



CHALMERS



Utformning av produktionssystem och försörjningskedjan för tillverkning av mätinstrument

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Josef Boulos
David Elia

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2026
www.chalmers.se

Utformning av produktionssystem och försörjningskedjan för tillverkning av mätinstrument

Josef Boulos

David Elia

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Göteborg, Sweden 2026

Utformning av produktionssystem och försörjningskedjan för tillverkning av mätinstrument

Josef Boulos

David Elia

© Josef. Boulos & David. Elia 2026.

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Chalmers University of Technology

SE-412 96 Göteborg

Sweden

Telephone + 46 (0)31-772 1000

Cover:

Skärmbild av simuleringsmiljö i Siemens Plantsim

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Göteborg, Sweden 2026

Utformning av produktionssystem och försörjningskedjan för tillverkning av mätinstrument
JOSEF BOULOS
DAVID ELIA
Institutionen för industri- och materialvetenskap
Chalmers University of Technology

SAMMANFATTNING

Detta examensarbete syftar att optimera produktionen hos RanLOS AB för att assistera dem från att gå ifrån enstyckstillverkning av prototyper till en serieproduktion. Syftet är att skapa ett kostnadseffektivt, kvalitetssäkrat samt skalbart produktionssystem som fokuserar på att minimera slöseri och säkerställa en god materiallogistik. Arbetet avgränsas till att bara fokusera på produktionsfasen samt logistikfasen, medan design och produktutveckling inte inkluderas.

De forskningsfrågor som besvaras i arbetet är hur flaskhalsar kan undvikas via optimering av materialflödet i produktionen samt vilket säkerhetslager som krävs för att minimera risken för ökad ledtid.

En litteratursökning gjordes för att hämta mer kunskaper kring lean-filosofi, value stream mapping, systematisk layoutplanering (SLP) samt inom säkerhetslager. Med hjälp av value stream mapping kunde den nuvarande produktionen kartläggas och identifiera förbättringsområden. SLP möjliggjorde planering av arbetsstationernas placering utifrån relationer och flödesanalys. Layouttypen diskuterades utifrån produkt volymen samt variationer i RanLOS produkter, där Job shop, projekt layout, linje produkt samt cell-layout jämfördes. Uppskattning av säkerhetslager kunde tas fram via beräkningar samt rimlighetsbedömningar tillsammans med RanLOS för att besvara forskningsfrågan. Observationer och intervjuer med montörer och produktionsledare gjordes i samband med alla steg av projektets utförande för att samla data ifrån befintlig produktion.

En simuleringsmodell i Siemens Plant Simulation, som återskapade hur det verkliga systemet med den nya layouten kommer att fungera, byggdes efter komplett kartläggning och data hade samlats in. Flera olika experiment genomfördes på den digitala modellen för att utvärdera de framtagna flödet.

Nyckelord: Value stream mapping, Lean, 5S, Job Shop, Line production, SLP, DES, Project layout, Cell layout, Safety stock, Lead time, Production layout.

Design of Production Systems and Supply Chain for Manufacturing of Measuring Instruments
JOSEF BOULOS
DAVID ELIA
Department of Industrial and Materials Science
Chalmers University of Technology

SUMMARY

This thesis aims to optimize the production at RanLOS AB and help them move from building one prototype at a time to producing in larger series. The goal is to create a cost effective, quality ensured and scalable production that focuses on reducing waste and ensuring a good material flow. The work is limited to the production side and logistics only, design and product development are not included in this project.

The research questions addressed are how bottlenecks can be avoided by optimizing the flow of materials in production, and what safety stock levels are needed to reduce risk of longer lead times.

A literature review was conducted to build knowledge in lean philosophy, value stream mapping, systematic layout planning (SLP) and safety stock. The value stream mapping was used to document the current production and identify areas for improvement. SLP helped plan where workstations should be placed, based on their relationship and material flow. The type of layout was discussed based on product volume and the variety of RanLOS products, comparing job shop, project line and cell layouts. A safety stock estimate was developed through calculations and reasonableness assessment done together with RanLOS. Observations and interviews with assembly workers and production managers were conducted throughout the project to collect data from the existing production.

A simulation model was made in Siemens Plant Simulation after all mapping and data collection was completed. It recreated how the real system would work in the new layout. Several experiments were run on the digital model to evaluate the optimized flow.

Keywords: Value stream mapping, Lean, 5S, Job Shop, Line production, SLP, DES, Project layout, Cell layout, Safety stock, Lead time, Production layout.

Förord

Examensarbetet som gjordes i samarbete med RanLOS har varit väldigt lärorik. Trots att RanLOS befinner sig i tidigt stadiet av produktionen, lärde vi oss att anpassa oss efter förutsättningarna. Under arbetet har vi framför allt lärt oss att minsta störningar i produktionen leder till en förlängd ledtid. En lärdom vi tar med oss från arbetet är att om en optimering ska ske i produktionen krävs det inte bara en ny layout, utan man behöver förstå hela flödet från materialanskaffning till utleverans.

Vi vill tacka RanLOS som gav oss möjligheten att utföra vårt examensarbete hos er samt även tacka till alla som har bidragit till med intervjuer samt estimering av tid under arbetet. Vi vill också tacka Pär Westerlund som har varit handledare till oss från RanLOS och bidragit med stor hjälp under arbetet. Vi vill även rikta ett stort tack till vår handledare från Chalmers, Henrik Söderlund. Din hjälp har varit mycket värdefull och hjälpt oss med att strukturera upp arbetet samt har dina råd och återkopplingar gjort att arbetet har gått framåt. Slutligen tackar vi även Björn Johansson som har varit vår examinator.

Innehåll

1	Introduktion	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Mål	2
1.3	Avgränsningar	2
1.4	Problemställningar	2
1.5	Rapportöversikt	3
2.	Teori.....	4
2.1	Value Stream Mapping (VSM)	4
2.2	customer order decoupling point.....	6
2.3	Layoutplanering	6
2.3.1	Systematisk layoutplanering	7
2.3.2	Relationsmatris	8
2.3.3	Ytberäkning / space requirements	10
2.3.4	Relationsdiagram.....	11
2.3.5	Blocklayout.....	12
2.3.6	Utvärdering av layoutalternativ	13
2.3.7	Detaljlayout.....	14
2.4	Layouttyper	16
2.4.1	Job shop	16
2.4.2	Linjeproduktion	17
2.4.3	Projektlayout.....	18
2.4.4	Cell-layout.....	19
2.5	Prestationsmått.....	21
2.6	Verkliga exempel.....	22
2.7	Lean som förbättringssystem	23
2.7.1	5S	23
2.8	Säkerhetslager som buffert mot osäkerheter i materialflödet	25
2.9	The use case: RanLOS	26
3.	Metod	29
3.1.	Observationer	29

3.2 Intervjuer.....	29
3.3 Value Stream Mapping.....	30
3.4 Relationship chart.....	31
3.5 Layout.....	34
3.6 DES Simulation.....	34
4. Resultat.....	35
4.1 Value stream map.....	35
4.2 Optimerad layout.....	36
4.3 Simulering.....	37
4.3.1 Representation av produktionssystemet i simuleringen.....	38
4.4 Safety stock för Ranlos.....	39
5. Diskussion.....	41
5.1 Analys av Value stream map.....	41
5.2 Analys av Simulation.....	42
5.3 Layout.....	43
6. Slutsats.....	45
Referenslista.....	47
Bilagor.....	49

1 Introduktion

Det första kapitlet beskriver grunden för arbetet. Kapitlet börjar med en bakgrund som beskriver om både uppdragsgivarna samt varför arbetet har utförts. Vidare redogörs arbetets syfte samt avgränsningar som har gjorts med företaget. Kapitlet avslutas med tre frågor, varav en är huvudfråga och de andra två är underfrågor.

1.1 Bakgrund

RanLOS AB är ett tekniskt företag som har utvecklat ett system för testning samt analys av antenner för trådlös kommunikation. RanLOS produkter används i bland annat i fordonsindustrin, men på sikt även inom försvarsindustrin.

RanLOS AB befinner sig i en industrialiseringsfas av en nyutvecklad antennprodukt. Produkten har genomgått prototypstadiet samt verifierat tekniskt, vilket innebär att produktens funktioner och prestanda har validerats. För att produkten ska kunna möta framtida marknadskrav krävs det att produkten går från utvecklingsfasen och mot en mer strukturerad produktionsprocess.

På grund av övergången från enstyckstillverkning till serieproduktion krävs det bland annat ökat krav på planering, processutformning samt resurseffektivitet genom hela värdekedjan. För att kunna uppnå en hållbar och konkurrenskraftig produktion, krävs det att man ser över kostnadseffektiviteten, produktkvalitet samt leveranssäkerhet. Följande kommer kräva ett helhetsperspektiv på produktionsflödet och innebär att produktionens värdeflöden och behov för serieproduktion kommer analyseras. En ny produktions layout kommer även att föreslås, som kan hantera det nya behovet och krav på serieproduktion.

När flödet från råmaterial till färdig produkt ses över innebär det bland annat undersökning hur komponenter hanteras, hur material försörjs samt hur produkter transporteras mellan olika steg i tillverkningen. En viktig aspekt inom detta område är att säkerställa att rätt material finns tillgängligt vid rätt tidpunkt, att arbetet sker i ordning och att produktionen sker kontinuerligt.

Vidare när analys och optimering sker, kommer produktionen att granskas för att öka effektivitet utan att kvalitén försämras. Här kommer lean filosofi att implementeras, som bland annat jobbar med att reducera slöseri, standardisera processer, förkorta ledtider samt skapa bättre förutsättningar för uppföljning.

1.2 Mål

Målet med följande arbete är att analysera, utforma samt föreslå en effektiv och skalbar produktionslayout för RanLOS nya antennserie. Arbetet kommer att fokusera på att ta fram ett strukturerat beslutsunderlag för hur produktionen bör se ut och organiseras utifrån de krav som ställs. Detta görs för att minimera slöseri, säkerställa hög produktkvalitet och uppnå god leveranssäkerhet.

Arbetet kommer använda sig av relevanta produktionstekniska principer och metoder. Målet är att kunna integrera Lean, layoutplanering samt Supply chain management.

1.3 Avgränsningar

Arbetet är avgränsat till att endast behandla produktionsfasen samt den logistik som är kopplad till antennserien. Aspekter som rör konstruktion, produktutveckling samt marknadsföring omfattas inte i arbetet.

Arbetet avgränsas även till att utgå från de tider som har angivits av nyckelpersoner i processen. Eftersom projektet omfattar 15 högskolepoäng som motsvarar ungefär fem månader i halvfart, genomförs arbetet inom en begränsa tidsram. Arbetet fokuserar på mätetal som används för att mäta effektiviteten i produktionen, såsom cykeltid och throughput. Andra mått som produktionskostnader kommer inte att undersökas.

1.4 Problemställningar

Arbetet fokuserar därmed endast på produktionsfasen samt logistik och därmed mot denna bakgrund formuleras arbetets huvudfråga till:

- Hur bör produktionssystemet utformas för att säkerställa ett kostnadseffektivt och kvalitetssäkrat flöde från materialanskaffning till leverans?

För att besvara huvudfrågan har arbetet delats upp i följande underfrågor:

- Hur kan materialflödet i lokalen optimeras för att undvika flaskhalsar?
- Vilken för safetystock krävs för att minimera risken för ökad ledtid?

1.5 Rapportöversikt

Rapporten är uppdelad i flera sektioner som täcker de viktigaste delarna som har haft en central roll i projektets genomförande. Den inleds med en teoretisk bakgrund som ger läsaren den förståelse som krävs för att förstå projektet samt dess resultat. Därefter beskrivs metodavsnittet hur projektmedlemmarna har arbetat, följd av en presentation av resultaten. Rapporten avslutas med en diskussionsdel, där avsnittet “Slutsatser samt rekommendationer” kommer att reflekteras.

2. Teori

Detta kapitel kommer beskriva och förklarar de olika teknikerna, filosoferna samt verktygen som används under arbetes gång.

2.1 Value Stream Mapping (VSM)

Value stream mapping är en metod för att kartlägga flödet av material samt information genom hela produktionssystemet. Målet med metoden är att identifiera slöseri, som även kallas för waste inom lean. Man eliminerar slöseri för att skapa ett mer effektivt produktionsflöde. VSM brukar inkludera en "Nuvarande tillstånd karta" som även kallas för current state map. Man kartlägger nuvarande flöde samt information. Andra delen som oftast också inkluderas i VSM är en "framtida tillstånd karta", som är till för att skapa en vision för hur den framtida flödet kan se ut. För att kunna skapa ett bättre produktionsflöde, krävs det att man förstår lean och kunna identifiera slöseri (Martin & Osterling, 2014).

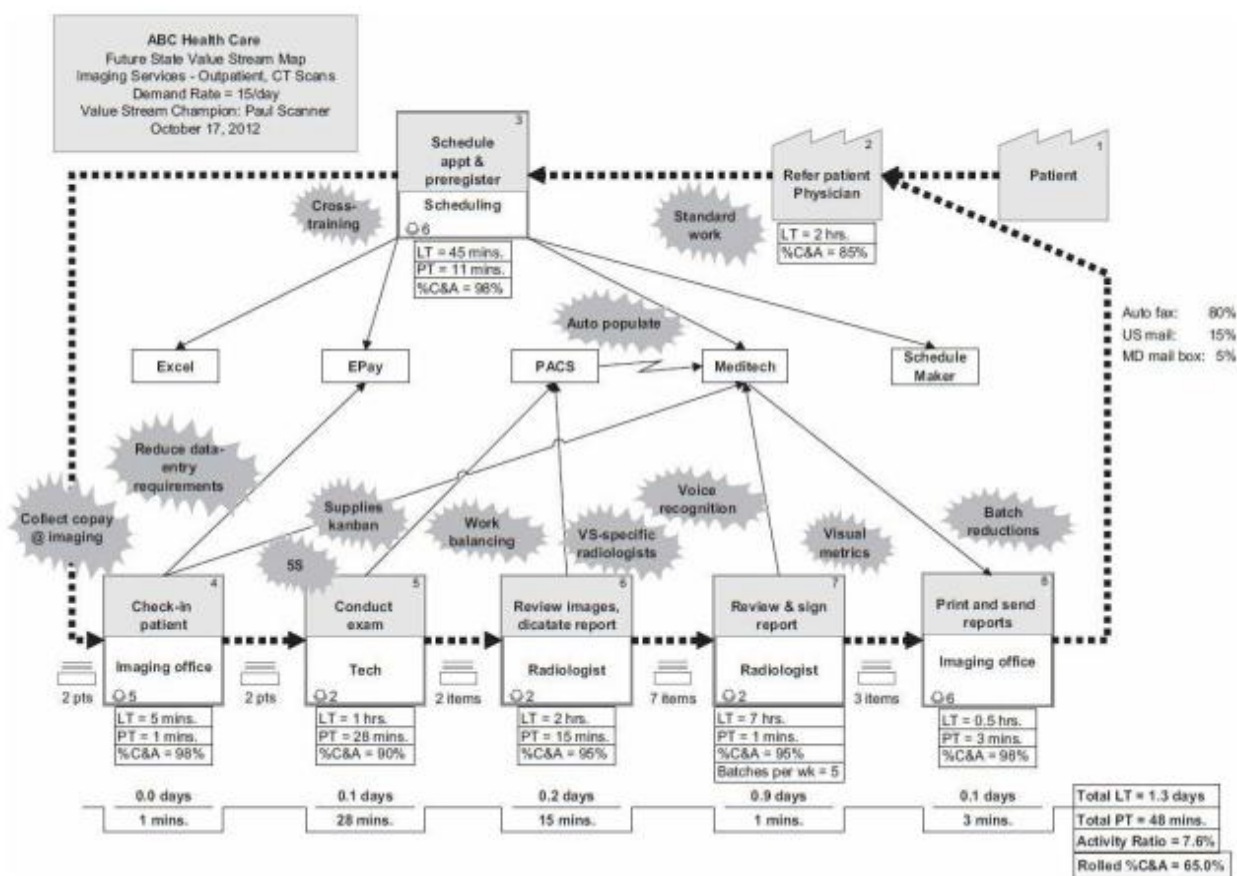
RanLOS befinner sig i ett tidigt skede av sin produktionsverksamhet och därmed kan Value Stream mapping utgöra ett värdefullt värde för produktionen. Genom denna helhetsbild kan RanLOS identifiera ineffektiva moment i deras produktion och optimera produktionen. Enligt Martin och Osterling (2014) bidrar VSM till en ökad förståelse hur produktionen ser ut och därmed kan skapa bättre förutsättningar för att kunna utforma en mer effektiv process.

Man strävar efter att den centrala utgångspunkten är att produktionen ska synkroniseras med kundefterfrågan, detta kopplas ihop till begreppet taktid som är definierat som följande:

$$Taktid = \frac{Tillgänglig\ produktions\ tid}{Kundens\ efterfrågan}$$

Taktid används som ett hjälpmedel inom Value stream mapping och används för att visa vilken takt produktionen behöver arbeta för att kunna bemöta kundens efterfrågan. Om taktiden skulle vara tio minuter exempelvis, skulle det innebära att var 10onde minut behöver en produkt färdigställas.

Takt tid hjälper även för att jämföra kundens efterfrågan med produktionens faktiskt kapacitet. Genom att analysera och jämföra takt tiden med cykeltiderna i processen, möjliggör det att identifiera vissa steg som arbetat för långsamt eller om processen skapar flaskhalsar.



Figur 1. Future state value stream map for outpatient imaging, tagen från Martin och Osterling (2014).

Följande figur visar ett exempel på hur en value stream map kan se ut. Figuren visualiserar hela arbetsflödet i en process, från kundförfrågan till färdig leverans. Följande karta visar både arbetsflödet och informationsflödet mellan olika aktiviteter i processen. Genom att skapa liknande kartor, finns möjligheten att identifiera ineffektiva processer samt flaskhalsar som inte skapar värde för kunden.

Nedre delen av kartan visar de olika processtegen, exempelvis första steget som är "registrering av patient". Varje steg har sitt prestandamått, såsom ledtid (LT) och processtid (PT). Följande mått möjliggör att organisationer kan analysera hur lång tid varje aktivitet tar och var förbättringar kan göras.

Längst ner finner man en sammanfattande tidslinje som tydliggör den totala ledtiden för hela processen. Med denna information kan analys ske och identifiera förbättringspotential. Av följande anledningar används Value stream mapping som ett verktyg för att skapa en helhetsbild av systemet och därmed kunna skapa bättre system

2.2 Customer order decoupling point

Val av produktionsstrategi är en central aspekt inom produktionslogistik och påverkar hur produktionen organiserar samt hur leveransernas hanteras. Två förekommande strategier är Make-to-order och make-to-stock, dessa skiljer sig åt hur relationen till kundens efterfråga ser ut och hur produktionen planeras.

Make-to-order innebär att produktionen startar först efter en kundorder har mottagits. Oftast används denna strategi i job shop-processer, där både maskiner och resurser organiserar efter funktion. I ett sådant system är produktionsflödet mer komplext och varje produkt kan följa olika operation sekvenser. Detta gör att make-to-order blir lämpligt, eftersom produktionen lättare kan anpassas efter kundens specifika krav. Van Loon (2025) beskriver att med denna flexibilitet får man oftast längre ledtider och mer planeringsarbete jämfört med ett mer standardiserat produktionssystem.

Make-to-stock innebär att produktionen är redan igång och lagras i lager innan en kundorder har inkommit. Enligt van Loon (2025) används denna strategi där efterfrågan är stabil och där produkter tillverkas i stora volymer. Ett exempel är kontinuerliga processer där resurser är starkt sammankopplade och produktionen sker i konstant flöde. I ett kontinuerligt flöde produceras varor oftast i liter, ton eller meter och sker kontinuerligt för att kunna uppnå en hög resursutnyttjandegrad.

Valet mellan make-to-stock och make-to-order påverkar både produktionsflödet samt organisationens logistiska prestanda. Make-to-stock kan skapa kortare ledtider, då produkterna finns i lager. Men detta innebär samtidigt en risk för högre lagerkostnader. Make-to-order har inte samma behov av lagerhållning och skapar möjligheten för större kundanpassning, men som i sin tur kan leda till längre leveranstider. Valet av strategin är därför kopplat till produktens efterfrågan och graden av kundanpassning i produkten.

2.3 Layoutplanering

Layoutplanering avser att strategiskt arrangera maskiner, arbetsstationer, lager och arbetsytor i en produktionsanläggning för att minska slöseri och optimera verksamhetens effektivitet, säkerhet samt kostnader. En genomtänkt layout minskar onödiga transportsträckor, väntetider samt underlättar flödet av material, operatörer och information.

Genom att identifiera arbetstationers beroende av varandra kan man avgöra vilka enheter som bör placeras nära intill. Till exempel bör maskiner vars processer flödar in i varandra placeras nära för att minimera gångavstånden och därmed reducera onödiga transporter.

2.3.1 Systematisk layoutplanering

Samlingsbegreppet för de metoder som används för att optimera layouts kallas systematisk layoutplanering, även kallat SLP, och skapades samt utvecklades av Richard Muther och Lee Hales. Enligt Muther och Hales (2015) finns det flera olika metoder inom SLP, alla med sina egna typer av analyser. Här är de mest vanliga som används i dagens läge och som krävs om man vill åstadkomma i princip ett komplett SLP:

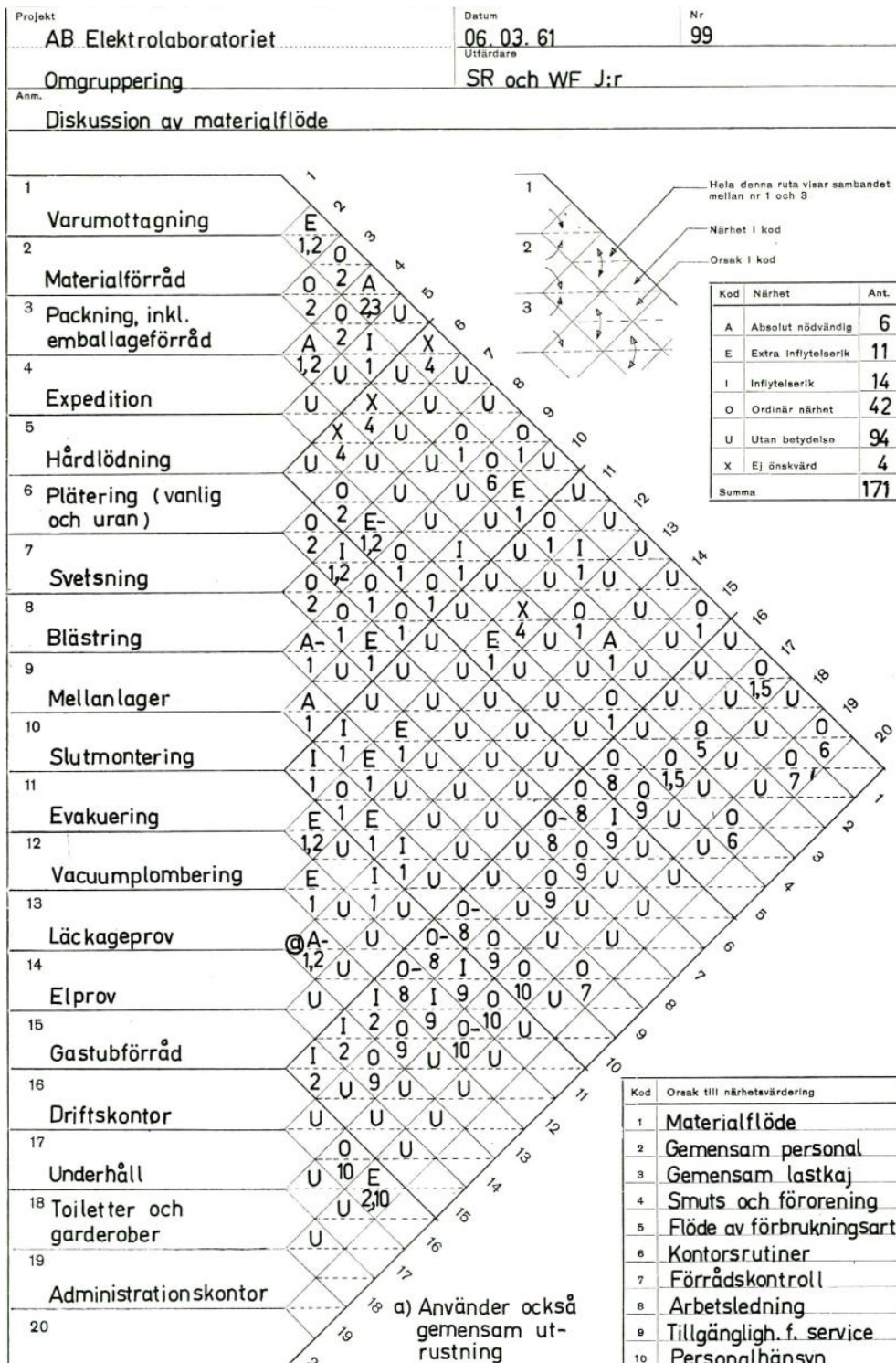
1. **Spaghettidiagram** – Layout med linjer mellan stationer som visar faktiska rörelser.
2. **Processchema** – Beskriver steg för steg hur en process går till.
3. **From-to-chart** – Upplyser flödesmängden mellan olika stationer.
4. **Flödesdiagram** – Visualiserar hur material rör sig mellan avdelningar.
5. **String diagram** – Mäter och illustrerar avstånd mellan transportpunkter.
6. **Relationship chart** – Visar hur starka relationerna är mellan arbetsstationer och motiverar till varför.
7. **Ytberäkning (space requirements)** – Tar fram utrymmet som krävs för varje arbetsstation.
8. **Relationsdiagram** – Sempel bild över stationer i enskilda cirklar/rutor med linjer mellan varandra som visualiserar relationer gjorda i relationship chart.
9. **Blocklayout** – Utifrån ytor och relationer görs en grov layout där avdelningar placeras som block.
10. **Alternativgenerering** – Tar fram flera potentiella layoutlösningar.
11. **Utvärdering av layoutalternativ** – De valda layoutalternativen jämförs utifrån till exempel kostnad och effektivitet.
12. **Detaljlayout** – Bestämmer exakt placering av utrustning och arbetsstationer.
13. **Implementering och uppföljning** – Implementerar den valda layouten och säkerställer att den fungerar i praktiken.
14. **PQRST-analys (Product, Quantity, Routing, Supporting, Time)** – Analyserar produkt, volym, flöde, stödprocesser och tid som grund för layout.
15. **Aktivitetsanalys** – Upplyser vilka aktiviteter som utförs i systemet.
16. **Närhetsanalys** – Går in mer i detalj vilka stationer som bör ligga nära varandra.
17. **Transportanalys** – Analyserar kostnader och transportbehov inom layouten.

Många projekt har dock inte tillräckligt med tid eller resurser för att åstadkomma en komplett SLP. Därför kan man göra en enklare version av metodiken kallad förenklad systematisk layoutplanering, även kallat SSLP. För att verkställa en SSLP används endast sex metoder från SLP: Relationship chart, Ytberäkning, Relationsdiagram och Blocklayout:

2.3.2 Relationsmatris

Relationsmatrisen är samma typ av information som REL-diagrammet, men i tabellform i stället för en visualisering. Alla arbetsmoment listas upp och deras relationer med varandra värderas över två korsade axlar som bildar en ruta för varje relation. Relationerna värderas på det sättet att en variabel som representerar styrkan fylls i varje ruta, till exempel A, E, I, O, U eller X där A är starkast. För varje värdering skrivs även in en anledning under, till exempel 1, 2, 3 o.s.v där 1 kan exempelvis vara säkerhet och 2 kan vara materialflöde.

Denna metod är ett lämpligt underlag för kommande metoder då den upplyser relationerna mellan stationerna samt anledningen till dessa.



Figur 2. Tillämpning av relationship chart på ett laboratorium, tagen från R. Muther och J. D. Wheeler (1962).

2.3.3 Ytberäkning / space requirements

Ytberäkning handlar om att ta fram hur mycket plats varje avdelning, maskin eller funktion faktiskt behöver. Exempel att ta hänsyn till är maskiner, material, utrymme för operatörer, gångar, truckar, säkerhetsavstånd, buffertar, toaletter m.m.

Denna metod är lämplig om man inte har en klar bild över hur mycket utrymme som faktiskt finns. Om tillgänglig yta överskattas leder det till risk för slöseri av avstånd samt värdefull utrymme eller till och med omöjlig implementering i praktiken. Underskattas ytan istället leder det till risk för en trång layout och till och med mindre säkerhet.

Funktion		Yta totalt 395...m ²	Fril takhöjd	Max. takbelastning	Max. golvbelastning	Minsta pelardelning	Vatten och avlopp	Ånga	Tryckluft	Fundament och grovar	Brand- och explosionsrisk	Speciell ventilation	Speciell el-försörjning	Relativa vikten av behoven: A = Absolut nödvändigt E = Extra inflytelserikt I = Inflytelserikt O = Ordinärt behov - = Ej erforderligt
Nr	Benämning	m ²	m	ton	ton/m ²	m	A, E, I, O eller -							Krav på ytans form
1	Tillbehörsförråd	55	4	1,5			-	-	-	-	-	-	-	
2	Ventilförråd	60	4	1,5			-	-	-	-	-	-	-	
3	Specialförråd	50	3,5	1			-	-	-	-	-	-	-	a)
4	Rörförråd	25	4	1			-	-	-	-	-	-	-	
5	Materialförråd	80	4	1			-	-	-	-	-	-	-	
6	Torkutrymme	30	4	1,25			-	-	-	-	-	-	-	
7	Tillkapning etc.	40	4,5	1,25			E	-	E	-	-	O	I	
8	Packning, emballage och avfallsförråd	20	4	1			-	-	-	-	O	-	-	
9	Kontor	15	3	0,5			O	-	-	-	-	-	-	b)
10	Lastkaj med expedition	10	4	1,5			-	-	-	-	-	-	-	End.en lastplats vid kaj
11	Toaletter	10	3	0,5			A	-	-	-	O	-	-	b)
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
Anm.		a) Inhägnat med hönsnät b) Luftkonditionering												

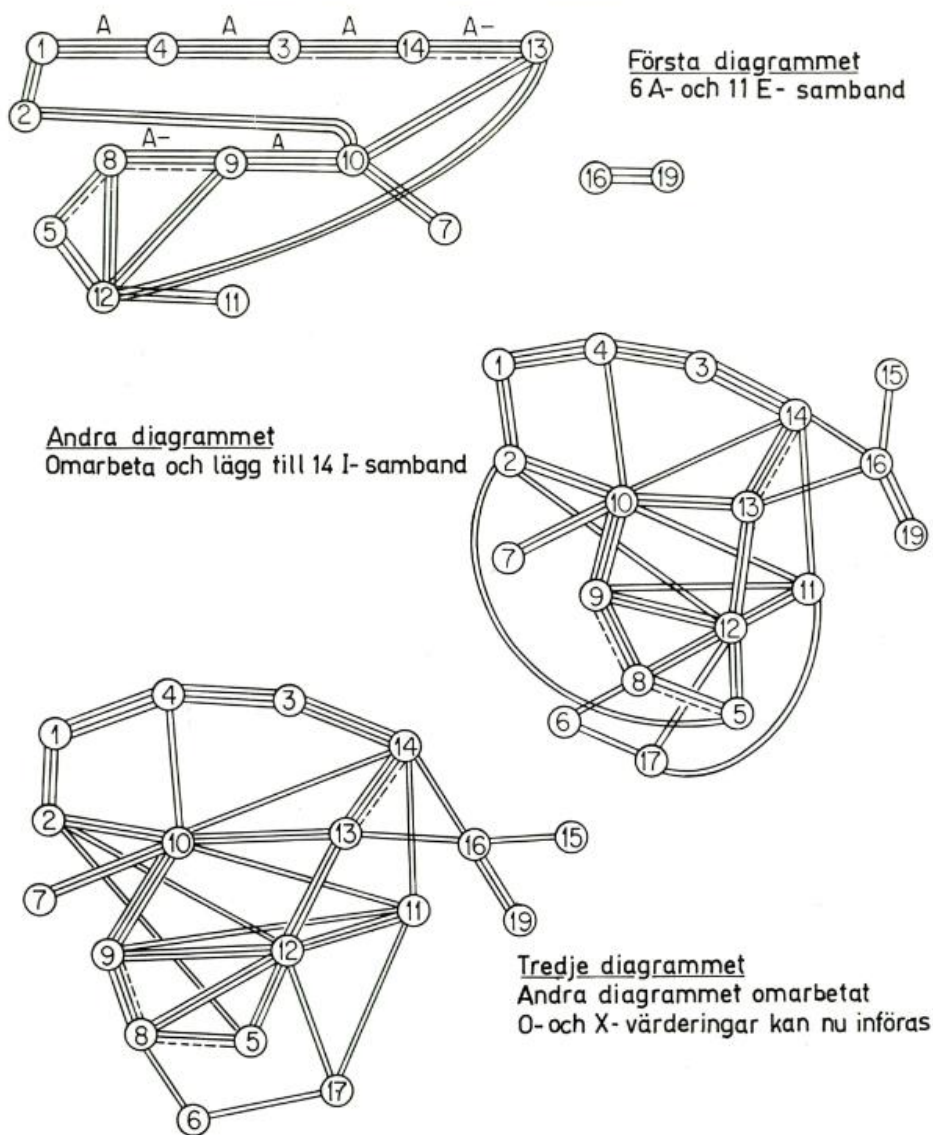
Projekt
 Continental Co
 Nytt underhållsförråd
 Datum
 08.05.60
 Utgåva
 ND
 Nr
 64

Figur 3. Tilltimpirering av ytberäkning på ett underhållsförråd, tagen från av R. Muther och J. D. Wheeler (1962).

2.3.4 Relationsdiagram

Som sagt kan man se ett relationsdiagram som en visualisering av en relationsmatrix. Arbetsstationerna/momenten görs till cirklar/kvadrater och dras linjer mellan varandra. Ju starkare relation ett par har desto fler linjer är dragna mellan dem eller beroende på färg. Till exempel kan ett I vara en linje, E är två och A är tre eller en viss färg, medans U inte har någon linje mellan alls.

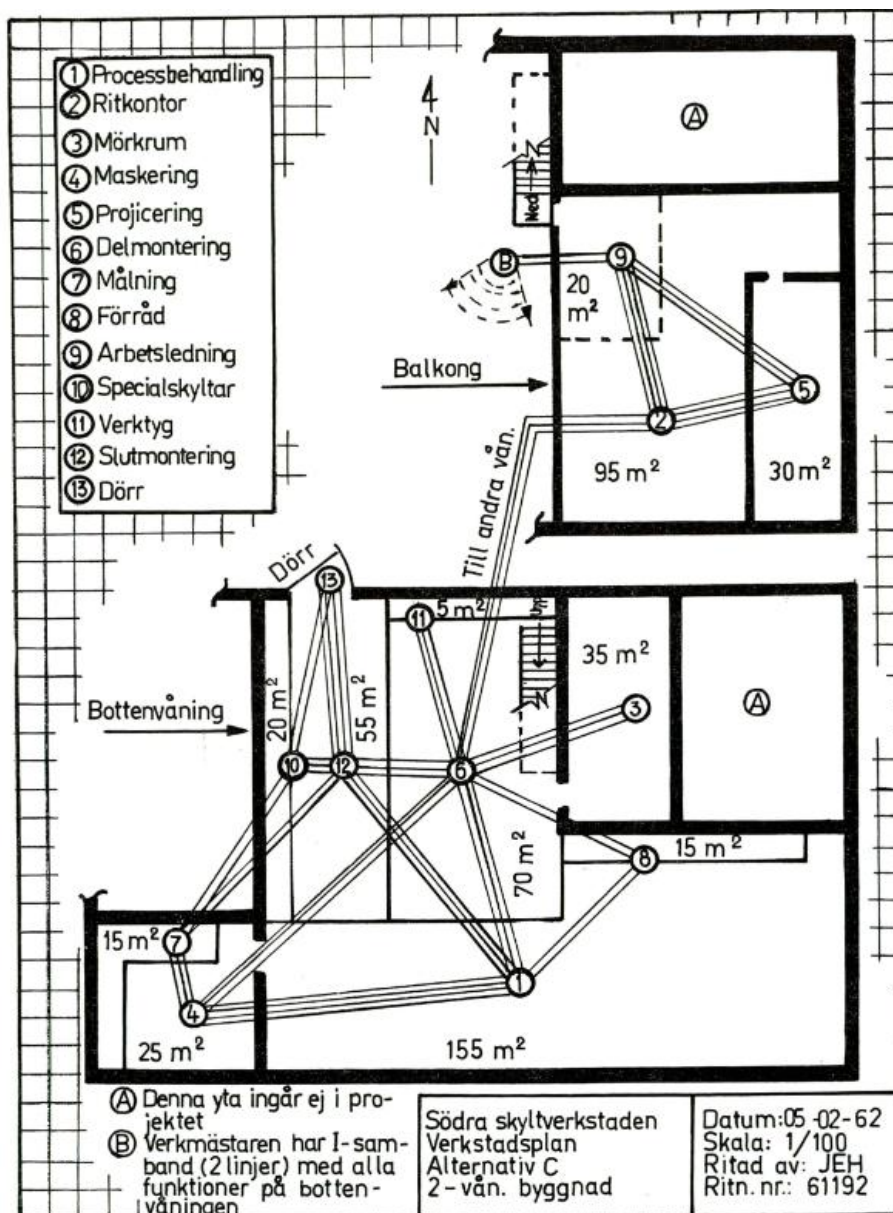
Denna metod går tätt in med relationsmatrix då den visar samma typ av information och blir därmed kompletterande. Alltså är ett relationsdiagram lämplig om man vill ta fram en mer klar bild över arbetsstationernas/momentens beroende av varandra som därmed kan underlätta beslut.



Figur 4. Tillämpning av relationsdiagram på ett laboratorium, tagen från R. Muther och J. D. Wheeler (1962).

2.3.5 Blocklayout

I en blocklayout visualiseras arbetsstationerna som block. Blockens storlek visualiserar även de storlekar som stationerna faktiskt är i verkligheten, dock på ungefär då de inte är i sina verkliga geometrier. Syftet är att jämföra olika tänkbara lösningar och se vilken layout som passar bäst. Blocken placeras utifrån resultaten av relationsmatrisen- och diagrammet samt, vid behov, ytberäkningen. Denna metod är ett lämpligt val som mellansteg innan man går in på detaljnivå.



Figur 5. Tillämpning av blocklayout på en skyltverkstad, tagen från R. Muther och J. D. Wheeler (1962).

2.3.6 Utvärdering av layoutalternativ

Vid en utvärdering av alternativa layouter måste minst två alternativ finnas. De framtagna layouterna utvärderas för att avgöra vilken lösning som är mest lämplig utifrån kriterier som kostnader, yteffektivitet, flexibilitet, materialflöde, transportavstånd och arbetsmiljö.

Kriterierna viktas med till exempel en siffra från 1 till 10 där 10 menar att detta kriterium är såpass viktig som den kan bli och 1 är tvärtom. Layouterna bedöms därefter mot dessa kriterier genom att exempelvis använda sig av bokstavssystemet, alltså A till X där A är fyra poäng, B är tre poäng o.s.v. Bokstavens poäng multipliceras sedan med vikten av kriteriet den hamnar på för att få ett slutligt resultat. Varje resultat för varje enskild layout adderas ihop och jämförs med varandra för att få ut ett slutligt val.

VÄRDERINGSSCHEMA

Projekt Försäkrings AB Sterling		Datum 10. 03. 62		Nr 173			
Kontorslayout distrikt 2		Faktörvägning JRT					
Värdering LS o. BG		Beräkning BG					
Alternativ A Gruppvis centraliserad service B Helt decentraliserad service C U-formad layout med central reception D Entréreception - Service innerst E					Värderingsskala A = Absolut perfekt = 4 E = Effektiv lösning = 3 I = Intressant lösning = 2 O = Ordinär lösning = 1 U = Utan betydelse = 0 X = Ej jäkvärd = -		
Värderingsfaktor	Vikt	Värdering/poäng					Anm.
		A	B	C	D	E	
1 Flexibilitet och expansions- möjligheter	8	E 24	O 8	I 16	E 24		
2 Mångsidig användbarhet	4	A 16	A- 14	I 8	E 12		
3 Effektiviteten hos pappersflödet	8	E 24	E 24	I 16	I 16		
4 Utnyttjande av ut- rymmet	5	E- 13	E 15	O 5	O 5		
5 Koordinering av service- funktioner	6	I 12	I 12	E 18	I 12		
6 Arbetsledning	10	O 10	E 30	I- 15	I 20		
7 Interiör	3	I 6	E 9	A 12	E 9		
8 Utnyttjande av befintlig byggnad etc.	2	A 8	I 4	E 6	O 2		
9 Anpassning till organisations- strukturen	5	E 15	I 10	I 10	I 10		
10 Minsta investeringskostnad	8	A 32	E 24	I 16	E- 20		
11							
12							
13							
14							
15							
Summa		160	150	122	130		
Anm.							

Sveriges Rationaliseringsförening (SRA) 1962

RICHARD MUTHER & ASSOC. - EVALUATING ALTERNATIVES - RMAS 171

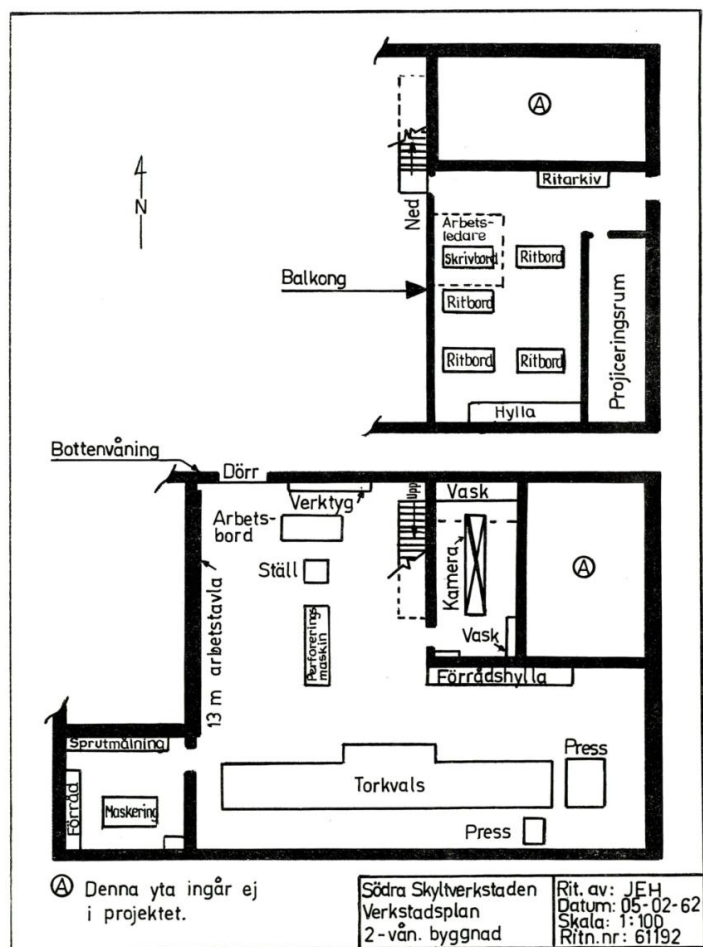
Figur 6. Tillämpning av utvärdering av layoutalternativ på ett kontor, tagen från R. Muther och J. D. Wheeler (1962).

2.3.7 Detaljlayout

I en detaljlayout går man från blocknivå till exakt placering av alla resurser med rätt mått och avstånd. Den valda layouten utvecklas till en detaljerad och implementerbar lösning.

Här säkerställer man bland annat att det finns tillräckligt med utrymme för operatörer, maskiner, truckar, lager, och att materialflödet fungerar smidigt. Man arbetar helt enkelt mer tekniskt och kollar tillbaka ifall kriterierna från tidigare metod uppfylls. Det finns även fler detaljer som tas hänsyn till, såsom ventilation, el, belysning och servicepunkter

Utförandet av detaljlayout sker oftast i form av ritningar och simulationer.



Figur 7. Tillämpning av detaljlayout på en skyltverkstad, tagen från R. Muther och J. D. Wheeler (1962).

Dock, enligt Muthers egna ord, är SLP eller SSLP inga perfekta metoder: "It (SLP) is not perfect; it is not a substitute for judgment or intelligence; and even after 50 years of use, it can still be improved". Muther uppmuntrar alltså akten i att använda metodiken mer flexibelt och anpassningsbart. En tolkning kan då vara att SSLP inte är hugget i sten och kan åstadkommas av andra kombinationer av metoder.

2.4 Layouttyper

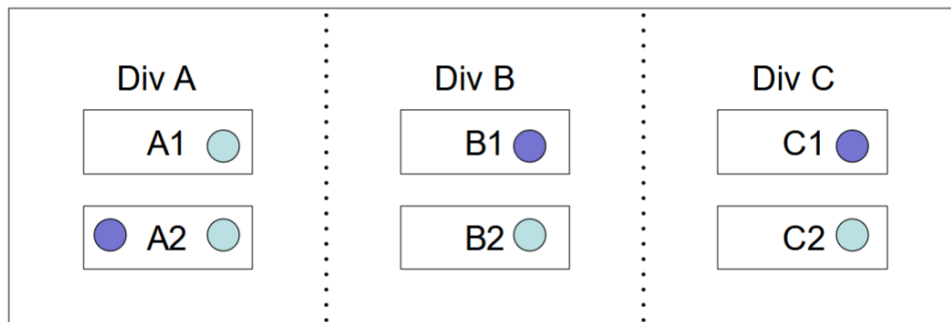
En layout väljs utifrån typen av produktion. De mest vanliga att använda sig av i dagens läge är Job shop, Linjeproduktion, Projectlayout och Cell-layout.

2.4.1 Job shop

I en job shop, enligt Heizer et al. (2023), färdas produkter individuellt mellan avdelningar efter behov, alltså blir det inte ett linjärt flöde. Maskiner och arbetsstationer grupperas efter funktion vilket ger möjlighet för mer variation mellan produkter, men däremot lägre volym. Exempel kan vara skräddarsydd produktion som kräver mer tid än konventionell klädproduktion, där det krävs olika plagg och stygn för att erbjuda fler klädstilar till kunder. Ett till exempel kan vara specialtillverkade möbler där en stol kan kräva mer svarvning och mindre slipning än ett bord. Denna layouttyp är generellt sett flexibel då arbetsstationerna ofta kan hantera olika uppgifter. Varje enskild beställning planeras alltså separat. En till fördel att påpeka för job shop är att om en arbetsstation slutar fungera påverkar det inte hela produktionen då andra produkter som inte kräver det processteget kan fortsätta.

Dock finns det risk för att planeringen blir komplex med mycket omläggning och många arbetsstationer (Jacobs et al., 2011). Andra nackdelar kan vara att långa omställningstider och köer kan uppstå på grund av att varje order kan behöva omfattande materialhantering mellan avdelningar, vilket ökar work-in-process (WIP) och ledtider. Alltså är en processlayout längre ifrån ett optimalt val vid höga volymer då den har lågt kapacitetsutnyttjande.

Job Shop / Functional workshop



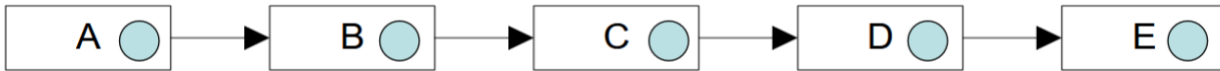
Figur 8. Simplifierad ritning över standardexempel på job shop, tagen från Oscar Larsson (2025).

2.4.2 Linjeproduktion

Linjeproduktion rekommenderas när produktionen har låg produktvariation och mycket hög volym (Heizer et al., 2023). Produkterna går igenom samma standardiserade procedur vid varje station. Därför är layouten arrangerad på det viset att arbetsstationer och utrustning placeras i en linje efter varandra. Exempel kan vara elektronikmontering, bilfabriker eller livsmedelsproducent. Den största fördelen med linjeproduktion är den låga hanteringstiden per enhet vilket skapar det mycket effektiva flödet. En annan fördel är att på grund av låg variation och identiska enheter är det mindre risk för work-in-process, avbrott och omställningar vilket sparar tid. Detta sker då sambandet mellan processer är enklare att hålla koll på och därmed blir systemet mindre komplicerat och lättare att hålla uppe standarder.

Den stora nackdelen är den extrema oflexibiliteten (Kalpakjian & Schmid, 2025). Det krävs stora omställningar vid ändringar av volym eller produktvarianter vilket kan leda till betydliga förluster. Underhållning av arbetsstationer är kritiskt då produktionsstopp hos en station leder till stopp över hela produktionslinan och därmed förlorar tid och kapital. Ett till perspektiv att titta på är den ergonomiska aspekten där enformiga arbetsmoment leder till större behov av rotation och bättre lösningar för anpassning av människans biomekanik.

Product workshop / Line flow layout



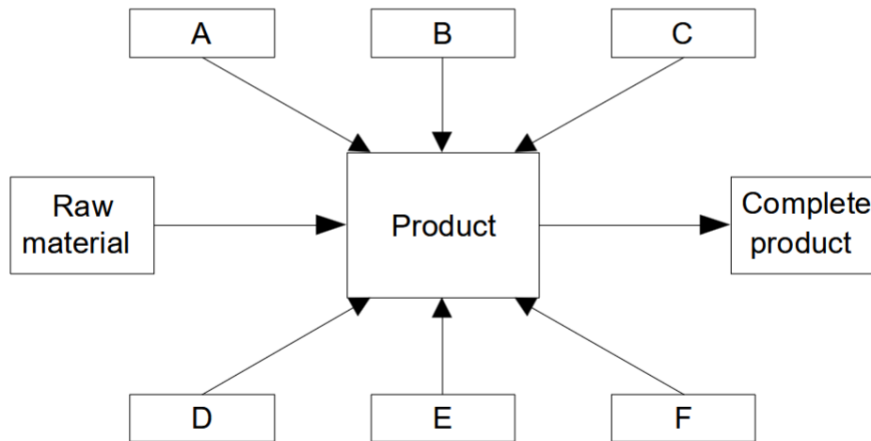
Figur 9. Simplifierad ritning över standardexempel på linjeproduktion, tagen från Oscar Larsson (2025).

2.4.3 Projektlayout

En projektlayout definieras av att allt flöde av personal, material och utrustning går till en produkt (Heizer et al., 2023). Kompetenser med hög specialisering brukar efterfrågas då det ofta är komplexa projekt som hanteras. Projekt brukar ha hög kundspecifikation och har längre tidsbegränsning vilket leder till mer planering av tidsplaner. Exempel kan vara flygplansmontering, husbygge eller brobygge. fördelar med denna layout är att man inte ska behöva flytta produkten under produktionen. Den har väldigt hög flexibilitet då flera arbetslag kan samtidigt arbeta på olika delar och kan ändra på arbetssteg efter behov.

Den stora nackdelen med projektlayout är svårigheter med att standardisera processer då varje projekt har olika svårigheter därmed krävs lokal samt kvick planering av material och utrustning (Education Leaves, u.å.) (Masaryk University, 2007). Detta upplyser i sin tur de höga kostnaderna för hanteringen av dessa. Andra negativa aspekter är den ökade risken för att störningar (t.ex väder eller lagkemi) kan orsaka stora förseningar, eller varierande behov av arbetsstyrka vilket kan göra planeringen mer komplext.

Project layout



Figur 10. Simplifierad ritning över standardexempel på projektlayout, tagen från Oscar Larsson (2025).

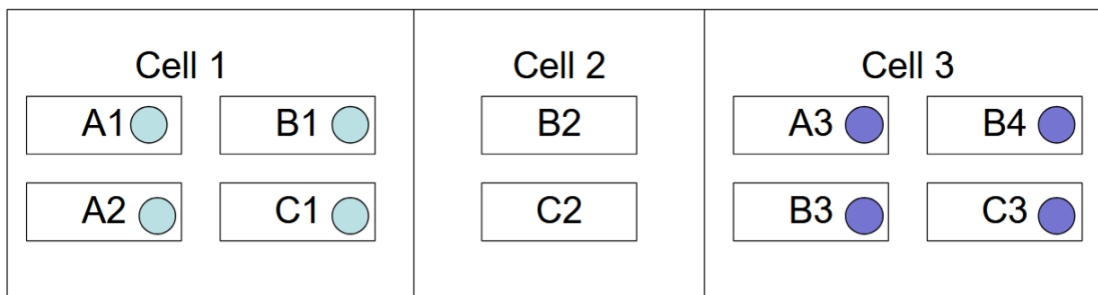
2.4.4 Cell-layout

En cell-layout definieras av att likartade produkter bearbetas i områden (celler) där varje område innehåller organiserade arbetare samt alla maskiner/arbetsstationer som behövs för en produktfamilj (Khaewsukkho, 2008). Materialflödet inuti varje cell är linjärt, därmed kan man dra slutsatsen att en cell-layout är en hybrid av linjeproduktion och Job shop. Användningsområden kan vara inom möbler eller kretskort där flera varianter tillverkas i samma cell. Layouten är alltså ett bra alternativ för en produktion där grupper av produkter delar tillverkningskrav och volym- samt variationsskalan ligger på en medelnivå.

Fördelar är korta setup-tider då likartade produkter hanteras av varje maskin/station, eliminering av tvärgående materialflöde vilket minskar långa köer, har mer flexibilitet till skillnad från linjeproduktion och kan därmed producera fler varianter (Jayakumar & Raghunayagan, 2018). Fler fördelar som resulteras på grund av det goda flödet är mindre WIP, minskning av lager och ledtider minskas generellt. Andra positiva aspekter är att kvaliteten har större chans att bli högre, till skillnad från linjeproduktion, då arbetare kan lättare bli korskompetenta och därmed funka bättre som team. Den typiska U-formen och de korta gångavstånden för en cell ökar översikten för operatörerna. Detta resulterar även i att mindre plats tas upp på fabriksytan och därmed frigörs plats som kan utnyttjas till annat behov.

Det största nackdelarna är komplexiteten av att samordna alla celler i helhetsflödet, den höga kostnaden för ändringar och om produktmixen ändras kraftigt kan celler bli ineffektiva då det antingen kan bli under- eller överutnyttjande om cellens kapacitet inte motsvarar en produktfamiljs volym (Khaewsukkho, 2008). Alltså måste man hitta en balans av variation och volym. En annan nackdel är att för att identifiera produktfamiljer krävs en initial analys.

Flow groups / Cell layout



Figur 11. Simplifierad ritning över standardexempel på cell-layout, tagen från Oscar Larsson (2025).

Layouttyp	Grundidé	Voly m	Vari atio n	Fördelar	Nackdelar
Job shop	Resurser grupperas efter funktion	Låg	Hög	Flexibel, klarar många varianter	Långa ledtider, komplex planering
Linjeproduktion	Resurser i produktens flödesordning	Hög	Låg	Snabbt flöde, låg styckkostnad	Låg flexibilitet
Projekt	Produkten står still, resurser flyttas	Mycket låg	Mycket hög	Möjliggör stora produkter	Svår samordning, höga kostnader
Cell	Arbetsstationer i celler för produktfamiljer	Medel	Medel	Kortare ledtider, bättre flöde	Kräver analys och standardisering

Tabell 1. Översiktlig jämförelse mellan layouttyperna job shop, linjeproduktion, projekt och cell.

Oavsett typ är principen densamma: minimera avstånd och korsande flöden för att optimera produktionen.

2.5 Prestationsmätt

En produktionslayouts effektivitet bedöms av dess prestationsmätt (Heizer et al., 2023) (Slack et al., 2022). De mått man utgår från är:

- **Ledtid:** tiden från att en order startar tills den är klar [tidsenhet]
- **Genomloppstid:** tiden en produkt faktiskt passerar genom processen, inklusive väntan [tidsenhet]
- **Cykeltid:** tiden det tar att göra ett moment [tidsenhet/st]
- **Ställtid:** tiden som går åt för omställning mellan två jobb eller produkter [tidsenhet]
- **WIP / Lager i arbete:** antal produkter som är på gång men inte färdiga [antal enheter]
- **Kapacitetsutnyttjande:** hur stor del av kapaciteten som används [%]
- **Genomströmning / Throughput:** hur många enheter som passerar systemet under en viss tid [st/tidsenhet]
- **Produktivitet:** hur mycket genomströmning man får i förhållande till tid eller resurser [st/tidsenhet/(arbetare eller resurs)]
- **Leveransprecision:** hur stor andel leveranser som kommer i tid [%]
- **Kvalitet / Felfrekvens:** hur många produkter som är felfria eller felaktiga [%]
- **Flexibilitet:** hur lätt produktionen kan anpassas till nya produkter eller volymer [% eller antal varianter]
- **Kostnad per enhet:** kostnaden för att tillverka en enskild produkt [kr/st]
- **OEE (Overall Equipment Effectiveness):** ett samlat mått på tillgänglighet, prestanda och kvalitet [%]

Olika layouter har olika funktioner och skapar olika typer av problem. Därför är dessa mått viktiga för att kunna skala ner flaskhalsar.

2.6 Verkliga exempel

I Westerlunds och Wååghs (2016) metodik testades på flera alternativa layouter för att strömlinjeforma produktionen på ett skogsmaskinföretag. Detta resulterade i layoutförslag som minskade avvikelser och processvariationer och visar på att systematisk layoutplanering kan identifiera dolda slöserier i material- och informationsflöden.

Enligt Elahi (2021) insåg ett företag i Indiana som producerar verktyg att maskiner och utrustning hade placerats utan tankar på korrelationer, vilket ledde till onödiga rörelser mellan stationer. En reformation beslutades via en systematisk layoutplanering och flödesanalys. Resultatet blev att genomloppstiden i värmebehandlingsprocessen minskade med cirka 17–33 %, samtidigt som energianvändning sjönk.

Enligt AnyLogix (2026) testade konsulter hos ståltillverkningsbolaget NLMK olika layoutförändringar i fabriken via en simuleringsmodell med målet att öka produktionskapaciteten, kallat throughput, med 50%. Simuleringens belysande av flaskhalsar underlättade omfördelningen av maskiner och valet av beslut som

krävdes. Justeringar var allt från nya transportband till flytt av kranar och öppnande av extra en port. Projektet resulterade i 1,5× högre throughput utan ytterligare golvyta.

Sammantaget ger en effektiv layoutplanering ökat produktionsflöde, mindre slöseri och därmed större vinst samt bättre miljöpåverkan.

2.7 Lean som förbättringssystem

Lean har utvecklats från Toyota Production system och beskrivs i litteraturen som ett sätt att minska slöseri, kunna förkorta ledtiderna samt förbättra kvalitet, säkerhet och en bättre arbetsmiljö. Man kan se lean som ett övergripande system som består både av värderingar och principer som kontinuerligt förbättras. (Lean – strategies and principles, föreläsning 8).

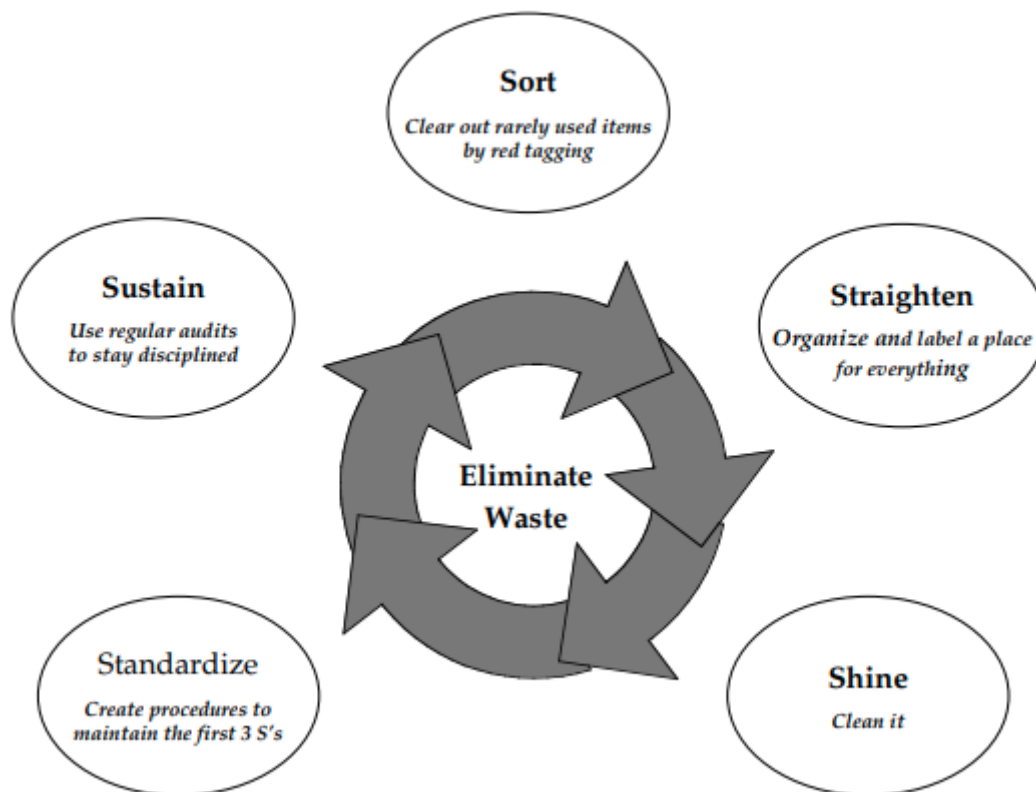
Nu behöver RanLOS en optimering i produktionsflödet och då är det viktigt att reducera tiden från kundorder till leverans. Detta görs genom att identifiera aktiviteter som inte skapar något värde. Genom att fokusera på värdeflödet, har organisationer bättre möjligheter att förbättra och stabilisera produktion sprocesserna. (Lean – Production levelling, continuous flows, pull system, flow cells, föreläsning 10).

Lean kan därmed fungera som ett strukturerat förbättringssystem för RanLOS som nyligen har startat sin produktion. Att arbeta med kontinuerliga förbättringar samt systematiskt analysera processer kan RanLOS utveckla sitt produktionssystem, där problem identifieras snabbare samt återgärdas. Detta leder även till att medarbetare kontinuerligt arbetar med att förbättra processerna och får vara involverade i arbetet. I långa längden leder detta till en mer förutsägbar produktion. (Liker & Meier, 2006, s. 37).

2.7.1 5S

För att kunna skapa en stabilitet i produktionen, krävs metoden 5S. Denna metod fördjupar sig till att organisera samt standardisera arbetsplatsen. I nuläget har RanLOS en produktionsanläggning som är lite mindre, men den har förbättringsmöjligheter. Genom att strukturera, sortera samt standardisera produktionsanläggningen kan arbetsmiljön förbättras men även att man finner avvikelser snabbare. En produktionsanläggning som är välorganiserad bidrar oftast till ökad effektivitet samt minskad risk för störningar. Detta kommer leda till att man har möjligheten till minskad ledtid.

Boken nämner att 5S bör ses som ett utav de första stegen i arbetet med lean. Att jobba i en miljö som har ordning samt stabilitet, blir det lättare att identifiera problem i produktionen. När problem synliggörs lättare kan RanLOS arbeta mer systematiskt med att eliminera slöseri samt förbättra arbetsflödet (Liker & Meier, 2006).



Figur 12. 5S-modell för att eliminera slöseri, tagen från J. K. Liker och D. Meier (2006).

Figur 6 visar 5S-modellen som är en metod inom lean för att skapa en strukturerad, ren samt effektiv arbetsmiljö. I mitten av figuren står det "Eliminate Waste", vilket markerar modellens övergripande mål.

Sort handlar om att arbetsplatsen rensas från saker som inte behövs i det dagliga arbetet. Syftet med sort är att minska störningar och frigöra plats.

Shine punkten är att hålla arbetsplatsen ren och detta görs genom regelbunden rengöring. På så sätt kan fel och slitage upptäckas tidigare.

Straighten handlar mer om att föremål och resurser organisera och detta gör att varje sak har en bestämd samt en tydlig plats. Resultatet av detta blir att material och verktyg snabbare kan hittas och återplaceras.

Standardize innebär att rutiner skapas för att de tre första stegen ska kunna upprätthållas. Detta gör arbetssättet tydligt och enhetligt samt minskar variation.

2.8 Säkerhetslager som buffert mot osäkerheter i materialflödet

Säkerhetslager, eller “Safety stock” är en central del av materialstyrningen och produktions logistiken.

Säkerhetslager används som ett extra lager, för att hantera osäkerheter i försörjningskedjan samt minska risken för materialbrist. Enligt van Loon (2025) fungerar säkerhetslager mer som ett skydd mot störningar. När felaktiga lagersaldon, sena leveranser samt kvalitetsproblem uppkommer ska säkerhetslagret täcka upp.

Skulle en leverans försenas eller om uttaget från lagret ökar mer än planerat, finns risken att lagernivån sjunker snabbare. Här fungerar säkerhetslagret därför som en buffert under anskaffningsledtiden och hjälper till att minska risken för produktionsstopp.

Vanligaste metoden för att bestämma säkerhetslager är med följande formel:

$$SS = k \cdot \sigma \cdot \sqrt{LT}$$

Där SS är säkerhetslager, k är säkerhetsfaktorn och σ är standardavvikelsen för efterfrågan under ledtiden. Säkerhetsfaktorn bestäms med hjälp av en önskad servicenivå och hämtas ur en tabell. När servicenivån som eftersträvas är hög, blir säkerhetsfaktorn hög och som i sin tur även säkerhetslagret.

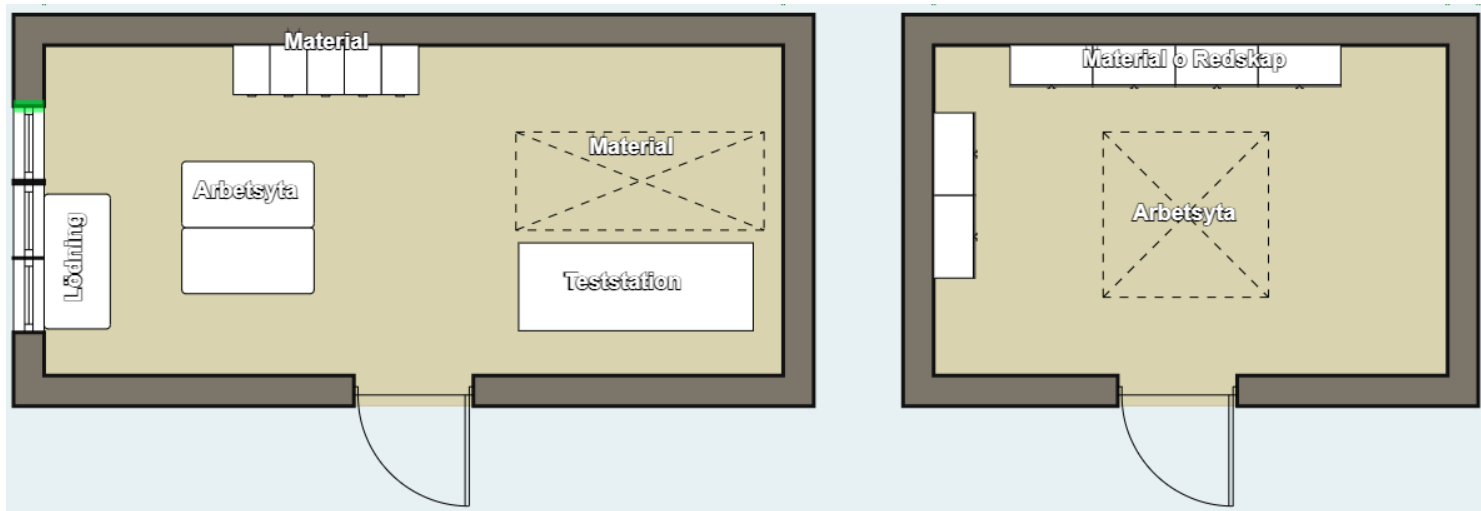
Service level	Probability of shortage	Safety factor k
50%	50%	0
90%	10%	1,28
95%	5%	1,65
98%	2%	2,05
99%	1%	2,33
99,99	0,01%	4,0

Figur 13. Sambandet mellan servicenivå, bristrisk samt säkerhetsfaktor, tagen från van Loon (2025)

Från formeln får man att både efterfrågans variation och ledtidens längd kommer vara avgörande faktorer vid dimensionering av säkerhetslagret. Sammanfattningsvis är säkerhetslager gynnsam för att minimera osäkerheter

i materialflöden och minska stop i produktionen. Dock innebär säkerhetslager att det blir större lagerhållning och kan bli ökad kapitalbindning.

2.9 The use case: RanLOS

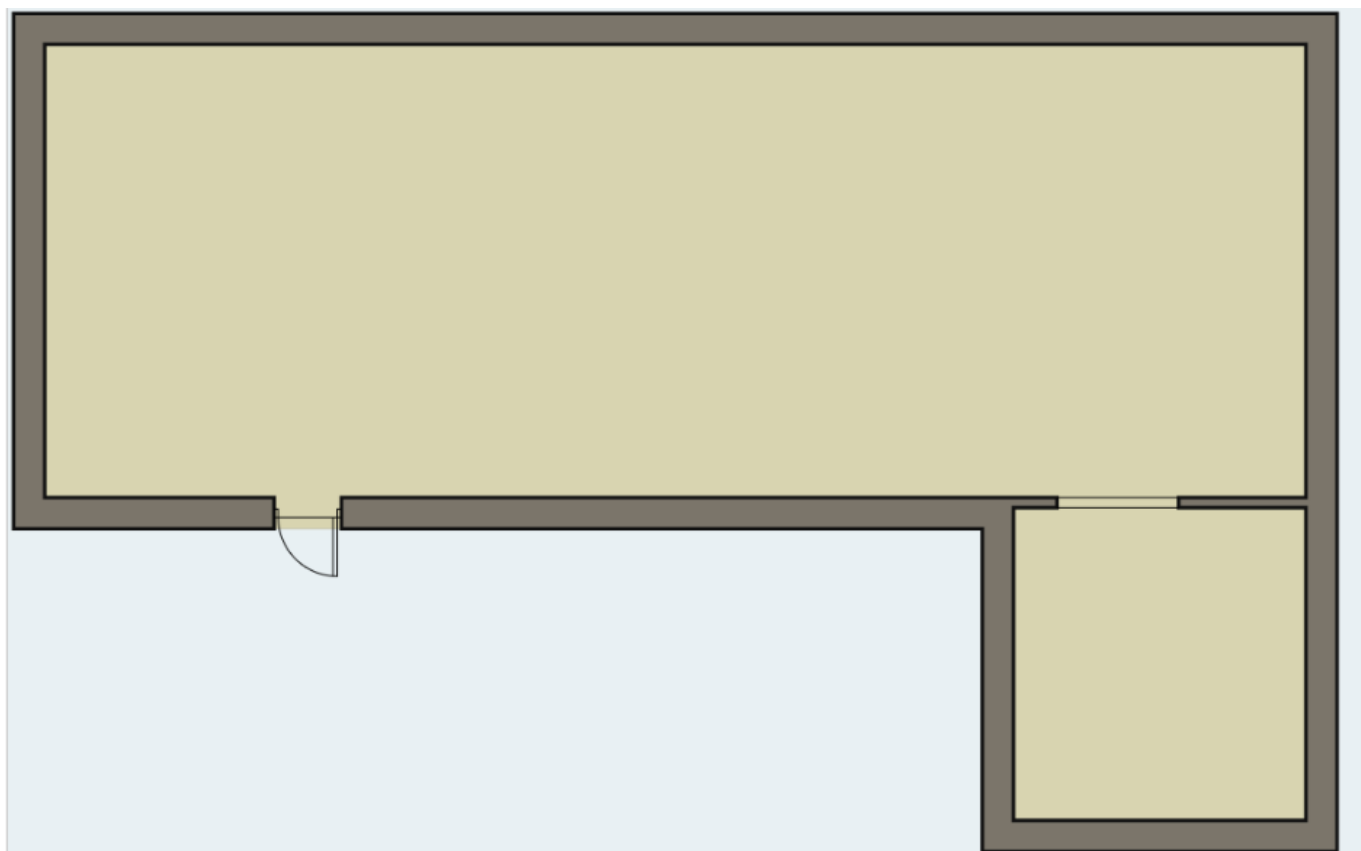


Figur 14. Ritning av layout över en av de nuvarande lokalerna.

RanLOS använder sig i nuläge av två lokaler för produktionen. Lokalerna ligger i samma byggnad men har ett gångavstånd på cirka 4 minuter. Lokalen till höger tar hand om de tre första stegen i produktionen. Lokalen är cirka 25 m² och har en väldigt kompakt layout. Till vänster av lokalen finns en station för lödning av antennelement och på arbetsytan sker montering av effektfördelare samt montering av antennbomsprofil. Lokalen har även en teststation och en materialplats ovanför teststationen, där produkter som ska flyttas vidare till den andra lokalen står redo.

Lokalen till höger visar där den andra delen av produktionen sker och har en total golvyta på cirka 36 m². Här sker dom sista 3 stegen av produktionsprocessen och innebär att lokalen fungerar som en avslutande produktionszon, där produkten färdigställs, kontrolleras samt förbereds för frakt. Längst väggarna finns hyllsystem placerade, som är avsedda för material, komponenter och verktyg. Entren är placerad i den nedre delen av ritningen och placeringen möjliggör en enkel in- och utpassering som underlättar vid transport av material till och ut från lokalen. Nackdelen med denna lokal är att när dom första 3 arbetsstegen är klara och man ska transportera komponenten till andra lokalen så behöver man gå ut ur byggnaden för att komma in i en annan byggnad.

Viktig information att ta med sig gällande optimering av layout är att RanLOS förväntar sig bygga ut den mindre lokalen till cirka 100 kvadratmeter.



Figur 15. Ritning av layout över framtida lokal utan tillbehör.

RanLOS omfattar tillverkning av antennenheter som består av olika typer av bommar- låg, mellan och hög. Basenheten består av 53 unika artiklar samt reflector 30 artiklar. Bommarna innehåller mellan 44 och 63 artiklar vardera. En del av komponenterna återkommer i flera enheter, främst olika fästelement. Detta innebär att RanLOS måste hantera unika och gemensamma komponenter i produktionen.

Den nuvarande produktionslayouten lutar sig mer mot en anpassad prototyp tillverkning, men behöver omstruktureras för att kunna uppfylla kraven på effektivitet samt ett mer kontinuerligt flöde. Några av kraven på serieproduktionen är leveranstid inom tre månader, kontrollmätningar enligt testspecifikation, montering med anpassade instruktioner och verktyg, kvalitetssäkring av material och kostnadseffektivisering. För att kunna bemöta dessa krav har RanLOS inskaffat sig en större lokal där den nya produktionen ska ske.

3. Metod

Detta kapitel beskriver projektets genomförande samt metoderna som användes för att uppnå projektets syfte. Informationssamlingen baseras främst på observationer i produktionen, intervjuer med nyckelpersoner i företaget samt intern data från företaget. Data samlades för att identifiera förbättringsområden som är relaterade till projektens frågeställning. Teorin samlades genom litteratursökning, föreläsningmaterial och kurslitteratur. Teorin kombinerades med den insamlade datan för att identifiera relevanta förbättringsområden i arbetet.

3.1. Observationer

Inledningsvis fattades beslut från både medlemmar samt anställda på företaget att skapa en övergripande förståelse på produktionen genom att observera på plats. Förståelsen byggdes upp genom att studera arbetsbeskrivningar samt ställa följdfrågor angående olika moment. I följd gav detta en tydligare bild på hur produktionen såg ut och fungerade i praktiken. Observationerna genomfördes under besöken hos företagen och gjordes minst en gång i månaden. Arbetsstationerna observerades när personal arbetade där och de fysiska lokalerna granskades också för att få en bättre uppfattning på hur de ser ut och fungerar i praktiken.

Observation på plats är en viktig metod för att skapa en bättre förståelse för hur produktionssystemet funkar. Studier styrker detta genom att nya system ska analyseras eller modelleras för att kunna identifiera produktionens egenskaper. Barring et al. (2017) beskriver att i tidigt skede, är det värdefullt att observera för att kunna samla grundläggande samt beskrivande information om verksamheten. Martin och Osterling (2014) stödjer även detta då det nämns i boken att följa processen som är även kallat för "gå till gemba" kan vara värdefull. Martin och Osterling (2014) nämner även att samtala med medarbetare i deras naturliga arbetsmiljö och vara i arbetsmiljön ger möjligheten att finna hinder i flödet lättare.

3.2 Intervjuer

Intervjuer valdes som en del av datainsamlingen och gjordes med nyckelpersoner för att skapa en fördjupad förståelse kring företagets arbetsmoment, processflöden samt ledtider. Barring et al. (2017) beskriver att

intervjuer med nyckelpersoner i organisationer användes för att skapa en bättre förståelse kring produktionen, innan kartläggning genomfördes. Detta stärks av Martin och Osterling (2014) som beskriver att förståelsen för nuläget blir djupare när man talar med medarbetare och inte bara observerar. Martin och Osterling (2014) betonar även att medarbetarna ofta känna sig mer bekväma med att beskriva sitt arbete i den miljön där det utförs och vågar berätta om förbättringar som krävs. När intervjuer gjordes med montören, kom även förbättringsförslag fram som skall implementeras i den nya layouten som presenteras i “Resultat” kapitlet.

Totalt gjordes 4 Intervjuer och för att inte missa viktig information så skrevs anteckningar ner på både telefon samt laptop. Två nyckelpersoner från produktionen, varav en har varit på arbetsplatsen en längre period. Frågor som ställdes under intervjuerna var:

- Hur många processteg har produkten?
- Hur många montörer används?
- Hur lång tid tar processtegen?
- Hur ser ledtiderna ut?
- När beställer ni in material?
- Vad kan göras om i produktionen?
- Hur ser relationerna ut mellan arbetsmomenten?
- Vad är måtten på lokalerna?
- Hur vill ni att stationerna/arbetsbänkarna ska se ut?
- Ska stationerna ha någon speciell funktion?
- Vad är måtten på alla faktorer (arbetsstationer m.m.) i den nya lokalen?

3.3 Value Stream Mapping

Med hjälp utav en value stream map kunde den befintliga produktionen kartläggas och blev en del av metoden. Metoden användes för att skapa en tydligare överblick över produktionsflödet. Med hjälp av value stream mapping kunde information om materialflöden, arbetsmoment samt ledtider samlas in och visualiserar. Kartläggningen baserades delvis på intervjuer, men även observationer i produktionen.

Från både observationer och intervjuerna, sorterades informationen efter sin respektive station samt process. Exempel var hur ledtiderna ser ut, beställningspunkter, montering och utleverans. Med hjälp av informationen

kunde en första version av vår value stream map skapas, där materialflödet, ledtider och processtider kunde visualiseras.

Första skissen av Value stream mapen gjordes digital online, detta gjordes för att kunna justera flödet samt lägga till information från intervjuerna snabbare. När första versionen var klar presenterades den för RanLOS som kunde kontrollera att flödet stämde överens med befintliga produktion samt förväntningar. Utifrån återkopplingen från RanLOS kunde justeringar göras på kartan, där bland annat processtiderna och ledtiderna justerades. Slutliga versionen gjordes också digital, för att kunna visualiseras på ett mer tydligt sätt och bland annat användas i presentation samt rapport.

3.4 Relationship chart

Viktigt att ta hänsyn till i denna del är att det endast är den nya lokalen som utgås från enligt figur 12.

Utifrån besök och anteckningar av lokal och intervjuer listades alla nödvändiga tillgångar och arbetsmoment upp där arbetsmomenten listades i korrekt ordning enligt följande:

1. Städskåp
2. Personal- och rastrum
3. Lagerhållning
4. Montering av antennelement
5. Lödning
6. Böja + montera kabel till effektfördelare
7. Sektionsmontering
8. Montering av inkommande effektfördelare + kablar på sektioner
9. Montering av kabelskydd + sidostycken
10. Testmätning
11. Paketering
12. Frakt
13. Hylla med redskap + skruvar
14. Materialförpackning

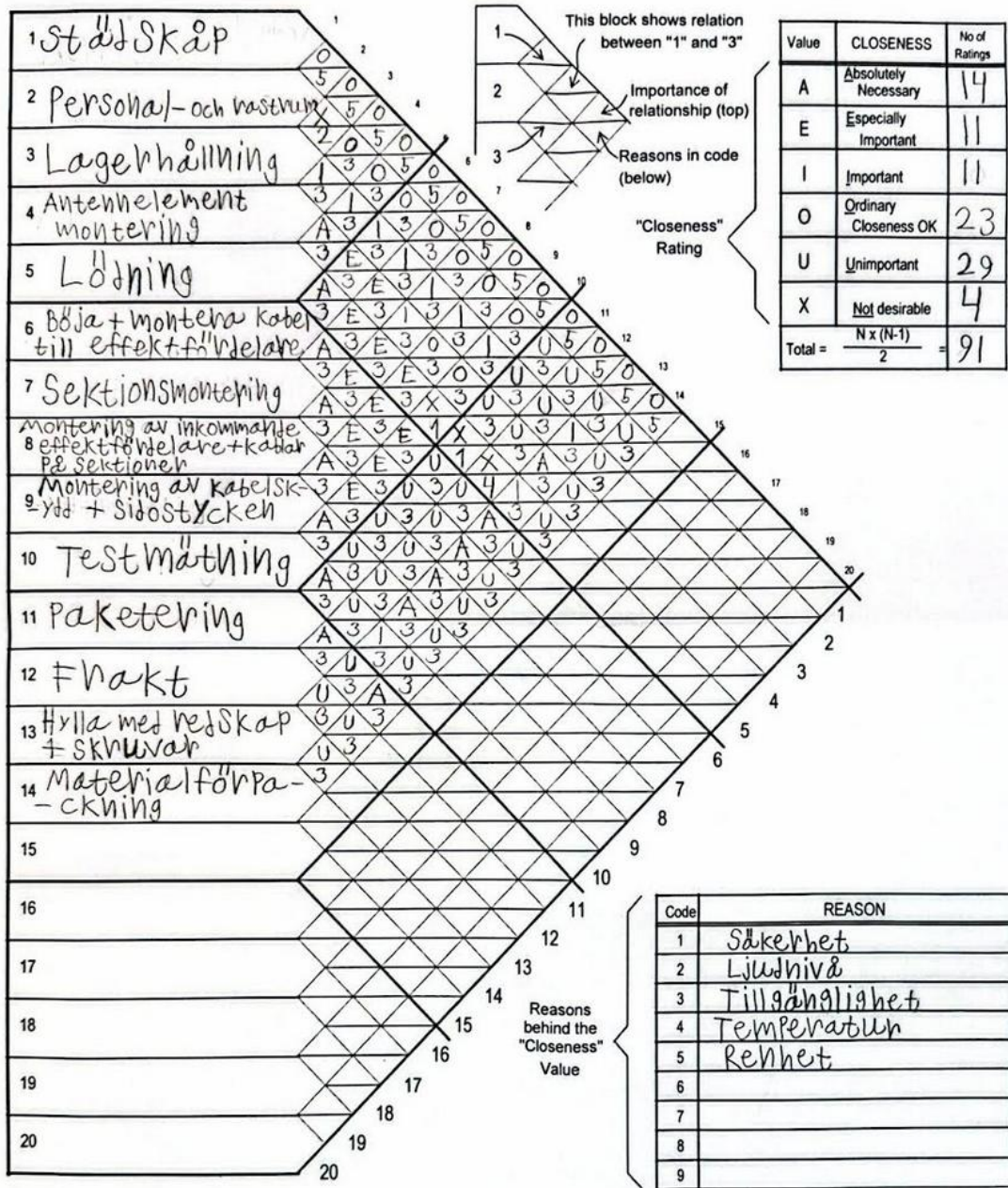
Därefter diskuterades möjliga anledningar till värdering av relationer och de valen som antogs lämpligast listades också upp enligt följande:

1. Säkerhet
2. Ljudnivå
3. Tillgänglighet
4. Temperatur
5. Renhet

Diskussion gjordes även kring viktningen av relationerna samt orsaken till varje innan de fastställdes. En rimlighetsbedömning gjordes av RanLOS och ändringar skedde vid behov för att säkerställa att båda parter var överens.

RELATIONSHIP CHART

Plant (Company) RANLOS Project _____
 Charted by Josef Boulos With David Elia
 Date 28/4 - 2026 Sheet _____ of _____
 Reference _____



Figur 16. Relationship chart av optimerad layout.

3.5 Layout

Från både observationer, intervjuer, Value Stream mapping och Relationship chart, samlades värdefull information om hur den framtida layouten kan läggas upp. Genom att analysera materialhanteringen, arbetsflödet och försöka identifiera förbättringsområden kunde en ny och mer optimerad layout utvecklas.

Layoutens framtagning kan delas in i två faser, där en första fasen handlade om att analysera data från både intervjuer samt observationer. Detta medförde att förståelsen hur produktionsflödet och arbetsprocesserna ser ut.

Value stream mapping användes för att visualiseras och analysera produktionsflödet. Materialinköpen och arbetsprocesserna kartlagdes för att lättare kunna identifiera flaskhalsar, ineffektiveter samt om det finns onödig lager. Relationship chart användes i den andra fasen och gav en klar bild över arbetsmomentens beroende av varandra vilket ledde till enklare beslut gällande vart stationerna ska placeras.

3.6 Diskret händelsesimulering

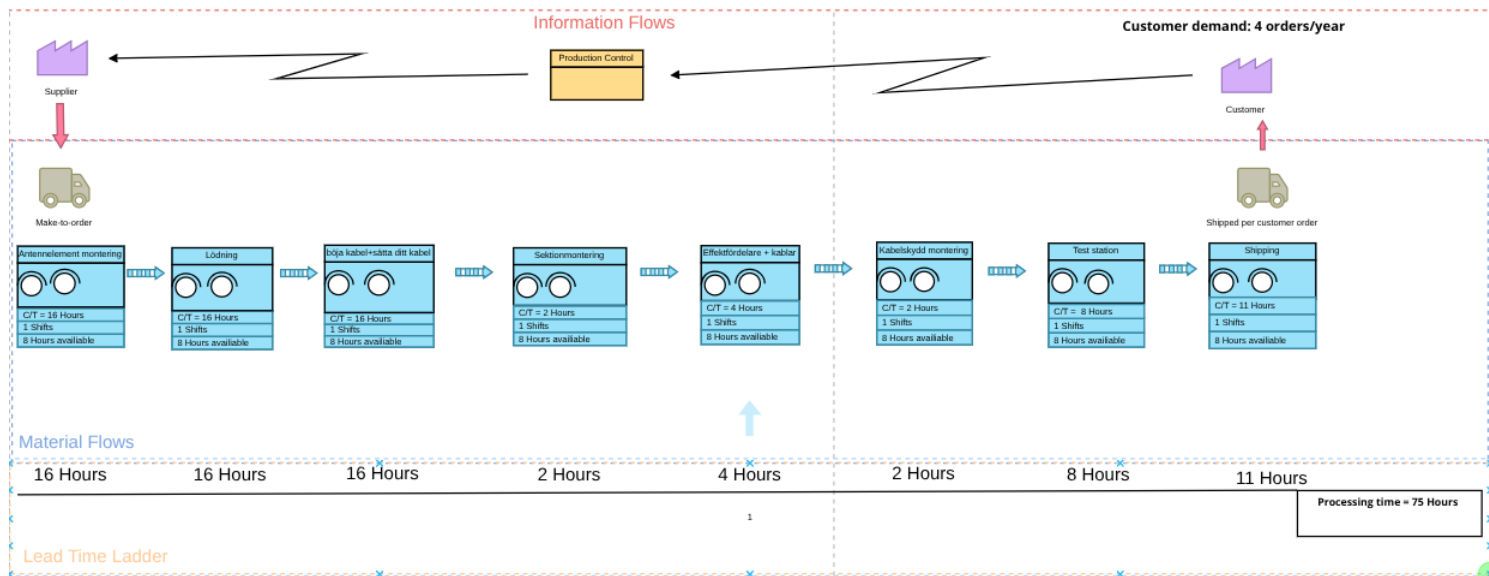
Genom att analysera produktions värdeflöden samt undersöka framtida layout med Discrete event simulation skapades en bättre uppfattning på hur produktionen kan se ut. Siemens Plant simulation användes för att simulera produktionen och analysera och visualisera produktionsflöden.

Baserat på vår VMS och nya layout, kunde en digital modell skapas i Siemens plant simulation. Modellen representerade de olika processtegen som stationer och processtider lades in för att efterlikna verkliga produktionsflödet. Simuleringen användes för att hjälpa till med att besvara projektens forskningsfrågor genom att bland annat undersöka hur produktionen påverkas av olika scenarios. I modellen lades scenarios in med ökade ledtider samt en högre sannolikhet för breakdowns på stationerna. Med hjälp av detta kunde förseningar och driftstopp analyseras. Simuleringen gav även diagram som visar hur lång tid varje steg tar och kunde ge vilka stationer som har lång väntetid och flaskhalsar kunde identifiera.

4. Resultat

Kapitlet presenterar projektets resultat, baserat på de mätningar och analyser som genomförts. Målet är att kunna dra slutsatser samt vidare analysera produktionen i diskussionsdelen utifrån resultaten.

4.1 Value stream map



Figur 17. Value stream map över befintliga produktionen.

Figuren visar produktionsflödet i en form av värdeflödesanalys. Analysen innehåller materialflöde samt informationsflöde från inkommande leverantörsorder till utleverans av färdig produkt till kund.

Produktionsflödet består av följande processteg:

- Antennelement montering
- Lödning
- Böja kabel + sätta dit kabel
- Sektion montering
- Effektfördelare + kablar
- Kabelskydd montering
- Test Station
- Shipping

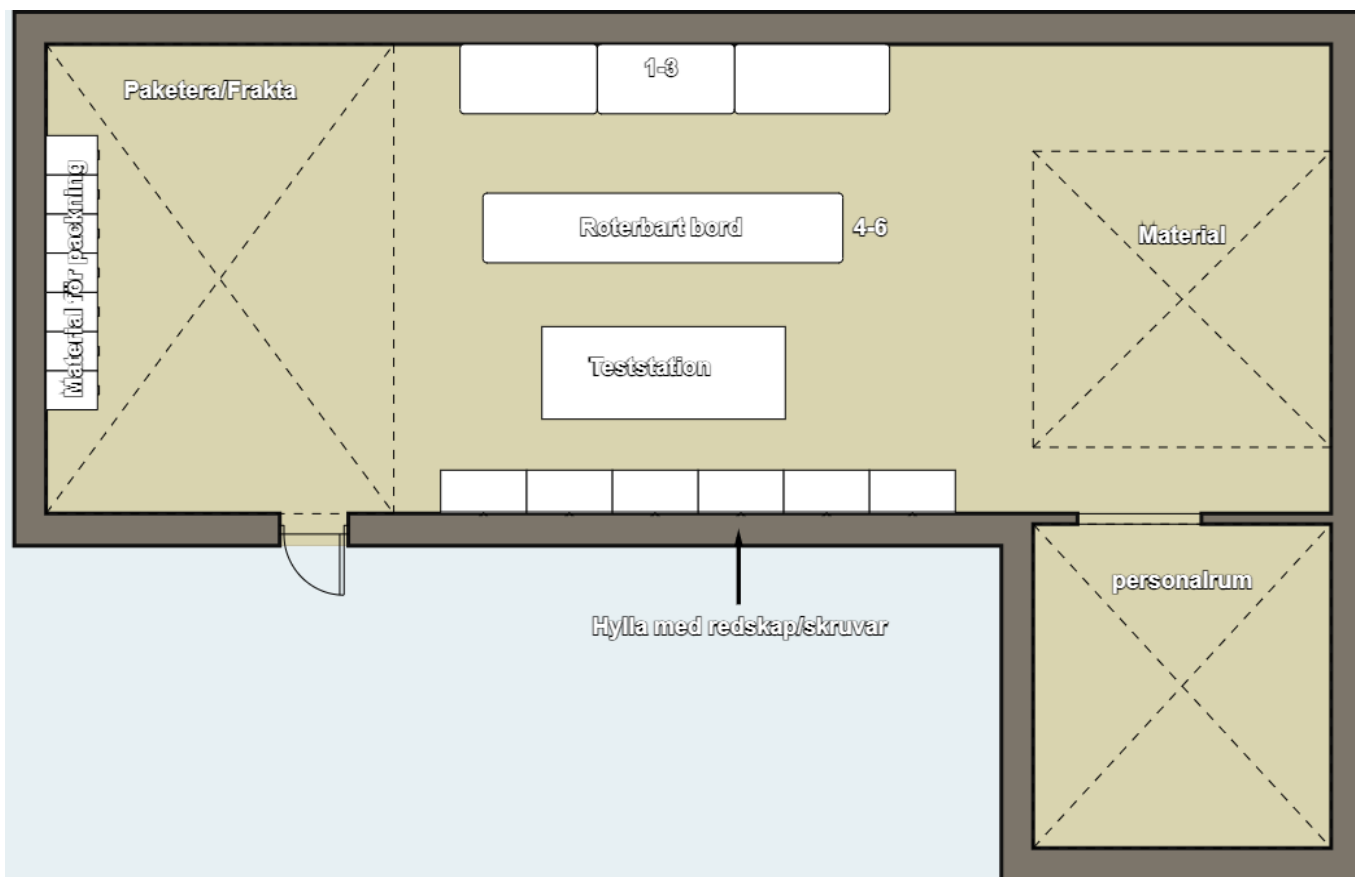
Stationerna är utformade för ett skift, med åtta produktionsstimmar per dag. Genomloppstiden för värdeflödesanalysen uppgår till 75 timmar i optimala förhållanden. De längsta processerna är antennelementmontering, lödning, böja kabel + sätta dit kabel som har en processtid på 16 timmar respektive. Shipping har en processtid på 11 timmar och teststationen har en processtid på åtta timmar. Effektfördelare + kablar har en processtid på 4 timmar. Sektionsmontering och kabelskydd montering har en processtid på 2

timmar respektive. Alla stationer kräver minst 2 montörer för att arbetet ska utföras så optimalt som möjligt. Materialförsörjningen är orderstyrd och innebär att materialet beställs in från leverantör först när kundordern har betalats en viss procent av produkten. Ledtiden för materialen varierar men som längst kan den hamna på cirka 10 veckor tills allt material är framme och redo för att påbörja produktionen.

4.2 Förbättrad layout

Beskrivningen av resultaten sker i ett ritningsperspektiv från ovansidan där ingången till fabriken är på undersidan. En till faktor att ta hänsyn till är att RanLOS inte har bestämt exakta dimensioner på alla delar i layouten och har därmed gett arbetet tillåtelse att nämna att spelrum finns att ändra på.

Den slutliga optimerade layouten består av två rum, en större och en mindre där de tillsammans har en area på 100 kvadratmeter, båda med rektangulär/kvadratisk form (se figur 18). Det mindre rummet är placerat längst till höger på undersidan av det stora. Rummet är ett personalrum där montörer och administratörer kan gå på rast, ha möte, hämta städmaterial (dimensioner har inte kunnat tas reda på) eller liknande. I det större rummet sker produktionen. Arbetsstation 1 till 3 består av tre bord, alla med en längd på 180cm och en bredd på cirka 90cm. Borden är placerade intill varandra, där kontakten sker på breddens sida, längs väggen högst upp i mitten av stora rummet. Arbetsstation 4 till 6 består av ett roterbart bord (runt bordets axel på längden) med längden 420cm och en bredd på minst 100cm. Bordet är placerat under arbetsstation 1 till 3 med ett marginal på cirka 130cm. Teststationen är placerat under arbetsstation 4 till 6 med ett marginal på cirka 130cm och har en längd på 420cm och en bredd på 60cm. Materialförpackningen är placerat längs den vänstra väggen av stora rummet, precis intill paketerings- och fraktytan som har en area på cirka 25 kvadratmeter. Paketeringsytan ligger runt 25 kvadratmeter längst till vänster av rummet. Materialförvaring ligger längst till höger där area kan variera mycket beroende på vilket material som förvaras. Hylla med redskap är placerat under teststationen längs väggen, med en marginal på cirka 110cm och måtten 630x45cm.



Figur 18. Ritning över slutlig layout.

4.3 Simulering

Simulering	Conditions	Produktionstid	Ledtid för material	Total ledtid
1	Perfect	75 Timmar/ 9.4 arbetsdagar	10 veckor	11.88 veckor/ 59.4 arbetsdagar
2	5% på både ledtider och breakdown	87 timmar 26 min/ 11 arbetsdagar	10.5 veckor	12.7 veckor/ 63.5 arbetsdagar
3	10% på både ledtider och breakdown	92 timmar 44 min/ 12 arbetsdagar	11 veckor	13.4 veckor/ 67 arbetsdagar
4	15% på både ledtider och breakdown	104 timmar 22 min/ 14 arbetsdagar	11.5 veckor	14.3 veckor/71.5 arbetsdagar
5	40% på både ledtider och breakdown	168 timmar 39 min/ 21 arbetsdagar	14 veckor	18.2 veckor/ 91 arbetsdagar

Figur 19. Skärmbild av tiderna från de olika scenarierna.

Under arbetet gjordes fem simuleringar som skulle hjälpa till med att undersöka hur förseningar i materialtid samt produktionsrelaterade fel kan påverka den totala ledtiden. Första simulationen simulerade produktionsmiljön i “perfect conditions”, det vill säga att produktionen gjordes under optimala förhållanden.

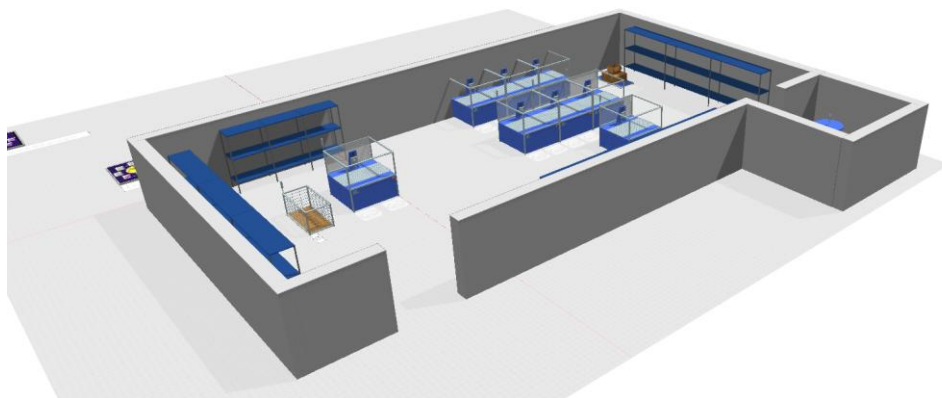
I de andra scenarion ökades graden av störningar succesivt genom att både materialförseningar och produktionsfel inkluderades. När störningsnivån var på 5%, ökade den totala ledtiden till 12,7 veckor som motsvarar ungefär 63.5 arbetsdagar. Vid 10% och 15% störningsnivå ökade den totala ledtiden betydligt mer

än vad den var i “perfect conditions”. Ett sista scenarios som även var “worst case” gjordes, där störningsnivån var på 40%. Den totala ledtiden hamnade på 18.2 veckor som motsvarar 91 arbetsdagar.

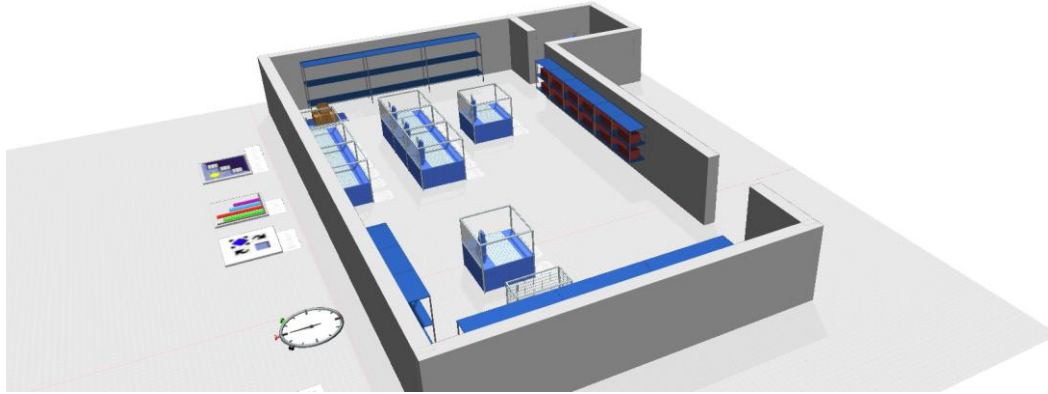
4.3.1 Representation av produktionssystemet i simuleringen

I simuleringen skapades produktionssystemet som visas i Figur 20-22, där layouten består av produktionsutrustning, transportbanor samt avgränsade väggar som bland annat ska föreställa personalrummet. Följande modell visar hur stationerna är placera samt hur produkterna är tänka att förflyttas genom anläggningen.

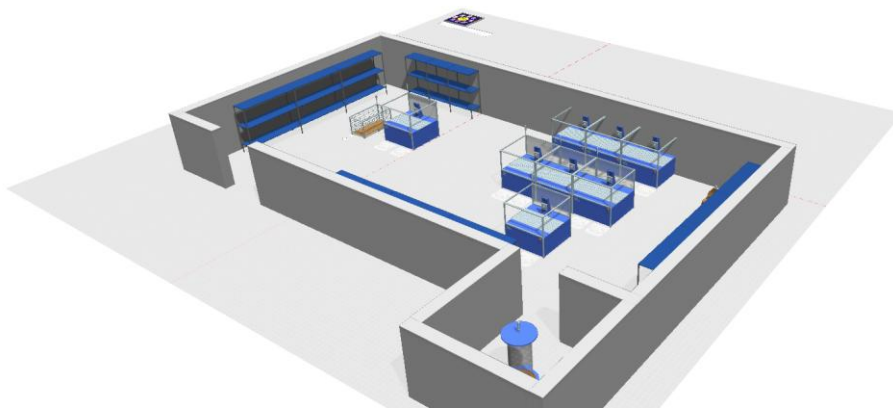
Resultatet av simuleringen visar att med hjälp av modellen kunde man få en tydlig visuell representation av produktionssystemets layout. Representationen hjälpte till med att analysera produktionssystemet och möjliggjorde snabbare identifiering av flaskhalsar och layoutproblem.



Figur 20. Översikts vy av simulerad layout som har framtagits, visar både arbetsstationer och lagerytor.



Figur 21. Perspektiv vy av samma lokal, fast annan vinkel som visar tydligare gångtytor mellan arbetsstationer.



Figur 22. Alternativ vy som visar placering av maskiner samt utrusning.

4.4 Safety stock för Ranlos

RanLOS har cirka 4-5 kundordrar per år och för att räkna ut standardavvikelsen, med antagandet enligt Poissonfördelning blir det:

$$\sigma = \sqrt{(4)} = 2$$

Ledtiden i optimala förhållanden är 10 veckor och omräknat till år blir det:

$$LT = \frac{10}{52} = 0.192$$

Eftersom RanLOS jobbar med kundorderstyrd produktionssystem är det extra viktigt att leveranssäkerheten är hög. Av följande anledningar välj en servicenivå på 99% och gör att säkerhetsfaktorn ligger på **k=2,33** enligt tabell x.

Säkerhetslagret kan nu beräknas med våra värden:

$$SS = 2,33 \cdot 2 \cdot \sqrt{(0.192)} \sim 2.04$$

Resultatet visar att RanLOS borde sikta på ett säkerhetslager som motsvarar två produkter. På grund av att Ranlos inte har så hög kundefterfrågan blir också beräkningen för standardavvikelsen förenklad. Därmed bör resultatet tolkas mer som en uppskattning och inte som ett exakt dimensioneringsvärde.

5. Diskussion

Detta kapitel kommer att dra slutsatser resultatet som presenterades innan. Kapitlet kommer även analysera och besvara problemformuleringarna.

5.1 Analys av Value stream map

Resultatet från Value stream mappen visar att produktionsflödet är beroende av intern och extern materialförsörjning. På grund av att materialet beställs in först när en viss procent av produkten har betalats av minskar Ranlos onödig lagerhållning. Men detta medför även en risk att produktionen blir känslig för förseningar. Om inte materialet kommer in i tid eller kommer med defekter kommer produktionsflödet att behöva förskjutas fram som i sin tur påverkar ledtiden till kunden.

Resultatet visar även att stationerna kräver minst två montörer för att arbetet ska kunna genomföras i optimala förhållanden. Detta gör att Ranlos behöver minst 2 montörer tillgängliga under tiden produktionen sker, om bemanningen är lägre än planerat kan processtiderna öka och detta ser man från simuleringen. Redan vid scenariot "5%" framgår det att processen tar nästan fyra arbetsdagar längre. Skulle bemanningen vara lägre en längre period kommer det resultera till längre ledtider som simuleringen också visa.

Value stream mapping valdes för att den var lämpligast för att kartlägga både material samt informationsflödet i produktionsprocessen. Denna metod gav en överblick på hur produktionen ser ut, hur lång tid det tar för vissa stationer och hur materialet styr produktionen. Eftersom arbetet handlar om att analysera produktionssystemet och identifiera förbättringsmoment var metoden relevant.

VSM kommer även att bidra till en kultur av kontinuerlig förbättring inom RanLOS. Att arbeta med både nulägeskartor samt framtidskartor kan RanLOS identifiera utvecklingsmöjligheter i produktionssystemet. Detta innebär att RanLOS inte enbart reagerar på när problem uppstår, utan de kommer jobba proaktivt för att utveckla sin produktion som blir både stabilare samt mer effektiv (Martin & Osterling, 2014).

5.2 Analys av Simulation

Under arbetets gång gjordes även fem simuleringar som undersökte olika scenarios när leddtiden för materialen försenades samt produktionsrelaterade fel. Resultatet av simuleringarna var att produktionsflödet var känsligt för störningar och detta förtydligade att leddtiden blev längre vid störningar.

Resultatet från dessa scenarios visar att förseningar i materialflödet i kombination med fel i produktion har en negativ påverkan på den totala leddtiden. Skillnaden från referensscenariot "perfect conditions" och det mest påverkade störning scenariot 40%, blev en ökning på 6.32 veckor som motsvarar 31.6 arbetsdagar. Resultaten indikerar på att små som stora störningar kommer ge märkbara konsekvenser för den totala leddtiden. Därmed hjälpte simuleringen med att visa vikten av stabila materialleveranser samt minska fel i produktionen för att kunna minska risken för förseningar.

Resultatet från simulationen hjälper även till med att svara på forskningsfrågan som handlar om: Hur produktionssystemet bör utformas för att säkerställa ett kostnadseffektivt och kvalitetssäkrat flöde från materialanskaffning till leverans. Från simuleringen ser man att produktionssystem inte handlar bara om placering av arbetsstationer, utan även om att skapa stabila materialflöden och minska risken för produktionsfel. För att kunna uppnå en mer kvalitetssäkrat flöde behöver RanLOS arbeta med tydliga rutiner samt bättre kontroll över materialförsörjningen.

Dock finns det avgränsningar i metoden som har använts. Simuleringen bygger på antaganden samt tider som har samlats genom intervjuer, observationer och intern data. På grund av att Ranlos inte har en produktion i hög volym finns det en begränsad historik data att utgå ifrån. Med detta sagt, så bör inte resultatet ses som exakta prognoser, utan snarare som ett hjälpmedel som kan visa hur produktionen reagerar vid olika scenarios. Modellen tar inte heller hänsyn till ergonomi, montörernas arbetstakt samt hur lång tid det tar för inläring.

För att simuleringens noggrannhet ska bli så optimal som möjligt bör framtida arbeten fokusera på att samla mer produktionsdata över en längre tidsperiod. Att bygga ut modellen med fler variabler, såsom varierande ordervolymer och alternativa materialstragier gör modellen mer komplett och ett starkare verktyg för Ranlos med att identifiera förbättringsområden.

5.3 Layout

Till skillnad från tidigare produktion krävs det inte längre två lokaler för att producera. Inte bara att alla monteringssteg kan ske i samma rum utan arbetsmomenten har även underlättats. Det roterbara bordet i den optimerade layouten gör att monteringssteg 4 till 6 blir mer ergonomisk och sparar tid då antennbommen inte längre behöver ligga på golvet och behöver inte två personer att roteras då detta krävs för montering på baksidan och kan uppnås vid fästning till bordet. Arbetsmoment 1 till 3 sker över tre bord intill varandra istället för splittring vilket utnyttjar mindre plats och underlättar förflyttningar mellan stationer. En annan stor fördel med den slutliga layouten är att alla redskap och förbindningselement som behövs för att utföra produktionen ligger nu ihopsamlat på hyllor nära arbetsstationerna istället för att vara splittrat mellan två rum. Detta medför därmed snabbare montering och även mindre risk för att mista redskap när de behövs. En till faktor att ta hänsyn till är att teststationen samt material och yta för paketering är också närvarande i rummet. Alltså faktumet att alla stationer i produktionen är placerade i en och samma lokal minskar ledtiden för förflyttningar av produkt och material sammantaget. Ytan för att bevara produktionselement har också tagits med (box kallat "Material").

Dock finns det ett besvär med den nya lokalen. Toaletter finns endast vid kontoren och denna lokal befinner sig på en annan våning. Tiden det tar att gå mellan kontoret och lokalen ligger som sagt på cirka 4 minuter vilket inte är ideellt för montörer. Men detta är också ett problem med dagens produktion eftersom den optimerade layouten har byggts ut från den mindre lokalen, därmed har skiftet av svårigheten mindre påverkan.

Med detta sagt, då denna layout än inte har implementerats i praktiken, har tider inte kunnat tas och jämföras med den nuvarande produktionen. Därför har noggranna rimlighetsbedömningar diskuterats med RanLOS för att komma fram till slutsatsen att med största sannolikhet kommer den optimerade layouten öka produktionens effektivitet, särskilt då gångavståndet mellan företagets nuvarande lokaler ligger på cirka 4 minuter och även då stationer och material är mer lättillgängliga. Detta svarar därmed frågan om hur materialflödet i lokalen kan optimeras för att undvika flaskhalsar.

Valen av metoder från SLP berodde på informationen som gavs ut av företaget samt deadlinedatum för inlämning av denna rapport. Genom anteckningar ifrån intervjuer och mejlkorrespondens med RanLOS kunde ett komplett SSLP genomföras. Men på grund av den tydliga och kompletta informationen som RanLOS svarade med samt den tidspress som fanns för att slutföra detta examensarbete, gjordes en muntlig analys över hur metoden skulle utföras. Endast relationship chart valdes att utföra från SSLP då den ger en klar bild över vilka stationer som är beroende av varandra och därifrån kunde placering av stationerna motiveras. Därefter, genom den dokumenterade informationen från RanLOS samt förståelse över deras nya lokal och rimlighetsbedömningar med företaget kunde ett slutligt förslag tas fram.

Gällande möjligheter för vidareutveckling av layouten kan ett komplett SSLP åstadkomma ett nytt säkrare resultat.

Den ergonomiska aspekten i arbetet är också en faktor som kan analyseras mer. En systematisk metod som kan användas är REBA (Rapid Entire Body Assessment). Denna metod används för att analysera belastning på kroppen i olika arbetsställningar och passar särskilt bra när arbetsprocesser kräver varierande ställningar och rörelser (Stanton et al., 2004). Detta kan leda till idéer om implementation av ergonomiska funktioner hos arbetsstationerna.

En annan metod som kan ge ut information för mer optimering är FMEA (Failure Mode and Effects Analysis). Denna metod är till för att identifiera flera möjliga fel i en process eller produkt innan det sker för att förebygga problem i produktionen. Ett exempel som kan kopplas till layoutoptimering är om man hittar potentiella händelser som kan leda till fel i processerna, därmed kan processer reformeras. FTA (Fault Tree Analysis), som är ytterligare en systematisk metod, är ett bra komplement till FMEA då risker analyseras mer individuellt på djupet. Man börjar med ett specifikt oönskat resultat och hittar vilka orsaker som leder till detta fel genom att arbeta bakåt i ett "träd" där grenarna är de potentiella orsakerna.

För att kunna förebygga förvirring för nyanställda montörer hos RanLOS är HTA (Hierarchical Task Analysis) en lämplig metodik. Meningen med HTA är att bryta ner en process till mindre delar i en hierarki (Stanton et al., 2004). Metoden är till för att skapa en karta över hur en uppgift faktiskt genomförs, vilka steg som ingår och vart det kan uppstå problem eller onödiga moment. För nyanställda montörer kan detta spara tid för upplärning av arbetsmomenten vilket i sin tur sparar besvär i produktionen.

6. Slutsats

Syftet med arbetet var att analysera RanLOS produktionssystem och hjälpa till med att utforma ett mer kostnadseffektivt, kvalitetssäkrat samt skalbart produktionsflöde från materialanskaffning till leverans. Arbetet avgränsades endast till produktionsfasen samt den interna produktionslogistiken. Observationer, intervjuer, value stream mapping, SSLP och DES simulation användes som metoder i arbetet för att hjälpa till med kartläggning och att identifiera förbättringsmöjligheter. Analysen visade att RanLOS goda möjligheter för förbättring i både produktion samt den interna logistiken.

Arbetets huvudfrågeställning löd: Hur bör produktionssystemet utformas för att säkerställa ett kostnadseffektivt och kvalitetssäkrat flöde från materialanskaffning till leverans? Resultaten visar att produktionssystemet bör utformas efter en more lean-orienterad filosofi med tydligt materialflöde, där arbetsstationerna placeras nära för att minska onödiga rörelser. RanLOS fick en ny lokal där produktionen samlades i en gemensam lokal, istället för att den skulle vara uppdelad. Detta medförde att onödiga transporter minskades, förbättrade produktionsöverblicken samt ett stabilare flöde.

En av underfrågorna var: Hur kan materialflödet i lokalen optimeras för att undvika flaskhalsar?

Här visade resultaten att materialflödet kan optimeras och detta görs genom att placera arbetsstationer med starka beroenden nära varandra. Med hjälp av relationship chart och layoutanalys kunde man besluta om att stationernas placering kommer vara avgörande för att minska onödiga rörelser och väntetider. Den framtagna layouten kommer medföra ett mer effektivt arbetsflöde i jämförelse med nuläget, då produktionen är uppdelad mellan två lokaler.

Den andra underfrågan var: Vad för safety stock krävs för att minimera risken för ökad ledtid?

Utifrån beräkningar bör RanLOS ha ett säkerhetslager på ungefär två produkter. Även fast resultatet borde betraktas som en uppskattning på grund av den låga efterfrågan och den begränsade mängden data, visar analysen att ett visst säkerhetslager kan vara rimligt att införa. Detta för att minska risken för materialförseningar, kvalitetsproblem och produktionsstopp. Dock måste företagets ekonomi kunna följa med. Då RanLOS arbetar med kundorderstyrning och lågvolymsproduktion, bör därmed säkerhetslagret balanseras efter ökad kapitalbindning.

Vid analys av ökade produktionsrelaterade fel, i simulationen, ökade den totala ledtiden tydligt vilket visar på att produktionssystemet är känsligt för störningar. För att RanLOS ska kunna uppnå en hög leveranssäkerhet krävs stabil materialförsörjning, förebyggande av att fel ska uppstå och tydliga arbetsrutiner. Standardiserade arbetssätt som bör kombineras med den föreslagna layouten för att skapa en mer hållbar och förutsägbar produktionsmiljö är bland annat Lean samt 5S.

Sammanfattningsvis visar arbetet att RanLOS bör gå mot en mer strukturerad och flödesorienterad produktionslayout. För att skapa bättre förutsättningar för minskat slöseri, kortare interna transportsträckor och högre leveranssäkerhet, borde materiallager, arbetsstationer och testning placeras utifrån produktens naturliga väg genom produktionen. Genom att ta fram ett beslutsunderlag för hur RanLOS kan utveckla sitt produktionssystem inför framtida serieproduktion har arbetet därmed uppfyllt sitt syfte. Inför fortsatta arbeten, rekommenderas RanLOS att verifiera den föreslagna layouten i praktiken, samla in och dokumentera mer data över produktionen över tid, samt vidareutveckla simuleringen för att skapa en mer korrekt digital tvilling vilket leder till mer säkrare beslut.

Referenslista

AnyLogic. (u.å.). Changing Facility Layout Design to Increase Throughput in a Steel Service Center. Hämtad 2 mars 2026 från

<https://www.anylogic.com/resources/case-studies/changing-facility-layout-design-to-increase-throughput-in-a-steel-service-center/>

Education Leaves. (u.å.). What is plant Layout-Objectives of plant layout, 4 Types of Plant layout. Hämtad 10 april 2026 från <https://educationleaves.com/what-is-plant-layout-types-of-plant-layout/>

Elahi, B. (2021). Manufacturing Plant Layout Improvement: Case study of a High-Temperature Heat Treatment Tooling Manufacturer in Northeast Indiana. *Procedia Manufacturing*, 53, 24–31. Hämtad 2 mars 2026 från <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978921000068>

Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2023). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management* (14. uppl.). Pearson.

Jacobs, F. R., Berry, W. L., Whybark, D. C., & Vollmann, T. E. (2011). *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management* (6. uppl.). McGraw-Hill.

Jayakumar, A., & Raghunayagan, P. P. (2018). Design of Cellular Layout. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 5(4), 260–263. Hämtad 21 april 2026 från https://ijiset.com/vol5/v5s4/IJISSET_V5_I04_41.pdf

Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2025). *Manufacturing Engineering and Technology* (9. uppl.). Pearson.

Khaewsukkho, S. (2008). *NEW APPROACHES FOR DESIGN OF HIGH-MIX LOW-VOLUME FACILITIES* [Doktorsavhandling, The Ohio State University]. OhioLINK Electronic Theses and Dissertations Center. Hämtad 21 april 2026 från https://etd.ohiolink.edu/acprod/odb_etd/ws/send_file/send?accession=osu1211984904&disposition=inline

Larsson, O. (2025). *Layout-planering* [PowerPoint-presentation]. Canvas.

Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The Toyota way fieldbook : a practical guide for implementing Toyota's 4Ps*

Martin, K., & Osterling, M. (2014). Value stream mapping : how to visualize work and align leadership for organizational transformation. McGraw-Hill Education.

Masaryk University. (2007). Kapitel 7: Facility Layout. Hämtad 19 april 2026 från https://is.muni.cz/el/econ/jaro2007/PHOM/um/Chapter_7_Facility_layout.pdf

Muther, R., & Hales, L. (2015). Systematic Layout Planning SLP (4. uppl.). Management & Industrial Research Publications.

Muther, R., & Wheeler, J. D. (1962). Förenklad systematisk lokalplanläggning (K. Haganäs & G. D. Svensson, övers. & bearb.). Svenska Arbetsgivareföreningen; Sveriges Rationaliseringsförening (SRF); Rationaliseringstekniska Institutet (RATI).

Slack, N., Brandon-Jones, A., & Burgess, N. (2022). Operations management (10. uppl.). Pearson.

Stanton, N. A., Hedge, A., Brookhuis, K., Salas, E., & Hendrick, H. W. (red.). (2004). Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods. CRC Press.

van Loon, P. (2025). Basic Data [PowerPoint-presentation]. Canvas.

https://canvas.chalmers.se/courses/36826/files/4362117?module_item_id=637312

van Loon, P. (2025). L11 – Lean – Value stream mapping [PowerPoint-presentation]. Canvas.

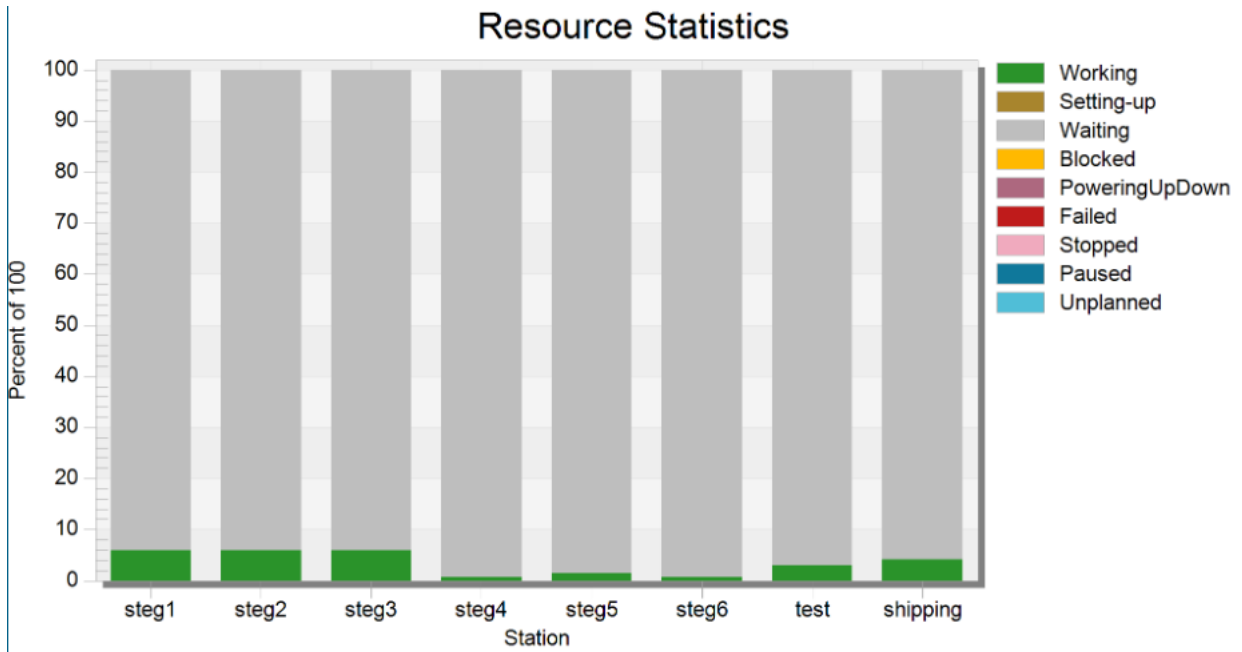
https://canvas.chalmers.se/courses/36826/files/4436956?module_item_id=646865

van Loon, P. (2025). Safety stocks, lot sizing, planning, parameters [PowerPoint-presentation]. Canvas.

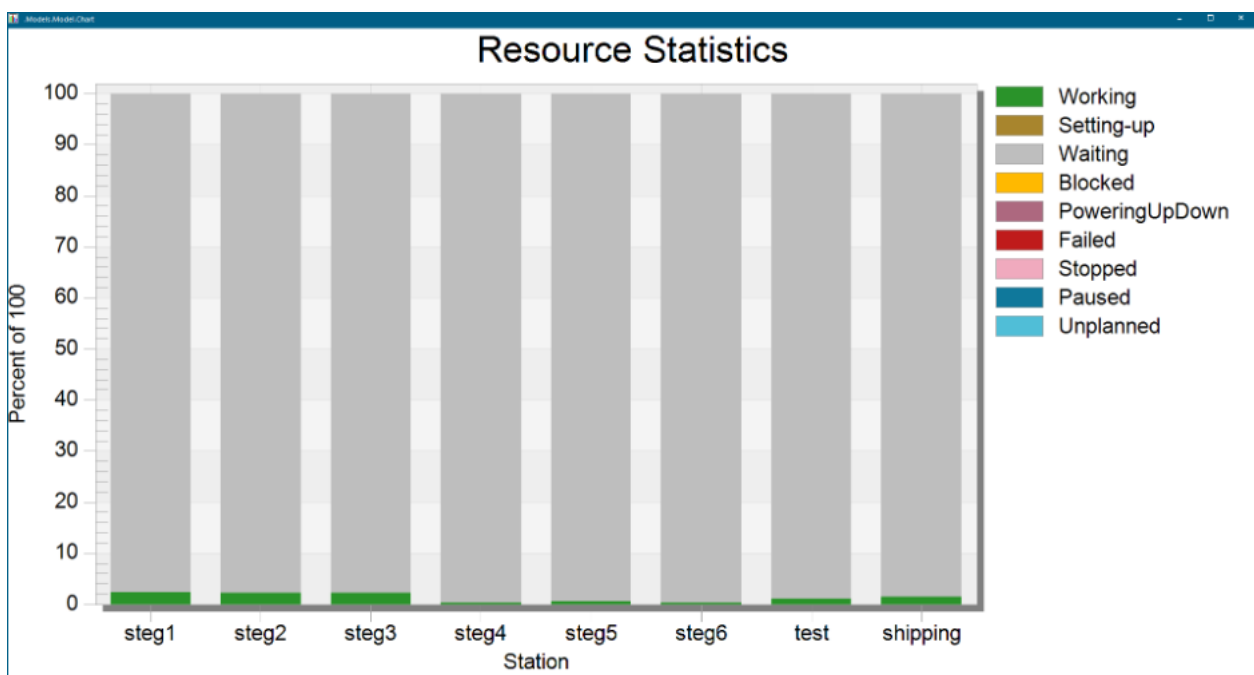
https://canvas.chalmers.se/courses/36826/files/4371993?module_item_id=640318

Westerlund, L., & Wåågh, M. (2016). Utformning av metodik för effektivisering av produktionslayout: En fallstudie hos Eco Log Sweden AB. Examensarbete, Högskolan i Gävle. Hämtad 1 mars 2026 från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:945206/FULLTEXT01.pdf>

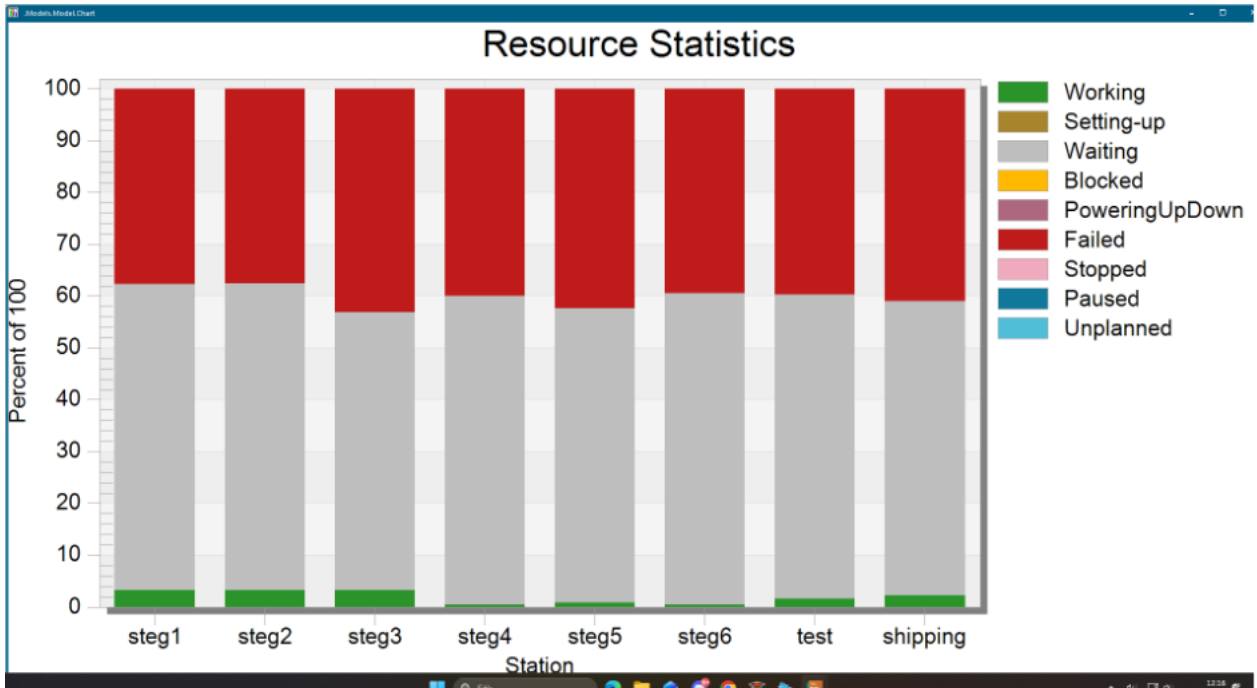
Bilaga A



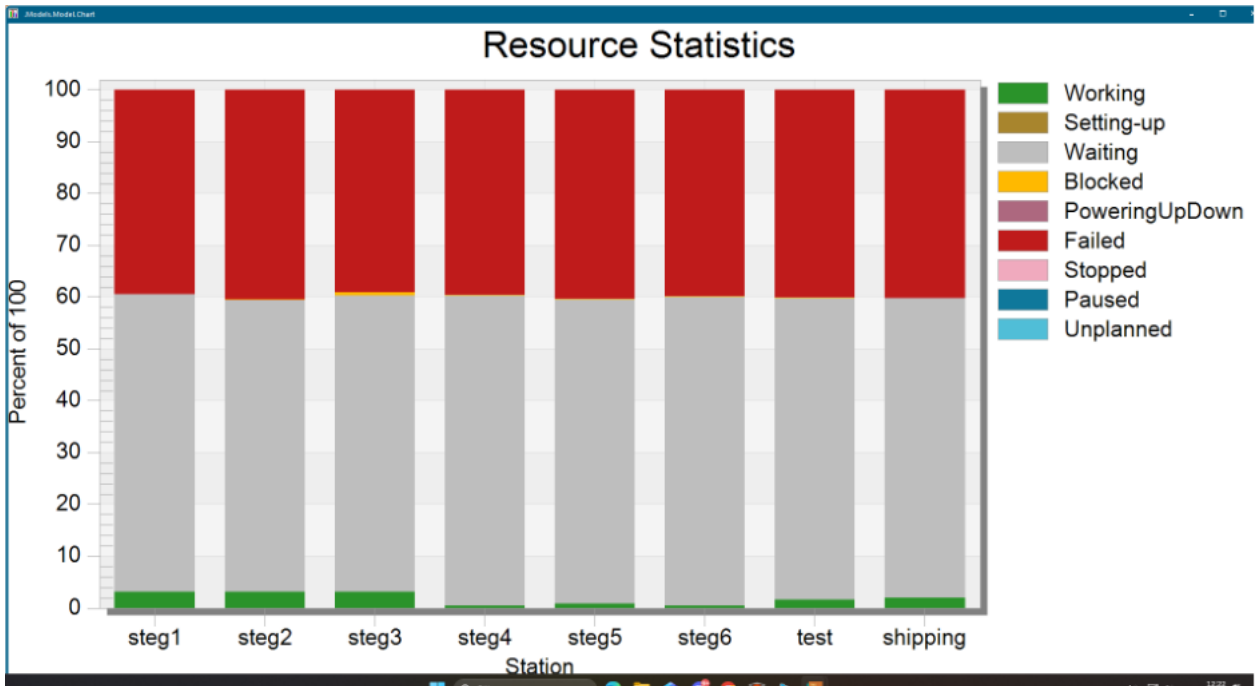
Bilaga B



Bilaga C



Bilaga D



**INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH
MATERIALVETENSKAP**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2026

www.chalmers.se



CHALMERS