaochutvarderainformation/EN/sourceevaluation> (Hämtad 11 februari 2025)
- Christoffersen, L. & Johannessen, A. (2015). *Forskningsmetoder för lärarstudenter* (1:a utgåvan). Lund: Studentlitteratur AB.
- Clark, J. M. & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3(3), 149 – 210. doi: 10.1007/BF01320076
- Diamond, J. M. (1997). *Guns, germs, and steel: The fates of human societies*. New York: W.W. Norton Company.
- Dubois, A. & Gadde, L.-E. (2002). Systematic combining: An abductive approach to case research. *Journal of Business Research*, 55(7), 553-560. doi: 10.1016/S0148-2963(00)00195-8
- Erdiansyah, M. Y. & SZS, J. A. (2024). Redesign of production floor layout using systematic layout planning (slp) method. *International Journal of Economics Development Research*, 5(2), 1567–1580.
- Fin, J. C., Vidor, G., Cecconello, I. & de Campos Machado, V. (2017). Improvement based on standardized work: an implementation case study. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 14(3), 388–395.

- Forskningsrådsnämnden. (1986). *Etik i forskningsprocessen*. Stockholm: Tryckindustri AB.
- Hilal, M. H., Farag, G. E., Alothni, A. & Abdella, G. (2025). Value stream mapping as a sustainable lean production tool to improve the production process organization. I F. Al-Naemi (red.), *Innovation and technological advances for sustainability*. CRC Press.
- Isaksen, S. G. & Gaulin, J. P. (2005). A reexamination of brainstorming research: Implications for research and practice. *Gifted Child Quarterly*, 49(4), 315-329. doi: 10.1177/001698620504900405
- Kallio, H., Pietilä, A.-M., Johnson, M. & Kangasniemi, M. (2016). Systematic methodological review: Developing a framework for a qualitative semi-structured interview guide. *Journal of Advanced Nursing*, 72(12), 2954–2965. doi: 10.1111/jan.13031
- Karam, A.-A., Liviu, M., Cristina, V. & Radu, H. (2018). The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. a smed project. *Procedia Manufacturing*, 22, 886–892.
- Kleindorfer, P. R., Singhal, K. & Van Wassenhove, L. N. (2005, winter). Sustainable operations management. *Production and Operations Management*, 14(4), 482-492.
- Lennerfors, T. T. (2021). *Etik för ingenjörer*. Lund: Studentlitteratur.
- Liker, J. K. (2021). *The toyota way* (2:a utgåvan). New York: McGraw-Hill Education.
- Lin, Q.-L., Liu, H.-C., Wang, D.-J. & Liu, L. (2015). Integrating systematic layout planning with fuzzy constraint theory to design and optimize the facility layout for operating theatre in hospitals. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 26(1), 87–95. doi: 10.1007/s10845-013-0764-8
- Little, J. D. C. (1961). A proof for the queuing formula:  $l = \lambda w$ . *Operations Research*, 9(3), 383–387.
- Liu, H., Liu, X., Lin, L., Islam, S. M. N. & Xu, Y. (2020). A study of the layout planning of plant facility based on the timed petri net and systematic layout planning. *PLOS ONE*, 15(9), e0239685. doi: 10.1371/journal.pone.0239685
- Mileham, A., Culley, S., Owen, G. & McIntosh, R. (1999). Rapid changeover ± a prerequisite for responsive manufacture. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(8), 785-796.

- Muther, R. (1955). *Practical plant layout*. New York: McGraw-Hill.
- Muther, R. & Hales, L. (2015). *Systematic layout planning*. Marietta: Management Industrial Research Publications.
- Muther, R. & Wheeler, J. D. (1962). *Förenklad systematisk lokalplanläggning: Simplified systematic layout planning*. Stockholm: Sveriges Rationaliseringsförening. (Svensk översättning och bearbetning av Knut Hagands och Göran D. Svensson)
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. New York: Productivity Press. (Ursprungligen publicerad på Japanska 1978)
- PAC2. (u. å.). *Kvalitet & miljö*. Hämtad från <https://pac2.se/kvalitet-miljo/> (Hämtad 23 april 2025)
- Patel, R. & Davidson, B. (2019). *Forskningsmetodikens grunder: att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Lund: Studentlitteratur.
- Perez, C., de Castro, R., Simons, D. & Gimenez, G. (2010). Development of lean supply chains: a case study of the catalan pork sector. *Supply Chain Management: An International Journal*, 15(1), 55–68.
- Reitsma, E., Manfredsson, P., Hilletoft, P. & Andersson, R. (2020). The outcomes of providing lean training to strategic suppliers: a swedish case study. *The TQM Journal*, 33(5), 1049–1065.
- Rother, M. & Shook, J. (1999). *Learning to see*. Cambridge: Lean Enterprise Institute, Inc.
- Salins, S. S., Zaidi, S. A. R., Deepak, D. & Sachidananda, H. K. (2024). Design of an improved layout for a steel processing facility using slp and lean manufacturing techniques. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 18, 3827–3848. doi: 10.1007/s12008-024-01828-9
- Saunders, M. N. K., Lewis, P. & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students* (5:e utgåvan). Harlow: Pearson Education.
- Scherrer-Rathje, M., Boyle, T. A. & Deflorin, P. (2010). Lean, take two! reflections from the second attempt at lean implementation. *Business Horizons*, 52(3), 265–273. doi: 10.1016/j.bushor.2009.11.003
- Serrano, I., Ochoa, C. & Castro, R. D. (2008). Evaluation of value stream mapping in manufacturing system redesign. *International Journal of Production Research*, 46(16), 4409–4430. doi: 10.1080/00207540601182302

- Shah, R. & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805. doi: 10.1016/j.jom.2007.01.019
- Shou, W., Liu, Z., Jiang, P. & Si, G. (2019). Value adding and non-value adding activities in turnaround maintenance process: Classification, validation and benefits. *Production Planning Control*, 31(1), 60-77. doi: 10.1080/09537287.2019.1629038
- Slack, N., Brandon-Jones, A. & Burgess, N. (2022). *Operations management* (10:e utgåvan). Harlow: Pearson Education Limited.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333-339. doi: 10.1016/j.jbusres.2019.07.039
- Sutherland, W. J. (2005). The best solution. *Nature*, 435(7042), 569. doi: 10.1038/435569a
- Tak, C. S. & Yadav, L. (2012). Improvement in layout design using slp of a small size manufacturing unit: A case study. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 2(10), 1–7.
- Taylor, F. W. (1911). *The principles of scientific management*. New York: Project Gutenberg.
- Thakre, D. D. & Dabade, U. A. (2017). Case study on improvement in plant layout design. *Journal of Advances in Science and Technology*, 13(01 (Special Issue)), 227–233.
- Tompkins, J., White, J., Bozer, Y. & Tanchoco, J. (2010). *Facilities planning*. Hoboken: Wiley.
- UC AB. (2024). *Nyckeltal för pac2 ab*. <https://www.allabolag.se/nyckeltal/pac2-ab/kungsbacka/metaller-legeringar/2K295X8I5YGAN>.
- Womack, J. P. & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation* (2:a utgåvan). London: Free Press.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6:e utgåvan). Thousand Oaks: SAGE Publications.

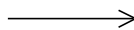
## Bilaga 1: Symboler värdeflödesanalys



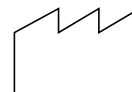
Delad resurs



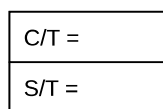
Båtfrakt



Informationsflöde



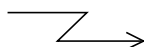
Kund/leverantör



Databox



Truck

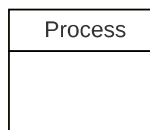


Elektroniskt informationsflöde



Förbättringsförslag

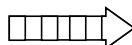
Leanstjärna



Aktivitetsbox



Lastbils-transport



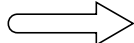
Tryckande



Gå och se inventering



Operatör



Fraktpil



Dragande

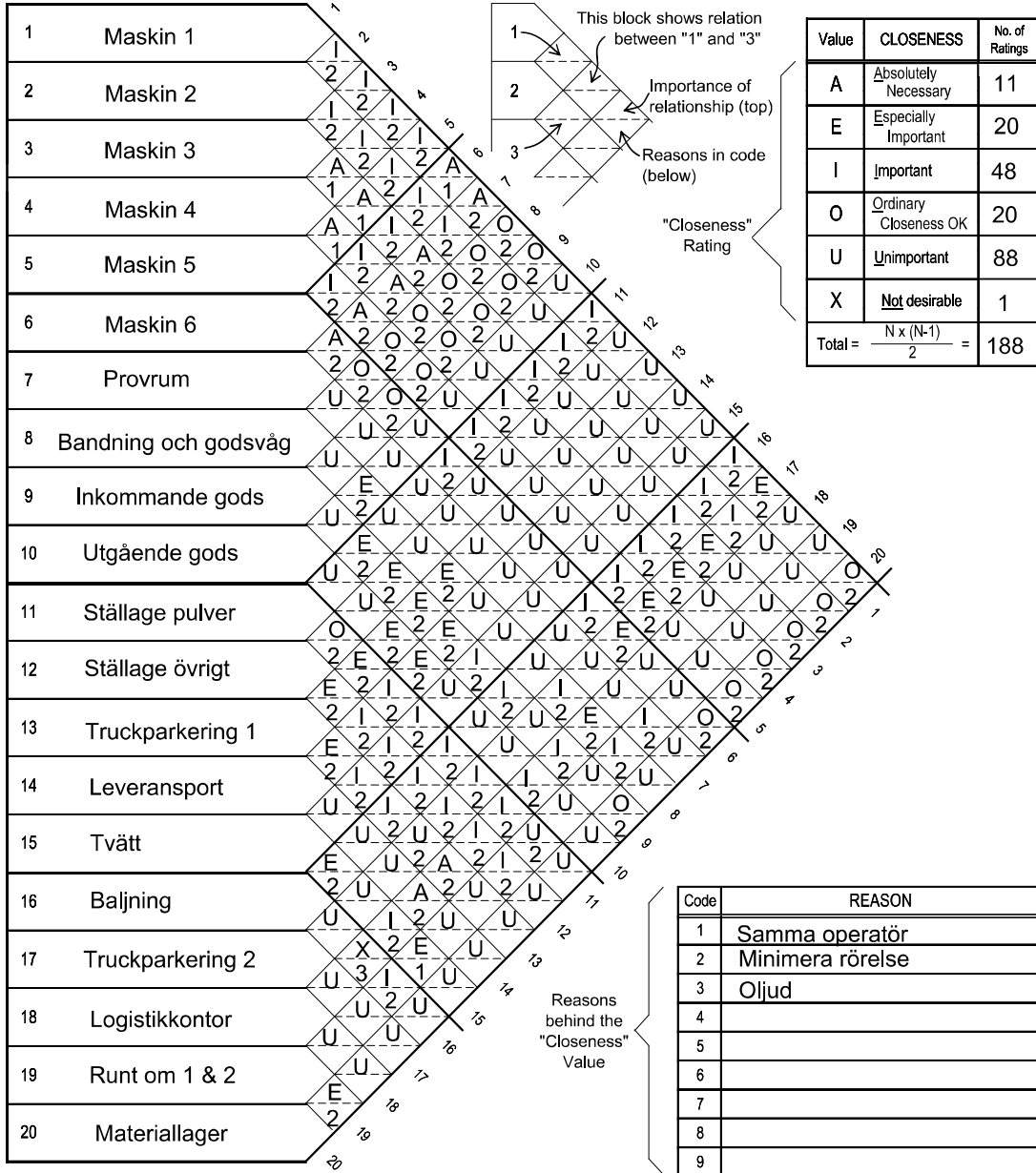


Lager

# Bilaga 2: Sambandsschema

## RELATIONSHIP CHART

Plant (Company) PAC 2 AB Project SSLP PAC2 AB  
 Charted by Backhaus, J & Nauwerck, E With \_\_\_\_\_  
 Date 2025-03-27 Sheet \_\_\_\_\_ of \_\_\_\_\_  
 Reference \_\_\_\_\_



## Bilaga 3: SSLP guide

Detta är ett utdrag ur en SSLP guide där steg fem är modifierad av Silvan Marti, doktorand inom produktionssystem vid Chalmers tekniska högskola. Enligt Marti är modifieringen inspirerad av Muther & Hales (2015). Senaste versionen är daterad 11 november, 2024.

### 2.5 Step 5: Evaluate the Alternative Plans

The alternative plans are evaluated by calculating a total  $\mathcal{T}$ , an adjusted metric based on distances and closeness values for each connection type. Connection distances are measured manually with a ruler, center to center, on the layout for each function node. Clearly mark the centers of each node and record the measured values in a table, as shown in Tables 1 and 2.

Table 1: Distance Calculations and Worth for Layout from Figure 8a with Limit Distance Adjustments

Con.	A	E	I	O	X	$d_{min}$	$\bar{X}$
1-4	2.75	-	-	-	-	-	-
3-5	2.12	-	-	-	-	-	-
5-6	2.0	-	-	-	-	-	-
3-6	-	1.58	-	-	-	-	-
1-3	-	1.8	-	-	-	-	-
5-2	-	1.95	-	-	-	-	-
2-8	-	2.0	-	-	-	-	-
8-4	-	1.12	-	-	-	-	-
1-7	-	-	1.6	-	-	-	-
6-9	-	-	3.78	-	-	-	-
7-3	-	-	-	2.02	-	-	-
9-8	-	-	-	2.5	-	-	-
4-6	-	-	-	-	5.37	5	0.37
2-9	-	-	-	-	2.06	10	-7.94
$\sum d_j$	6.87	8.45	5.38	4.52	7.43	-	-7.57
$f_k$	100	50	20	5	-	-	-50
$f_k \sum d_j$	687	422.5	107.6	22.6	-	-	378.5
$\mathcal{T}$	1618.2						

For each connection type (A, E, I, X), the sum of distances  $\sum d_j$  is calculated by adding up the distances for each type. Each connection type has a closeness factor  $f_j$ , with values:

- A:  $f_a = 100$
- E:  $f_e = 50$
- I:  $f_i = 20$
- O:  $f_o = 5$
- X:  $f_x = -50$

#### 2.5.1 Adjusted Distance for X Connections

For 'X' connections, an adjusted distance is calculated as:

$$\bar{X} = X - d_{min}$$

Table 2: Distance Calculations and Worth for Layout with Limit Distance Adjustments

Con.	A	E	I	O	X	$d_{min}$	$\tilde{\mathbf{X}}$
1-4	1.7	-	-	-	-	-	-
3-5	1.92	-	-	-	-	-	-
5-6	1.8	-	-	-	-	-	-
3-6	-	1.62	-	-	-	-	-
1-3	-	2.02	-	-	-	-	-
5-2	-	2.34	-	-	-	-	-
2-8	-	1.75	-	-	-	-	-
8-4	-	1.91	-	-	-	-	-
1-7	-	-	1.77	-	-	-	-
6-9	-	-	5.05	-	-	-	-
7-3	-	-	-	1.6	-	-	-
9-8	-	-	-	1.82	-	-	-
4-6	-	-	-	-	4.72	5	-0.28
2-9	-	-	-	-	2.61	10	-7.39
$\sum d_j$	5.42	9.64	6.82	3.42	7.33	-	-7.67
$f_k$	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	-	-	<b>-50</b>
$f_k \sum d_j$	<b>542</b>	<b>482</b>	<b>136.4</b>	<b>17.1</b>	-	-	<b>383.5</b>
$\mathcal{T}$	<b>1561</b>						

where  $\mathbf{X}$  is the measured distance, and  $d_{min}$  is a predefined minimum distance. Please choose an appropriate value  $d_{min}$  for each.

### 2.5.2 Total Score

The total worth for each connection type is calculated as  $f \cdot \sum d_j$ , using the closeness factors. The overall score  $\mathcal{T}$  is computed by summing the weighted values of each connection type:

$$\mathcal{T} = f_a \cdot \sum d_a + f_e \cdot \sum d_e + f_i \cdot \sum d_i + f_o \cdot \sum d_o + f_{\tilde{\mathbf{X}}} \cdot \sum \tilde{\mathbf{X}}$$

### 2.5.3 Comparison of Layout Plans

To compare the totals of different layouts, we examine their  $\mathcal{T}$  values. If the best (lowest)  $\mathcal{T}$  values for multiple layouts are close together, we calculate their relative difference as follows:

$$\delta_{rel} = \frac{|\mathcal{T}_1 - \mathcal{T}_2|}{\frac{\mathcal{T}_1 + \mathcal{T}_2}{2}}$$

If this relative difference is less than 0.1, we must choose the layout argumentatively by considering additional factors. Otherwise, we select the layout with the lowest  $\mathcal{T}$  value and proceed to the final step.

Th the example, the layout in Table 2 with a score of 1561 is compared to the layout in Table 1 with a score of 1618.2. To assess if these scores are sufficiently different, we calculate the relative difference:

$$\delta_{rel}^{ex.} = \frac{|1561 - 1618.2|}{\frac{1561+1618.2}{2}} \approx 0.036.$$

Since this relative difference is below the threshold of 0.1, the layouts are considered too close in performance to select purely on score. Therefore, the preferred layout should be chosen argumentatively by considering additional reasons or factors before proceeding to the final design step.

## **Bilaga 4: Underlag för intervjuer**

### **Intervjufrågor till VD på PAC2 5 februari 2025**

*Får vi spela in samtalet och ta bilder?*

*Pseudonym för PAC2? Vill ni nämnas?*

*Finns det någon särskild sekretess som vi måste förhålla oss till?*

*Kommer vi kunna göra mindre intervjuer med era anställda?*

*Har ni några årsrapporter som vi kan titta på?*

*Har ni övervägt att göra en analys av materialflöden och titta på det? Hur stort behov bedömer PAC2 att dem har av en analys?*

*Finns det nyckeltal som ni mäter för att få historisk kontext?*

*Vilka typer av fästelement och ytbehandlingar hanterar ni mest?*

*Vilka är era största kunder, och hur påverkar deras krav ert materialflöde?*

*Om ni kan producera mer finns det en marknad för det?*

*Har ni funderat på att expandera till andra marknader än Norden?*

*Har ni försökt tillämpa Lean tidigare?*

*Producerar ni bara mot kundorder?*

*Finns det stora variationer i produktionen?*

*Vad är er uppfattning om hur ofta maskiner går sönder?*

*Vill ni expandera produktionen? Vill ni expandera till nya lokaler eller optimera befintligt utrymme?*

*Hur ser flödet ut från att material kommer in till att det lämnar företaget?*

*Vilka är de största utmaningarna i ert materialflöde idag?*

*Vilken typ av system används för att hålla ordning på material och lager?*

*Vad använder ni för verktyg/program för att följa materialflödet?*

*Har ni KPI:er eller statistik?*

*Vad har ni för interna nyckeltal/mål?*

*Har ni maskinstatistik sparad någonstans?*

*Har ni tidigare genomfört förändringar för att effektivisera materialflödet? Vad blev resultatet?*

*Finns det områden där ni misstänker att det går att minska spill, onödiga förflyttningar eller väntetider?*

*Hur ser samarbetet ut mellan olika avdelningar, t.ex. produktion och lagerhantering, för att säkerställa ett smidigt materialflöde?*

*Vilka resurser finns tillgängliga för att genomföra förbättringar?*

*Finns det externa faktorer som påverkar er logistik och materialhantering?*

*Om ni fick önska en förbättring i materialflödet, vad skulle det vara?*

*Finns det något specifikt ni vill att vi tittar extra noga på i vår analys?*

*Hur skulle ni vilja att resultaten från vårt arbete presenteras för att vara mest användbara för er?*

*Hur mycket jobbar operatörerna?*

*Har ni haft några försenade ordrar? Varför?*

*Hur funkar inlärningsprocessen?*

### **Intervjufrågor till operatör på PAC2 20 februari 2025**

*Kan du berätta lite om vad du gör under en vanlig arbetsdag?*

*Finns det något system, schema, eller någon som instruerar?*

*Finns det moment i arbetet som du tycker är onödigt krångliga eller tar för lång tid?*

*Finns det något i dina arbetsuppgifter som du tycker skulle kunna göras mer effektivt eller smidigt, kanske med hjälp av teknik?*

*Har du varit med om att något i produktionen gått fel? Hur hanterar man det då?*

*Om du skulle kunna förändra en sak i hur ni jobbar idag, vad skulle det vara?*

### **Intervjufrågor till produktionsplanering & logistikansvarig på PAC2 20 februari 2025**

*Kan du beskriva din roll här på arbetsplatsen och vad du har ansvar för?*

*Hur fungerar samarbetet mellan dig och transportörerna?*

*Hur får du reda på vad som ska köras ut varje dag?*

*Vilka verktyg eller system använder ni för planering och kommunikation?*

*Hur fungerar leveransplaneringen? Vad händer från att en beställning kommer in tills att den levereras?*

*Hur ser informationsflödet ut mellan er och kunderna?*

*Hur fungerar det rent praktiskt när en leverans inte blir som planerat?*

*Vad fungerar bra idag i er logistik, och vad skulle kunna förbättras?*

*Vad tycker du är viktigast för att logistiken ska fungera smidigt hos er?*

### **Intervjufrågor till produktionsplanering & logistikansvarig på PAC2 6 mars 2025**

*Hur fungerar processen när ni får ett inköp skickat i förväg? Hur ofta stämmer det överens med vad som faktiskt levereras?*

*Hur påverkas ditt arbete av att vissa inköpsordrar aldrig anländer?*

*Skulle det vara möjligt eller önskvärt att ställa högre krav på kunderna gällande inköpsinformationen och skulle det kunna ha en positiv effekt?*

*Hur hanterar du inkommande gods när det anländer?*

*Kan du förklara processen vid utleverans, inklusive vägning, bandning, bokning och fakturering?*

*Hur påverkar det ert arbete när ni måste flytta på pallar för att komma åt sådant som står längst in?*

*Hur löser ni placering av stora batcher när utrymme saknas i pallställen?*

*Hur ser du på lokalen, finns det förbättringsområden?*

*Skulle det vara möjligt att flytta baljning och/eller tvättning till ett annat utrymme?*

*Tycker ni att det är för trångt i det nya området för att ha både baljning och tvätt där?*

### **Intervjufrågor till operatör på PAC2 2 april 2025**

*Hur länge har du jobbat hos PAC2?*

*Hur tyckte du det var när du började här? Var det mycket? Hur var inlärningsprocessen?*

*Finns det någon typ av dokumentation som hjälper er när ni är nya?*

*Hur är ställningsförfarandet?*

*Finns det förbättringspotential för upplärningsprocessen?*

*Hade det hjälpt med en visualisering eller tydligare instruktioner?*

**Intervjufrågor till produktionsingenjör samt kvalite & miljöansvarig på PAC2 16 april 2025**

*Vad är din roll på PAC2?*

*Vad skulle du säga är de utmaningar som PAC2 står inför de kommande åren?*

*Vad skulle du säga är lösningarna?*

*Har ni tidigare genomfört förändringar för att effektivisera materialflödet?*

*När det kommer till produktion, i synnerhet inställning av maskinerna, vad har du för roll?*

*Förklara processen från ny inkommen produkt/offert till att den körs i maskinen?*

*Finns det någon standardiserad metod för hur man genomför sitt arbete?*

*Vad ser du för möjligheter när det kommer till reducering av ställtider, ny layout, mer visuella instruktioner, rotation av roller, mer leverantörskontakt, 5S, etc?*

*Har ni tittat på att köpa in maskiner med bättre funktionalitet? Är det tekniskt möjligt?*

*Hur skulle du beskriva arbetsmiljön och arbetsbelastningen?*

*Har företaget någon särskild strategi för framtiden?*

*Om ni fick önska en förbättring, vad skulle det vara?*

## Bilaga 5: Utdrag ur produktionsdata

Kundnamn	Benämning	Prodgr	Rapp. antal
X	MC6S M6x20	DP1	5998
X	MC6S M6x55	DP1	3000
X	M6SF M8x35 3 Nm	DP6	230571
	...		
X	MCTF M5x16 svartoxid	DP1	100000
X	M6SF M10x90 rostfri,Helgängade	DP6	22936
X	M6SF M10x90 rostfri,Helgängade	DP6	2050

Tot. tid	Planerad levtid	Avslutdatum	Diff levtid
2.3	20240111	20240103	-6
2.15	20240111	20240103	-6
24	20240116	20240103	-9
	...		
7.5	20250312	20250305	-5
6	20250319	20250305	-10
1.5	20250321	20250305	-12

## Bilaga 6: Nuvarande och föreslagna layouter



*Bilaga 6A: Nuvarande layout.*



*Bilaga 6B: Layoutförslag 1*



**Bilaga 6C: Layoutförslag 2**



**Bilaga 6D: Layoutförslag 3**



**Bilaga 6E: Layoutförslag 4**

# Bilaga 7: Värderingsschema

## VÄRDERINGSSCHEMA

B o.c. tab.  
Radateg 1

Projekt SSLP PAC2 AB		Datum 2025-04-10		Nr			
		Faktorvågning Backhaus, J & Nauwerck, E					
Värdering Backhaus, J & Nauwerck, E		Beräkning Nauwerck, E					
Alternativ					Värderingsskala		
A Nuvarande layout					A = Absolut perfekt = 4		
B Förslag 1: Flytta maskiner, handpack i nytt område vid genomgång					E = Effektiv lösning = 3		
C Förslag 2: Inte flytta maskiner, handpack nära port, större ställ. pulver					I = Intressant lösning = 2		
D Förslag 3: Flytta maskiner, handpack nära port, större ställage pulver					O = Ordinär lösning = 1		
E Förslag 4: Byta plats på 1 och 5, handpack i nytt område vid genomgång					U = Utan betydelse = 0		
					X = Ej önskvärd = -		
Värderingsfaktor	Vikt	Värdering/poäng					Anm.
		A	B	C	D	E	
1 Kostnad för implementering av layout	7	A 28	I 14	E 21	O 7	E 21	
2 Underhåll	2	O 2	I 4	O 2	I 4	I 2	
3 Arbetsmiljö: säkerhet	8	O 8	I 16	E 24	E 24	I 16	
4 Arbetsmiljö: ljudmiljö	4	X -4	I 8	I 8	I 8	I 8	
5 Utnyttjande av utrymme	3	O 3	I 6	E 9	I 6	E 9	
6 Minimering av rörelse	10	X -10	E 30	O 10	I 20	E 30	
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
16							
<b>Summa</b>		27	78	73	69	86	
Anm.							

Sveriges Rationella Läringsförening VERETE SÄKLUFTESA000 104 5643215

RICHARD MUTHER & ASSOC. – EVALUATING ALTERNATIVES – RMAS 171



**CHALMERS**