



INGENJÖRSHÖGSKOLAN
HÖGSKOLAN I JÖNKÖPING

ANALYS AV MONTERINGSLINAN FÖR LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT (EC)

Martin Almgren

Josef Tryggvesson

**EXAMENSARBETE 2006
INDUSTRIELL ORGANISATION OCH EKONOMI**



INGENJÖRSHÖGSKOLAN
HÖGSKOLAN I JÖNKÖPING

ANALYS AV MONTERINGSLINAN FÖR LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT (EC)

ANALYSIS OF THE ASSEMBLY LINE FOR
AIR HANDLING UNITS (EC)

Martin Almgren

Josef Tryggvesson

Detta examensarbete är utfört vid Ingenjörshögskolan i Jönköping inom ämnesområdet industriell organisation och ekonomi. Arbetet är ett led i den treåriga högskoleingenjörsutbildningen. Författarna svarar själva för framförda åsikter, slutsatser och resultat.

Handledare: Bertil Olaison

Omfattning: 10 poäng (C-nivå)

Datum: 2006-05-23

Arkiveringsnummer:

Postadress:
Box 1026
551 11 Jönköping

Besöksadress:
Gjuterigatan 5

Telefon:
036-10 10 00 (vx)

Abstract

The purpose of the work is to analyze and balance an assembly line at Fläkt Woods in Jönköping. The work is going to answer the questions about today's throughput time, how much waste that occurs, number of staff at the assembly line, how the supply of material works and possible improvements that can be made at the work stations. The work is also going to give a proposal of improvements that can be made.

The methods used to get the result include observations and measurements, conversations with technicians and operators and also data from Fläkt Woods' database.

Large variations in throughput time are measured during the measure period, from 3 hours up to 5 hours and 35 minutes. These variations depend mainly on the time the air handling unit spends between the stations. The identification of the bottleneck was shown that it occurred in the last station in the assembly line. This results in a *pressure* from the stations behind with a long throughput time as a consequence. The largest source of waste is the operators' waiting time. The measures that have been made show that the operators wait 33.4 % on average of the time available. The number of operators varies from ten to twelve during the measure period. This number of operators is too high in consideration of the high waiting times. It results in difficulties for the operators to move between the stations because every station is fully manned. The supply of larger components for example fans, batteries, rotary heat exchangers and dampers for the air handling units are made by a truck driver. This leads to disorder in the work stations and fixed positions for a number of smaller components and tools go missing.

The analysis of the result shows that the pressure that occurs in the assembly line results in high throughput time because the units wait a long time between the stations. To eliminate these waiting times, a *suction* must be created. The difficulties for the operators to move between the stations can be solved with a lower number of operators. This makes it easier for the operators to move between the stations and reduce the waiting time for the operators.

Key words

Method of production, assembly line, balancing, throughput time, bottleneck, staff division, capacity, waste

Sammanfattning

Syftet med arbetet är att göra en analys av en monteringslina på Fläkt Woods i Jönköping för att kunna balansera den. Arbetet ska ge svar på nuvarande genomloppstid, vilket slöseri som förekommer, vilken bemanning som krävs, hur materialtillförsel fungerar samt möjliga förbättringar som kan göras på arbetsstationerna. Det ska även ge ett förslag på förbättringar som kan genomföras.

Metoderna som använts för att få fram resultatet var att utföra observationer och mätningar, samtala med produktionstekniker och operatörer samt erhålla data från Fläkt Woods.

Genomloppstiden genom monteringen varierade kraftigt under mätperioden, från 3 timmar upp till 5 timmar och 35 minuter. Detta berodde i första hand på väntetider mellan stationerna. Identifiering av flaskhalsen visade att den var sista stationen i monteringslinan. Detta medförde att ett *tryck* skapades med lång genomloppstid som följd. Operatörernas väntetider är den största källan till slöseri. De mätningar som gjordes visade att samtliga väntetider uppgick till 33,4 % i genomsnitt av den tillgängliga tiden. Antal operatörer under mätperioden varierade mellan tio och tolv operatörer. Denna bemanning är för hög med tanke på de höga väntetiderna. Den höga bemanningen medför svårigheter för operatörerna att flytta sig mellan stationerna eftersom de är fullbemannade. Materialtillförseln av stora komponenter såsom fläktar, batterier, värmeväxlare och spjäll utförs av en truckförare på monteringslinan. Observationerna har visat på att oordning i arbetsstationerna förekommer, där fasta platser för verktyg och flera mindre komponenter saknas.

Analysen av resultatet visar på att det tryck som förekommer på monteringslinan bidrar till hög genomloppstid eftersom produkterna väntar länge mellan stationerna. Kan ett *sug* skapas elimineras dessa väntetider, vilket reducerar genomloppstiden. Svårigheterna för operatörerna att flytta sig mellan stationerna kan lösas genom en bemanning med färre operatörer. Detta kan även minska operatörernas väntetider eftersom det hela tiden finns arbete att utföra.

Nyckelord

Produktionsteknik, monteringslina, balansering, genomloppstid, flaskhals, bemanningsfördelning, kapacitet, slöseri

Innehållsförteckning

I	Inledning	6
1.1	PRESENTATION AV FLÄKT WOODS.....	6
1.2	PROBLEMBESKRIVNING.....	7
1.3	SYFTE OCH MÅL	8
1.4	AVGRÄNSNINGAR.....	9
1.5	DISPOSITION.....	9
2	Teoretisk bakgrund	10
2.1	TEORINS FOKUS.....	10
2.2	ELIMINERING AV SLÖSERI	10
2.3	BALANSERING.....	12
2.3.1	<i>Produktionslinans layout</i>	13
2.3.2	<i>Precedensdiagram</i>	13
2.3.3	<i>Linjebalansering</i>	14
2.3.4	<i>Taktstyrning</i>	18
2.3.5	<i>Parallellgruppering</i>	18
2.4	KAPACITET.....	19
2.4.1	<i>Aktivitetmix</i>	20
2.4.2	<i>Förändring av kapacitet</i>	20
2.4.3	<i>Flaskhalsen</i>	20
2.5	BEMANNING.....	22
2.5.1	<i>Arbetsuppgiftsfördelning</i>	22
2.5.2	<i>Ergonomi</i>	23
3	Genomförande	25
3.1	KARTLÄGGNING AV DAGSLÄGET.....	25
3.2	TILLVÄGAGÅNGSSÄTT	26
4	Resultat	27
4.1	GENOMLOPPSTID.....	27
4.2	FLASKHALS	28
4.3	SLÖSERI	28
4.4	BEMANNING.....	31
4.5	MATERIALTILLFÖRSEL	32
4.6	ARBETSSTATIONER	32
5	Diskussion och analys	34
5.1	ANALYS AV RESULTATET	34
5.1.1	<i>EC-linans flaskhals</i>	34
5.1.2	<i>EC-linans produktivitet</i>	35
5.1.3	<i>Slöseri</i>	35
5.1.4	<i>Ledarskap</i>	36
5.1.5	<i>Materialtillförsel</i>	36
5.2	BALANSERINGSFÖRSLAG.....	36
5.2.1	<i>Bemanningsfördelning</i>	37
5.2.2	<i>Arbetsinnehållet i stationerna</i>	37
5.2.3	<i>Förbättringar i arbetsstationerna</i>	38
5.2.4	<i>Dagsmål</i>	38
5.2.5	<i>Ledarskap</i>	39
5.2.6	<i>Resultat av förslaget</i>	39
5.3	FÖRSLAG FÖR FRAMTIDEN.....	41

6	Referenser.....	44
7	Sökord.....	45
8	Bilagor.....	46

Figurförteckning

- Figur 1. Takdon
- Figur 2. Väggdon
- Figur 3. Terminalapparat
- Figur 4. Roterande värmeväxlare
- Figur 5. EC-aggregat
- Figur 6. EU-aggregat
- Figur 7. Tidslina med värde- och icke-värdeadderande aktiviteter
- Figur 8. Produktionslina (Olhager, 2000)
- Figur 9. Precedensdiagram inför linjebalansering (Olhager, 2000)
- Figur 10. Linjebalansering med längsta operationstid först (Olhager, 2000)
- Figur 11. Beräkning av positionsvikter (Olhager, 2000)
- Figur 12. Linjebalansering med positionsviktsmetoden (Olhager, 2000)
- Figur 13. Sammanställning av de två lösningarna till linjebalansering (Olhager, 2000)
- Figur 14. Parallellgrupperingsalternativ vid produktionslinor (Olhager, 2000)
- Figur 15. EC-lina illustrerad som produktionslina
- Figur 16. Diagram över genomloppstider per dag
- Figur 17. Ett aggregats operationstid i genomsnitt per station
- Figur 18. Fördelning mellan total väntetid och operationstid av den totala tillgängliga tiden
- Figur 19. Fördelning mellan de olika väntetiderna
- Figur 20. Andel väntetider mellan stationerna och andel operationstider i genomsnitt av totala genomloppstiden
- Figur 21. Förslag på antal operatörer per station på EC-linan

I Inledning

Denna rapport innehåller ett arbete gjort på Fläkt Woods i Jönköping. Analys har gjorts på monteringslinan för produkten EC som är ett av företagets luftbehandlingsaggregat. Den huvudsakliga uppgiften var att balansera monteringen av EC-aggregat. För att få fram resultatet har observationer och mätningar samt samtal med produktionstekniker och operatörer utförts. Information från Fläkt Woods databas har också använts.

I.1 Presentation av Fläkt Woods

Fläkt Woods är ett av de ledande företagen inom ventilationsprodukter för både mindre och större anläggningar. Fläkt Woods-koncernen är representerad i nästan hela världen och i Sverige har de tillverkning i Jönköping, Växjö, Aneby, Järna, Enköping och Söderköping. I Jönköping, med sina 600 anställda, tillverkas luftbehandlingsaggregat, värmeväxlare samt don och terminalapparater. För att ge ökad förståelse för de produkter Fläkt Woods i Jönköping tillverkar, beskrivs dessa kortfattat.

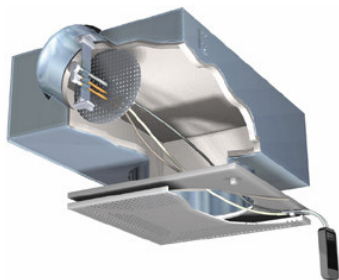
Don är de redskap som fördelar luften inne i rummen. De finns i flera olika utföranden och kan sitta både i taket (Figur 1) och på väggen (Figur 2).



Figur 1



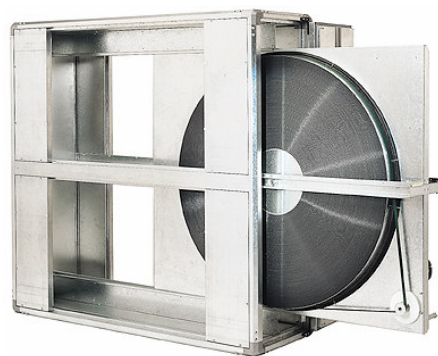
Figur 2



Terminalapparater (Figur 3) är placerade på luftkanalen och fördelar luft mellan olika rum.

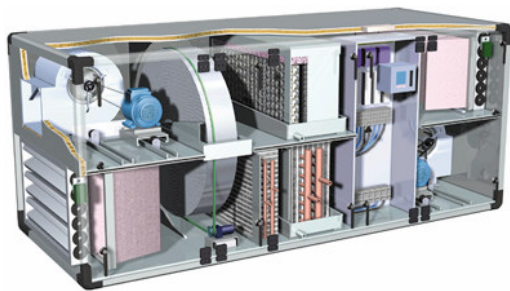
Figur 3. Terminalapparat

Värmeväxlare (Figur 4) roterar konstant i luftbehandlingsaggregatet och återvinner ungefär 70 % av värmen eller kylan från frånluften som sedan används i tilluften.



Figur 4. Roterande värmeväxlare

Luftbehandlingsaggregat är hjärtat i ventilationssystemet och levererar ren luft ut i anläggningen. De finns i flera olika storlekar beroende på användningsområde. Aggregaten består bland annat av fläktar, filter, värmväxlare, spjäll som reglerar luftflödet, kyl- och värmebatterier samt styr- och reglerutrustning. Fläkt Woods tillverkar tre olika typer av luftbehandlingsaggregat; EU, EC och Sting. Sting är ett standardiserat kompakt aggregat som används till mindre anläggningar. EC (Figur 5) är relativt kompakt men kan behandla större anläggningar än Sting. EU (Figur 6), som är det aggregat de säljer mest av, har störst möjlighet att anpassas efter kundens krav och även klara av de största anläggningarna.



Figur 5. EC-aggregat



Figur 6. EU-aggregat

Detta arbete är koncentrerat på monteringen av EC-aggregat, eftersom företaget i dagsläget har problem med att leverera EC-aggregaten i tid. En mer utförlig beskrivning av problemet kan läsas under rubriken *1.2 Problembeskrivning*.

1.2 Problembeskrivning

Dagens marknad kräver mer och mer kundanpassade produkter och flexibilitet av företagen. För att företag ska kunna överleva på denna marknad måste de anpassa sin produktion efter marknadskraven på produktvariation och leveransprecision.

På Fläkt Woods tillverkas samtliga EC- och EU-aggregat efter kundorder eftersom det ställs stora krav från kunder att aggregaten är anpassade efter deras anläggning och behov av luftkvalitet. Detta gör att få aggregat är det andra likt, vilket medför att Fläkt Woods behöver hantera en otrolig mängd varianter av aggregat. Denna variation ställer stora krav på Fläkt Woods planering, tillverkning och montering.

Problemet som ska undersökas är montering av EC-aggregat där många leveranser idag blir försenade. Ett annat problem är att kunna öka kapaciteten vid behov med hjälp av extra bemanning.

EC-aggregaten tillverkas idag på en rak linan med fem olika monteringsstationer. Variationen mellan de olika aggregaten är stor framförallt gällande dess storlek och innehållande komponenter. Detta beror på att luftbehandlingsaggregaten både monteras uppdelade i block samt i hela aggregat. Att ett aggregat är blockuppdelat innebär att det är uppdelat i delar som sedan monteras ihop i anläggningen. Detta förenklar transport, hantering och installation. Variationerna mellan blockuppdelade och hela aggregat leder till svårigheter att balansera linan, vilket leder till försenade leveranser samt höga balanseringsförluster.

1.3 Syfte och mål

Syftet med arbetet är att balansera EC-linan med hjälp av teoretisk fakta, förkunskaper och analyser samt ge en beskrivning om EC-linans dagsläge gällande:

- Hur lång är nuvarande genomloppstid?
- Hur stort slöseri förekommer i form av väntetider, onödiga eller felaktiga resurser, onödiga rörelser och outnyttjad personalkreativitet?
- Vilken bemanning krävs när övergång till tvåskift sker?
- Hur fungerar materialtillförseln samt transporter till emballering?
- Vilka förbättringar kan genomföras på arbetsstationerna?

Efter genomförda analyser ska ett eller flera förslag tas fram på hur monteringen av EC-aggregat kan balanseras för att få ett jämnare flöde.

Målet med arbetet är att minska de nuvarande problemen som finns i monteringen. Effekterna av arbetet ska leda till:

- Minskade balanseringsförluster
- Kortare genomloppstider
- Ökad produktivitet
- Ökad leveransprecision
- Minskad kapitalbindning i produkter i arbete (PIA) och lager

Arbetet ska även visa på vilken minsta bemanning som krävs på EC-linan samt hur kapaciteten ska öka vid ökad volym av EC-aggregat.

I.4 Avgränsningar

Arbetet är avgränsat till att enbart undersöka montering av EC-aggregat. EU-samt Sting-aggregat har valts bort för att begränsa arbetet. Arbetet tar inte hänsyn till några faktorer före eller efter monteringen utan är endast koncentrerad till EC monteringslina.

De undersökningar och beräkningar som genomförs kommer att utgå från ett visst antal representativa EC-aggregat på grund av den otroliga mängd och variation som förekommer.

I.5 Disposition

Rapporten är indelad i fem huvuddelar.

- *Inledning.* Beskriver Fläkt Woods bakgrund, problembeskrivning, syfte och mål samt rapportens avgränsningar.
- *Teoretisk bakgrund.* Innehåller den teoretiska fakta som finns inom området och ligger till grund för de resultat och analyser som genomförts.
- *Genomförande.* Beskriver vilka metoder som använts för att uppnå resultatet.
- *Resultat.* Presenterar resultaten från de metoder som använts.
- *Diskussion och analys.* Innehåller en avslutande analys av de uppnådda resultaten samt förslag till förbättringar.

2 Teoretisk bakgrund

I följande kapitel beskrivs den teoretiska bakgrund som ligger till grund för de resultat och analyser som genomförts.

2.1 Teorins fokus

Kundanpassning har blivit allt mer viktigt för företag att arbeta med. Företag behöver därför förstå kundernas behov och önskemål. Det är kunderna som i stor utsträckning påverkar företagets flöden i produktion och distribution och den ökade kundanpassningen ställer stora krav på företags flexibilitet (Storhagen, 2003).

Fläkt Woods tillverkar samtliga EC-aggregat på kundorder vilket ställer höga krav på korta ledtider, låga kostnader och en flexibel produktion som kan hålla hög leveransservice. Leveransservice innefattar leveranssnabbhet och leveransprecision. Kostnader innefattar alla kostnader i produktionen som påverkar de totala produktionskostnaderna, exempelvis materialkostnader, kapitalkostnaden för produkter i arbete (PIA) och lager, lönekostnader och kvalitetsbristkostnader. Att identifiera och minimera dessa kostnader är nödvändigt för att fortsättningsvis vara konkurrenskraftig på marknaden.

Detta arbete fokuserar på att öka leveransservice mot kunder och bibehålla eller sänka kostnader på monteringen av EC-aggregat. Hos tillverkande företag är detta en vanlig effekt som benämns *trade-off*. Ökad leveransservice leder ofta till ökade kostnader främst i PIA och lager. Slack & Lewis (2002) beskriver *trade-off* som ”det man vinner i en egenskap förlorar man i en annan”.

Därför belyser teorin utifrån problembeskrivningen följande områden:

- Eliminering av slöseri på monteringslinan
- Balansering av monteringslinan
- Monteringslinans kapacitet
- Bemanning på monteringslinan

2.2 Eliminering av slöseri

I alla produktionsflöden förekommer slöseri av olika slag. Detta gäller även monteringslinor. Därför är det viktigt att analysera vilka slöseri som förekommer för att kunna eliminera dem.

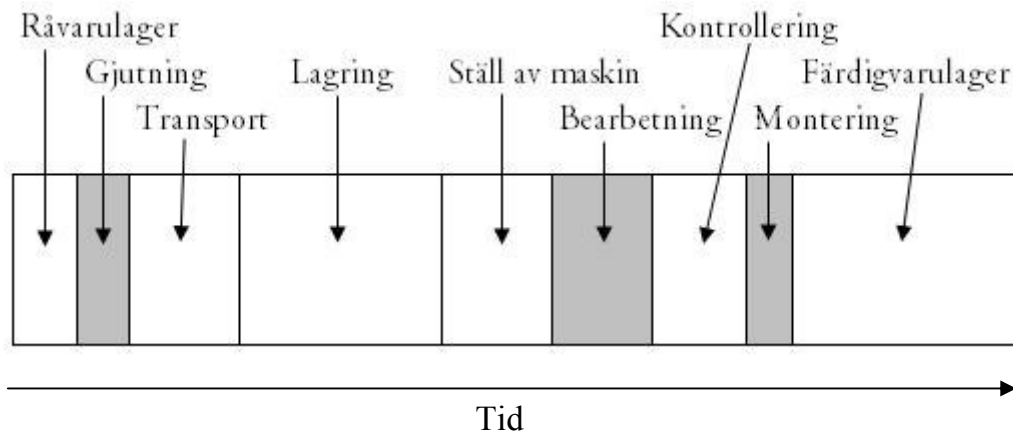
Alla resurser som inte tillför produkten något värde betraktas som ett slöseri och bör elimineras (Björnland, Persson & Virum, 2003). Liker (2004) beskriver att detta är själva kärnan i Toyotas produktionssystem (TPS). De ställer sig frågan, ”Vad vill kunden få ut från denna process”? (både interna kunder i nästa steg i processen och externa slutkunder). Svaret är att kunden endast är intresserad av resurser som tillför produkten något värde. Resurser som inte tillför produkten något värde är de inte beredda att betala något för. Därför är det mycket viktigt att analysera sin process för att identifiera vilka resurser som är värdeadderande respektive icke-värdeadderande. Därefter arbeta med att reducera icke-värdeadderande resurser och därmed minska slöseri.

Toyota har identifierat åtta vanliga slöserier som ofta uppstår:

- *Överproduktion.* Produktion av produkter det inte finns order för som måste lagras, vilket leder till slöseri i form av överbemanning, lagerhållning och transporter.
- *Väntetider.* Personal som inväntar automatiska maskiner eller väntar på att steget före eller efter i processen inte är färdig med sina uppgifter. Väntetider innefattar även slut på komponenter, fel på utrustning samt produktionssystemets flaskhals.
- *Onödiga transporter.* Långa transporter av PIA mellan lager eller processer exempelvis råmaterial, komponenter och färdigvaror skapar ineffektiva transporter.
- *Onödiga eller felaktiga resurser.* Onödigt många steg i processen utförs eller utförs felaktigt exempelvis på grund av dåliga verktyg. Det inkluderar även slöseri som att tillverka produkter med för hög kvalitet än vad som krävs.
- *Överskott av inventarier.* Överskott i råmaterial, PIA och färdigvarulager medför bland annat långa ledtider, inkurans, mer transporter och hög kapitalbindning i lager. Stora lager döljer även problem såsom obalans i produktionen, sena leveranser från leverantörer och långa ställtider.
- *Onödiga rörelser.* Innefattar alla onödiga rörelser personalen måste utföra under arbetets gång, exempelvis letar efter, sträcker sig efter, plocka produkter eller verktyg samt förflyttning.
- *Kassationer.* Innefattar bland annat produktion av defekta produkter, reparationer och kassationer. Dessa medför slöseri i hantering, tid och ansträngning.
- *Outnyttjad personalkreativitet.* Förlorad tid, idéer, kunskap, förbättringar och inläringstillfällen på grund av att företaget inte engagerar och lyssnar på de anställda.

Detta arbete fokuserar i första hand på väntetider, men även på punkterna onödiga eller felaktiga resurser, onödiga rörelser och outnyttjad personalkreativitet.

För att enkelt kunna överskåda vad som är värdeadderande resurser respektive icke-värdeadderande resurser kan en tidslina över samtliga moment som sker i en process utformas. I Figur 7 visualiseras ett exempel med gjutning, maskinbearbetning och montering.

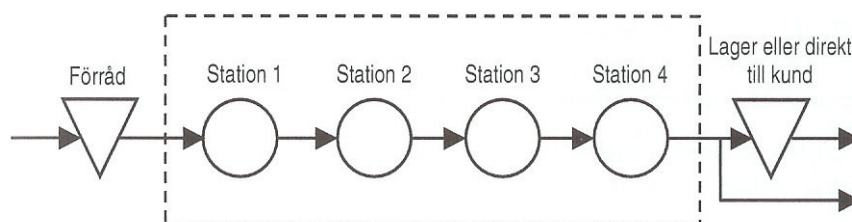


Figur 7. Tidslina med värde- och icke-värdeadderande aktiviteter

De grå fälten visar de värdeadderande aktiviteterna medan de vita fälten visar de icke-värdeadderande. Figuren visar på hur tidskrävande de icke-värdeadderande aktiviteterna är i jämförelse med de värdeadderande aktiviteterna som är en liten del av den totala ledtiden. Kan företagen identifiera de icke-värdeadderande aktiviteter som förekommer i processen, ofta bland de åtta tidigare nämnda, och reducera dessa har de möjlighet att minska slöseriet och korta genomloppstiden radikalt.

2.3 Balansering

Balansering är ett begrepp som innebär att arbetsuppgifterna på en produktionslina ska vara jämnt fördelade för att uppnå en jämn monteringstakt. Detta innebär låga väntetider mellan stationerna i linan samt högt resursutnyttjande av produktionsutrustning. En produktionslina består av ett antal stationer med förbestämda arbetsuppgifter som måste göras i en viss ordning, se Figur 8.



Figur 8. Produktionslina (Olhager, 2000)

2.3.1 Produktionslinans layout

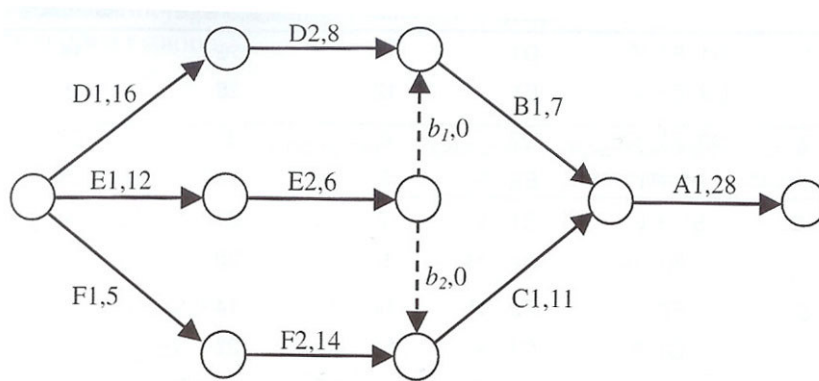
Trots att det över lag är behovet av produkter och tjänster som styr utförandet av produktionslinans layout så finns det en hel del detaljerade beslut om utförandet att fatta. Dessa beslut har ändrat karaktär med tiden och gått från ”Var ska vi placera vad?” till beslut som mer handlar om ”Vad ska placeras var?”. Platsen för layouten beslutas först och sedan beslutas vilka uppgifter som ska göras på varje plats. Beslutet handlar då om att fördela stationernas arbete på bästa sätt. När ett sådant beslut fattas kallas det för ett linjebalanseringsbeslut. Andra viktiga beslut som måste fattas gällande produktionslinans layout är:

- Vilken cykeltid behövs?
- Hur många stationer behövs?
- Hur ska variationen i tiden att utföra de olika uppgifterna hanteras?
- Hur ska layouten balanseras?
- Hur ska de olika stationerna arrangeras?

De olika stationernas arbetsuppgifter brukar fördelas så att varje station tar lika lång tid. Men i verkligheten går flödet aldrig så smidigt. Varje station har sin teoretiskt beräknade tid, men trots detta kommer det att uppstå tidsvariationer i de olika stationerna. Detta är karaktäristiskt för alla typer av repetitiva processer och framförallt då människor är inblandade. Vad som orsakar tidsvariationerna kan bland annat vara att produkterna i flödet kräver olika lång tid (olika modeller) eller att människorna som utför arbetet inte anstränger sig för att hålla förbestämd takt. Denna variation skapar en ojämnhet i flödet vilket kan leda till att tillfälliga köer bildas mellan stationerna och att viktig operationstid förloras (Slack, Chambers & Johnston, 2004).

2.3.2 Precedensdiagram

Linjebalansering är en relativt komplicerad process men det finns ett antal tekniker som kan vara till hjälp i arbetet. Exempelvis kan ett så kallat *precedensdiagram* göras, se Figur 9. I kommande figurer representeras operationer av en bokstav och en siffra, exempelvis D1 eller E2, och operationstider av siffror.



Figur 9. Precedensdiagram inför linjebalansering (Olhager, 2000)

Precedensdiagrammet visar i vilken ordning de olika momenten, som tillsammans utgör totala arbetet för produkten, ska göras. Varje moment representeras av en ring. Ringarna sammanbinds av pilar som visar i vilken ordning momenten ska utföras. Att göra ett precedensdiagram brukar vara det första steget i balanseringsarbetet (Slack, Chambers & Johnston, 2004).

2.3.3 Linjebalansering

Produktionslinor är indelade i två typer:

- *Styrande linor.* Är en mekanisk och automatisk kopplad och styrd linor, utan buffertar. Fördelen är att ledtiden genom linan blir kort, vilket leder till låg kapitalbindning i PIA. Detta medför dock en relativt känslig linor mot störningar som exempelvis att en maskin eller materialhanteringssystemet stannar. Det lämpar sig till massproduktion och är inte flexibelt i form av att klara stor variation av produkter.
- *Flytande linor.* Är en manuell styrd linor med manuellt styrt materialhanteringssystem och möjlighet till vissa buffertar mellan stationerna. Detta medför en mindre känslig linor och möjlighet till större flexibilitet. Dock leder det till längre ledtider och ökad kapitalbindning i PIA.

För att EC-linans genomloppstid ska kunna minskas krävs att linan är balanse-rad. Hänsyn måste tas till operationsföljden, även kallad precedensrelationer, det vill säga i vilken ordning monteringsoperationer måste utföras.

I varje station tillbringar produkten en viss tid, så kallad cykeltid. För att uppnå perfekt linjebalansering ska varje stations arbetsuppgifter vara lika med cykeltiden. Detta är som tidigare nämnts mycket svårt att uppnå i verkligheten och orsakar problemen på EC-linan idag. Problemet med att balansera monteringen kan formuleras på två sätt:

- Minimera antalet arbetsstationer vid given cykeltid.
- Minimera cykeltiden vid givet antal arbetsstationer.

Vilket problem företaget väljer att arbeta efter styrs dels från första punkten om marknadens krav på efterfrågetakt och dels från andra punkten om vilka krav företaget har på genomloppstid.

För att räkna ut balanseringens effektivitet används begreppet balanseringsförlust, d :

$$d = nc - \sum t_i / nc$$

där n = antal arbetsstationer
 c = cykeltiden
 t_i = operationstid för operationen i

Den totala arbetstiden för samtliga stationer, $\sum t_i$, beräknas:

$$t_{\max} \leq c \leq \sum t_i$$

där t_{\max} = den längsta operationstiden

För att beräkna cykeltiden, som ska svara mot önskad produktionstakt och anpassad efter förväntad efterfråga, används formeln:

$$c = I / P = T / D$$

där P = produktionstakt (antal per tidsenhet)
 D = efterfrågan
 T = tillgänglig tid

Det finns två metoder för att fördela arbetsuppgifter och för att få fram minsta antal arbetsstationer:

- Längsta operationstid först
- Positionsviktsmetoden

Längsta operationstid först är en enkel metod. Den handlar om att placera möjliga operationer i en station med hänsyn till precedensrelationer och välja de med längst operationstid först tills cykeltiden är uppnådd. När samtliga arbetsuppgifter är fördelade erhålls minsta antalet stationer, se Figur 10. Cykeltiden är i detta exempel beräknad till 30 minuter och minsta antal stationer blir 4.

Station	Möjliga operationer	Vald operation	Operationstid	Akkumulerad stationstid	Ledig stationstid
1	D1, E1, F1	D1	16	16	14
	D2, E1, F1	E1	12	28	2
2	D2, E2, F1	D2	8	8	22
	E2, F1	E2	6	14	16
	B1, F1	B1	7	21	9
	F1	F1	5	26	4
3	F2	F2	14	14	16
	C1	C1	11	25	5
4	A1	A1	28	28	2

Figur 10. Linjebalansering med längsta operationstid först (Olhager, 2000)

Positionsviktsmetoden innebär att arbetsuppgifter till arbetsstationerna väljs utifrån precedensrelationerna och så kallade positionsvikter. Positionsvikten för en arbetsuppgift är summan av dess egen operationstid och operationstiderna för samtliga efterföljande arbetsuppgifter, se Figur 11. Metoden går ut på att de arbetsuppgifter som har lång bearbetningstid efter sig prioriteras, se Figur 12.

Operation	Tid (minuter)	Efterföljare	Positionsvikt
D1	16	A1, B1, D2	59
D2	8	A1, B1	43
E1	12	A1, B1, C1, E2	64
E2	6	A1, B1, C1	52
F1	5	A1, C1, F2	58
F2	14	A1, C1	53
B1	7	A1	35
C1	11	A1	39
A1	28	-	28

Figur 11. Beräkning av positionsvikter (Olhager, 2000)

Station	Möjliga operationer	Vald operation	Operations-tid	Akkumulerad stationtid	Ledig stationtid
1	D1, E1, F1	E1	12	12	18
	D1, E2, F1	D1	16	28	2
2	D2, E2, F1	F1	5	5	25
	D2, E2, F2	F2	14	19	11
	D2, E2	E2	6	25	5
3	D2, C1	D2	8	8	22
	B1, C1	C1	11	19	11
	B1	B1	7	26	4
4	A1	A1	28	28	2

Figur 12. Linjebalansering med positionsviktsmetoden (Olhager, 2000)

När båda metoderna är utförda jämförs de med formeln för balanseringsförlust. Det alternativ med lägst balanseringsförlust väljs då, se Figur 13. I dessa exempel blir utfallet lika mycket, en balanseringsförlust på 10,8 %.

Lösningss- metod	Station 1 (tid, op.)	Station 2 (tid, op.)	Station 3 (tid, op.)	Station 4 (tid, op.)	Balanserings- förlust
Längsta operationstid först	28 D1, E1	26 D2, E2, B1, F1	25 F2, C1	28 A1	10,8 %
Positions- vikts- metoden	28 E1, D1	25 F1, F2, E2	26 D2, C1, B1	28 A1	10,8 %

Figur 13. Sammanställning av de två lösningarna till linjebalansering (Olhager, 2000)

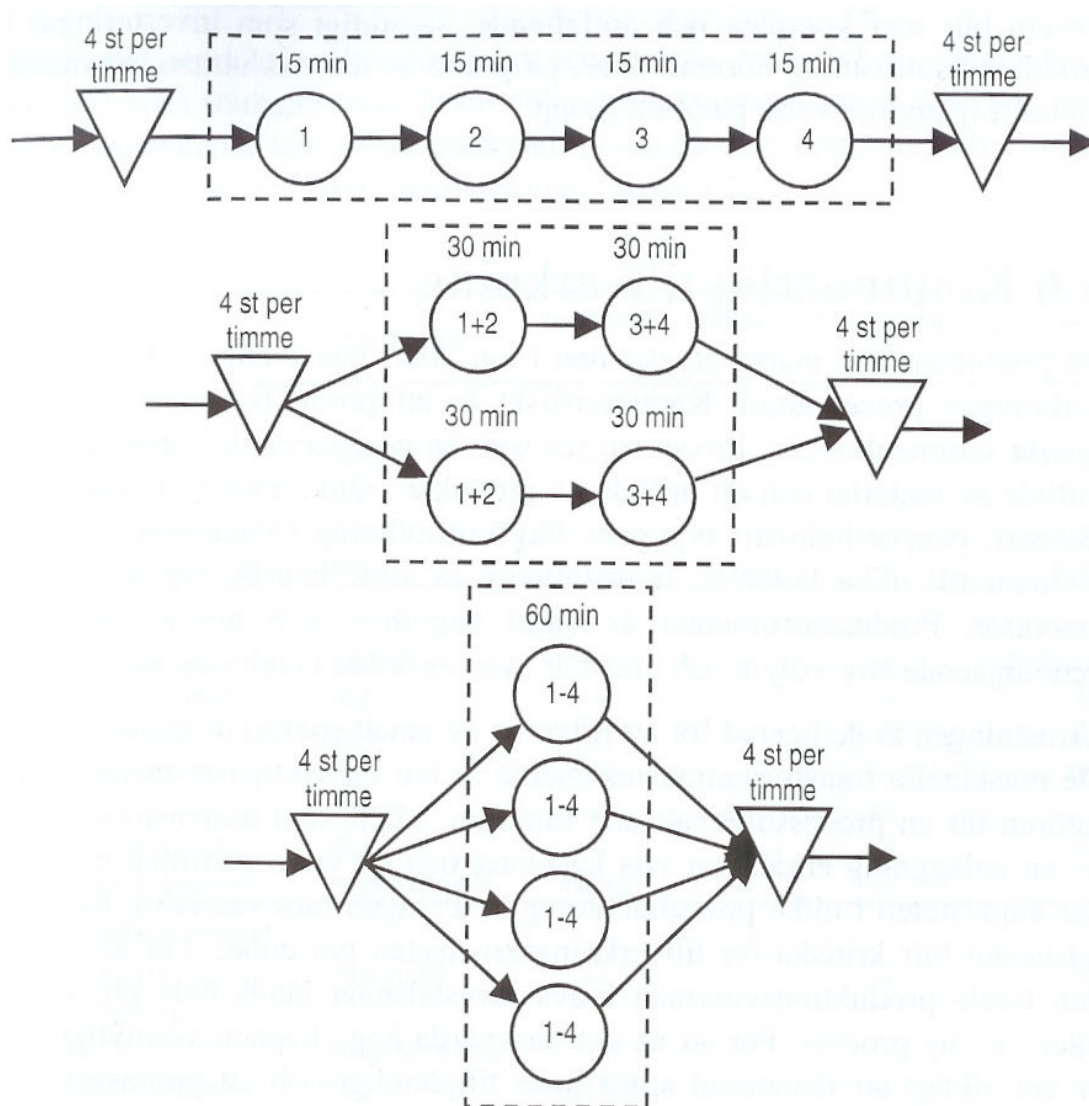
För att underlätta balanseringen av en lina och minska balanseringsförlusten kan linan utformas som ett U med in- och utflöden av material på samma plats, så kallad U-formad lina. Detta kan medföra att arbetsvariationen ökar, eftersom operatörer lättare kan förflytta sig mellan stationerna och både arbeta på första och andra halvan av linan. På detta sätt kan produktionstakten jämnas ut (Olhager, 2000).

2.3.4 Taktstyrning

Begreppet *taktstyrning* innebär att takten ska stämma överrens med marknadens efterfrågan. Takttiden, som är detsamma som cykeltid, ska vara konstant tills en ny balansering utförs. Detta görs om exempelvis efterfrågan förändras (Ekman, 2004).

2.3.5 Parallellgruppering

Parallellgruppering är ett begrepp som handlar om att reducera störningskänsligheten och tillåta ett mer varierat arbetsinnehåll i arbetsstationerna. Det innebär att monteringen delas upp i oberoende grupper som parallellt utför samma arbete. Detta kan gälla både enskilda operationer och hela monteringslinan, se Figur 14.



Figur 14. Parallellgrupperingsalternativ vid produktionslinor (Olhager, 2000)

När antalet parallella linor ökas, ökar arbetsinnehållet i form av ökat antal arbetsuppgifter. I Figur 14 är det totala arbetsinnehållet 60 minuter. Dessa kan fördelas på en lina innehållande fyra stationer med 15 minuters operationstid i varje station. Ett annat alternativ är att dela upp linan i två parallella linor innehållande två stationer i varje lina med 30 minuter i varje station. Ett tredje alternativ är fyra linor innehållande en station med 60 minuters operationstid i varje lina. Oavsett vilket alternativ som väljs kan 4 enheter produceras varje timma.

Flexibiliteten kan öka och störningskänsligheten kan minska med ökat antal parallella grupper. Dock blir materialhanteringen mer komplex, vilket kan leda till längre genomloppstid, samt att det krävs större investeringar i produktionsutrustning, eftersom liknande utrustning krävs i samtliga grupper (Olhager, 2000).

2.4 Kapacitet

För att linjebalanseringen och taktstyrningen ska lyckas krävs kännedom om den aktuella kapaciteten.

Kapacitet handlar i grunden om två begrepp. Dessa är teoretisk och verklig kapacitet. Den teoretiska kapaciteten i ett flöde innefattar den maximala nivån av värdeadderande aktiviteter över en tidsperiod som flödet kan uppnå under normala omständigheter. Den verkliga kapaciteten är den teoretiska minskat med dagliga händelser såsom omställningsstopp, underhåll, raster etc. När kapaciteten ska planeras är det den verkliga som det ska tas hänsyn till (Slack, Chambers & Johnston, 2004).

Slack & Lewis (2002) beskriver två mått som vanligtvis används för att beräkna hur exempelvis en monteringslina presterar. Det är bland annat produktionsutrustningens *utnyttjandegrad* som är ett mått på hur stor del utrustning som används i förhållande till tiden den inte används. Utnyttjandegraden kan beräknas:

$$\text{Utnyttjandegrad} = \text{Antal producerade enheter} / \text{Teoretisk kapacitet}$$

Det andra prestationsmåttet är monteringslinans *produktivitet*. Produktivitet är ett mått på hur mycket som produceras i förhållande till den verkliga kapaciteten. Det finns flera olika sätt att beräkna produktivitet på. I detta arbete beräknas produktiviteten:

$$\text{Produktivitet} = \text{Antal producerade timmar} / \text{Tillgänglig tid i timmar}$$

Ekman (2004) beskriver att hög produktivitet uppnås när så stor del som möjligt av produktionstiden ägnas åt arbete som ökar produktens värde.

2.4.1 Aktivitetsmix

Vid beräkning av kapacitet måste hänsyn tas till *aktivitetsmixen*. Det innebär att volymen som produceras inte är lika stor som kapaciteten beroende på vilken mix av produkter som ska produceras. Som tidigare nämnts monteras flera olika storlekar luftbehandlingsaggregat på EC-linan. Av dessa tar de hela aggregaten betydligt längre tid att montera än de blockuppdelade. Hänsyn måste därför tas till denna mix av produkter för att få en korrekt kapacitetsberäkning (Slack & Lewis, 2002).

2.4.2 Förändring av kapacitet

Vid förändring av kapacitet finns flera möjliga åtgärder. Olhager (2000) nämner följande åtgärder för att långsiktigt justera kapaciteten:

- Investering i maskiner och produktionsutrustning, till exempel i form av ny teknik.
- Ökning eller minskning av personal.
- Ändring av antal skift, exempelvis från ett- till tvåskift.
- Utlego, utnyttjande av legotillverkande underleverantörer.

Ytterligare en möjlighet att öka kapaciteten är övertid, men denna åtgärd betraktas som en mer kortsiktig kapacitetsjustering. Detta arbete fokuserar på de tre första av ovanstående punkter.

2.4.3 Flaskhalsen

En *flaskhals* är den trånga sektionen av ett flöde som styr leveransförmågan för hela monteringen. En förlorad timme i flaskhalsen är en förlorad timme för den totala monteringen. Därför måste stopp i flaskhalsen undvikas och flaskhalsen beläggas maximalt (Storhagen, 2003).

Storhagen (2003) beskriver en metod för att styra flaskhalsar, kallad Optimized Production Technology (OPT). Metoden lanserades i början av 1980-talet av Eli Goldratt som skrev den mycket uppmärksammade boken ”Målet”.

OPT består av två komponenter. Den ena handlar om hur flaskhalsar bör hantearas i en produktionskedja, bland annat de nio OPT-reglerna. Den andra är en programvara som fungerar som ett operativt verktyg för detaljplanering, simulering och sekvensering av produktionsaktiviteter. Det som ligger till grund för OPT är att flaskhalsarna begränsar produktionsflödet vilket innebär att korta genomloppstider och höga omsättningshastigheter endast kan uppnås genom ett högt kapacitetsutnyttjande i flaskhalsen. Det är därför viktigt att ställtider blir så korta som möjligt i flaskhalsen, medan ställtider i andra delar av samma flöde är oväsentliga eftersom det finns ledig kapacitet där. Flaskhalsar förekommer i alla produktionssystem, men för att minimera effekterna av dem är det en fördel att placera dem tidigt i flödet eftersom det innebär att det finns överkapacitet i senare led. Före flaskhalsen finns ett *tryck* och efter ett *sug*.

De nio OPT-reglerna är följande:

- *Balansera flödet, inte kapaciteten.* En fokusering på flödet underlättar att se produktiviteten i helheten. Fokus mot balansering av kapaciteter leder lätt i praktiken till suboptimeringar.
- *Utnyttjandet av icke-flaskhalsar bestäms inte av dess egen potential, utan av någon annan begränsning i systemet.* En icke flaskhals med full beläggning producerar för mycket. En icke flaskhals med för låg beläggning före en flaskhals begränsar hela produktionssystemet.
- *Utnyttjande och aktivering av resurser är inte samma sak.* Aktivering av den del av en resurs som det finns behov av är inte samma sak som att utnyttja hela resursen.
- *Förlorad tid i en flaskhals är en för evigt förlorad tid.* Förlorad tid i flaskhalsen är förlorad tid för hela systemet. Stopp i flaskhalsar måste undvikas. Materialförsörjning, bemanning, underhåll och ställtider är exempel på frågor med hög prioritet i en flaskhals.
- *Sparad tid i en icke-flaskhals har inget värde.* En intjänad produktionstimme i en icke-flaskhals är en oanvändbar timme. Icke-flaskhalsar har ledig kapacitet. Det innebär exempelvis att höga ställtider inte är något problem här.
- *Flaskhalsarna styr både systemets genomflöde och lager.* Ledtider och lager är en konsekvens av produktionsplanen. Flaskhalsen måste beläggas till 100 %, vilket är avgörande för ledtider och lager.
- *Försörjningspartiet bör inte, och ska ofta inte, vara lika stort som produktionspartiet.* Det parti som förflyttas mellan resurser ska vara oberoende av produktionens seriestorlek. Uppdelning i delpartier minskar risken för tillfällig över- och underbeläggning.

- *Produktionspartiets storlek ska vara variabel, inte fast.* Storleken tillåts variera både längs dess väg genom produktionsprocessen och i tid. Sök en kombination av stora partier i flaskhalsen där ställtiden är kritisk, och mindre partier i icke flaskhalsar där ställtiden inte är kritisk.
- *Planering ska göras med hänsyn tagen till systemets samtidigt verkande begränsningar. Ledtider är en konsekvens av planeringen och kan inte bestämmas i förväg.* Summan av optimerade delmängder är inte lika med det optimala för helheten. Ledtiden är en funktion av planeringen och den faktiska ledtiden är ett resultat av bland annat beläggningsgrad, partistorlekar och ställtider.

De nio OPT-reglerna utgår från att flaskhalsen ligger i själva produktionsenheten. Men flaskhalsen kan lika väl ligga utanför produktionsenheten som exempelvis hos en leverantör.

2.5 Bemanning

För att underlätta arbetet med linjebalansering och taktstyrning på en arbetskraftintensiv montering är det viktigt att arbetsstationerna är väl utformade efter operatörer och arbetsinnehåll. Om inte operatörerna har de rätta förutsättningarna för att utföra sina arbetsuppgifter kommer balanseringen med stor sannolikhet misslyckas.

En av de viktigaste aspekterna för att förbättra arbetsstationer beskriver Ekman (2004) är ordning och reda. Detta kan sammanfattas ”En plats för allt och allt på sin plats” där tydliga markeringar används för att snabbt och enkelt kunna hitta det som ska användas.

Följande beskrivs två ytterligare sätt att förbättra arbetsstationer. Dessa är arbetsuppgiftsfördelning samt ergonomi i arbetsstationerna.

2.5.1 Arbetsuppgiftsfördelning

Då arbetet ska fördelas i monteringen kan metoden *arbetsuppgiftsfördelning* användas. Metoden handlar om att dela in arbetet i mindre delar, där varje uppgift utförs av en person eller en grupp. Ursprunget av arbetsuppgiftsfördelning är monteringslinan där produkter förflyttas längs en rak lina och monteras av operatörer som hela tiden upprepar samma arbetsuppgift.

Arbetsuppgiftsfördelning innebär följande fördelar:

- *Snabbare inläring.* Det är enklare att lära sig arbeta i en station med ett mindre arbetsinnehåll än i en station med ett stort arbetsinnehåll. Detta innebär att ny personal snabbt kan läras upp och arbeta i rätt takt.

- *Lättare att automatisera.* Då arbetsuppgifterna är mer uppdelade och mindre komplexa blir det lättare att automatisera.
- *Reducering av icke-produktivt arbete.* Detta är troligtvis den viktigaste fördelen av arbetsuppgiftsfördelning. Monteras hela produkten i en station försvinner mycket tid till att exempelvis leta reda på rätt komponenter och verktyg samt att materialhanteringen ökar, eftersom alla stationer ska ha samtliga komponenter parallellt. Vid arbetsuppgiftsfördelning kan materialtillförseln delas upp till stationerna och på så sätt minska materialhanteringen.

Nackdelar med arbetsuppgiftsfördelning:

- *Monotona arbetsuppgifter.* Ju kortare uppgifterna är desto oftare behöver operatören upprepa dem, vilket kan leda till låg motivation hos operatörerna.
- *Fysiska förslitningar.* Repetition av enformiga rörelser kan i värsta fall leda till fysiska skador, speciellt gäller detta armar, händer och handleder.
- *Låg flexibilitet.* Att dela upp arbetsuppgifterna kan leda till att linan blir stel och svår att påverka vid förändrade omständigheter.
- *Störningskänsligt.* Arbetsuppgiftsfördelning medför att det blir flera stationer. Om någon station i linan stannar, stannar hela flödet.

För att minimera monotona arbetsuppgifter och risk för förslitningar kan rotation mellan arbetsstationerna i monteringslinan utföras. Detta bidrar också till att alla operatörer lär sig alla stationers uppgifter och får en bättre förståelse för hela flödet i linan.

Ett annat sätt att förbättra för operatörerna är att öka antalet uppgifter, så kallad parallellgruppering som tidigare nämnts. Exempelvis kan uppdelning göras på två linor som gör samma sak med hälften av operatörerna på varje. Detta ger operatörerna mer variation och antalet producerade enheter kan bibehållas (Slack, Chambers & Johnston, 2004).

2.5.2 Ergonomi

Ett viktigt steg i linjebalansering är hur arbetsstationen är utformad för operatören. Onödiga rörelser och dåliga verktyg, som beskrivs under rubriken 2.1 *Eliminera slöseri* med punkterna *onödiga eller felaktiga resurser* och *onödiga rörelser*, kan leda till förslitningar och låg motivation hos operatörerna samt långa ledtider. Kan arbetsstationerna förbättras för operatören kan det leda till kortare ledtid, högre motivation, färre sjukskrivningar samt att det underlättar arbetet med att balansera linan.

Frågor som kan ställas samt möjliga åtgärder vid förbättring av arbetsstationer är:

<i>Fråga</i>	<i>Möjlig åtgärd</i>
Vad är det som görs? Varför görs det?	Slopa onödiga moment
Var görs det? Varför görs det där?	Flytta arbetet till någon annan plats
När görs det i förhållande till övriga moment? Varför just då?	Dela upp operationen i delar. Kombinera operationen med en annan operation
Vem gör det? Varför just han/hon?	Välj någon annan operatör
Hur utförs arbetet? Varför utförs det just så?	Förenkla/förbättra arbetsmetoden

Följs dessa frågor metodiskt ökar möjligheten att finna grunderna till problemen och finna lösningar till dem (Andersson, Audell, Giertz & Reitberger, 2002).

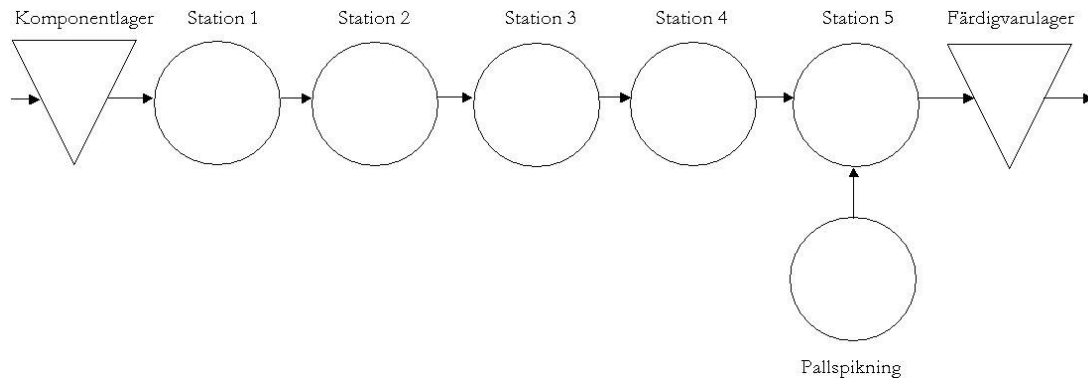
Utnyttjar företaget även personalens kreativitet, som nämns under rubriken *2.1 Eliminera slöseri*, kan de bland annat dra fördelar av idéer, kunskap och förbättringar från operatörerna.

3 Genomförande

I detta kapitel beskrivs hur arbetet utförts för att uppnå resultatet med att balansera EC-linan.

3.1 Kartläggning av dagsläget

I dagsläget monteras EC-aggregat på en produktionslina med fem stationer. Utöver dessa finns en station där pallar spikas, se Figur 15.



Figur 15. EC-lina illustrerad som produktionslina

- *Station 1 – Tak och botten – två operatörer.* Montering av ramprofiler till ett ramverk som sedan tak- och bottenpaneler skruvas fast i. Det monteras även gångjärn samt gejder för fästning av olika komponenter såsom fläktar, värmväxlare, batterier och filter.
- *Station 2 – Ilyft – två operatörer.* Montering av komponenter såsom fläktar, värmväxlare och batterier. Dessutom monteras gejder på mellangolv, stolpar, mellangolv som skiljer på till- och frånluft, vertikala ramprofiler och taket.
- *Station 3 – Gavel – tre operatörer.* Montering av spjäll som reglerar luftflödet samt paneler på gavlarna. Det monteras även slangar för lufttrycksmätning samt tätning av aggregaten.
- *Station 4 – Rygg – två operatörer.* Montering av paneler på aggregatets rygg och inspektionssida (framsida). Dessutom borrar hål i paneler för anslutningar till vattenburna batterier som sedan monteras.
- *Station 5 – Nedlyft – tre operatörer.* Montering av luckor, skyltar och balkram. Aggregatet ses över, placeras på pall och emballeras.
- *Pallspikning – en operatör.* Till samtliga EC-aggregat spikas en anpassad pall.

Varje arbetsstation innehåller förutom nämnda moment dessutom flera mindre arbetsuppgifter. Samtliga arbetsuppgifter varierar från aggregat till aggregat, beroende på vad kunden beställt.

Station 3 och 4 är hopslagna bemanningsmässigt eftersom stationernas arbetsuppgifter kan utföras på båda stationerna. De tar även tidsmässigt ungefär lika lång tid tillsammans som de andra stationerna var för sig. På detta sätt har de arbetat under mätperioden. Därav utgår samtliga mätningar efter denna hopslagning av stationer.

3.2 Tillvägagångssätt

För att få fram data och information som behövs för att nå resultatet har i huvudsak observationer av EC-linan utförts. Samtal med produktionstekniker och operatörer har också gjorts. Observationerna har främst inriktats på:

- *Genomloppstid.* Beräknas på när paneler och ramprofiler kommer till station 1 tills det att ett färdigmonterat aggregat lämnar EC-linan och transporteras till emballering. Ett genomsnitt av genomloppstiden har beräknats på fem representativa aggregat under fem dagars mätning.
- *Materialtillförsel.* Observationer och mätningar har gjorts på hur truckar tillför material till EC-linan, exempelvis när komponenter levereras tills dess att de monteras samt hur tompallar transporteras bort. Det innefattar även hur spikade pallar tillförs linan.
- *Flaskhalsen.* Genom att observera vilken station som väntar minst och har kö bakom sig har flaskhalsen kunnat lokaliseras.
- *Arbetsstationernas utförande.* Samtal med operatörer och observationer har gett möjlighet att förbättra arbetsplatsens utförande.
- *Bemanning.* Mätningar av väntetider hos operatörerna under fem dagar, jämfört med den tillgängliga tiden har använts för att beräkna lägsta möjliga bemanning, optimal bemanning samt hur många operatörer som krävs för ökad kapacitet.
- *Slöseri.* Observationer och mätningar av väntetider, onödiga eller felaktiga resurser och onödiga rörelser.

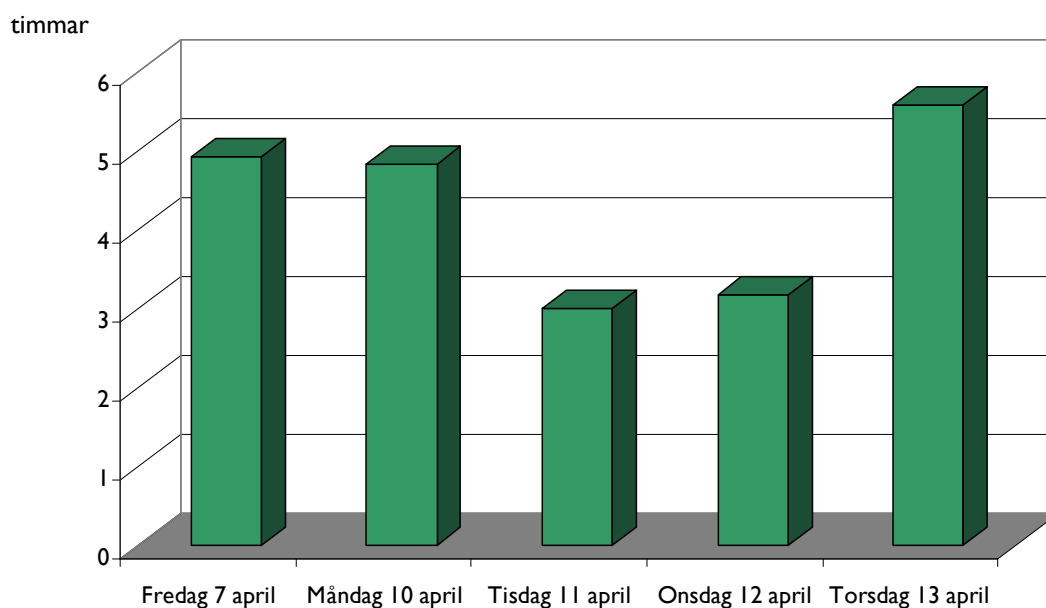
Information från Fläkt Woods datasystem har använts om exempelvis vilka arbetsmoment som ingår i arbetsstationerna samt hur mycket som skulle monteras under mätperioden jämfört med hur mycket som verkligen monterades.

4 Resultat

Detta kapitel innehåller de resultat som framkommit under de observationer som utförts. Även information från Fläkt Woods samt samtal med produktions-tekniker och operatörer har bidragit till det uppnådda resultatet.

4.1 Genomloppstid

Beräkning av genomloppstiden har utförts på ett aggregat per dag under fem dagar. Genomloppstiden varierade kraftigt under mätperioden, från 3 timmar upp till 5 timmar och 35 minuter. Genomloppstiden mättes från det att paneler och ramprofiler kom till station 1 tills det färdigmonterade aggregatet transporterades från station 5 till emballering.



Figur 16. Diagram över genomloppstider per dag

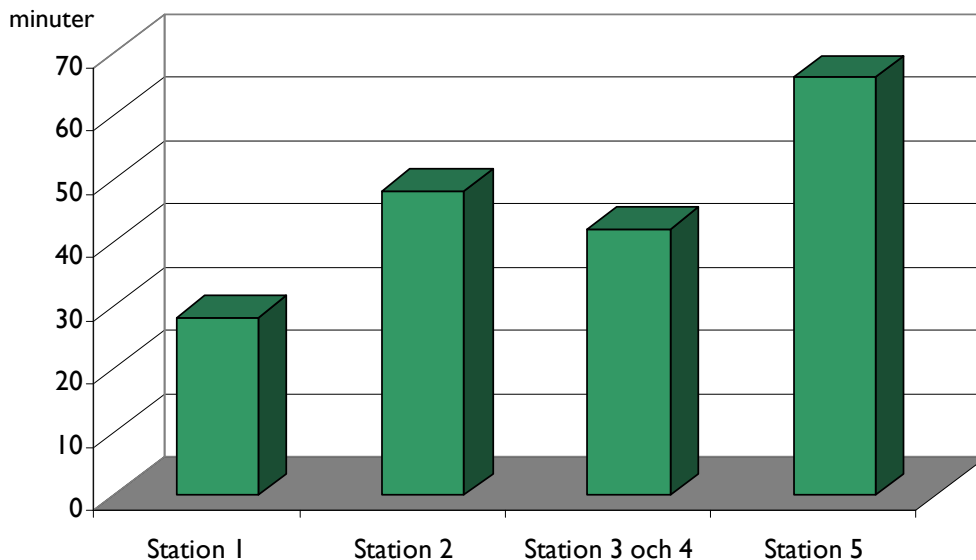
Ovanstående diagram (Figur 16) visar de genomloppstider som uppmättes under de fem dagarna. Det visar kraftiga variationer i genomloppstid mellan de olika dagarna. Den genomsnittliga genomloppstiden under mätperioden beräknades till 4 timmar och 18 minuter.

Mer detaljerade mätetal kan läsas i bilaga 1.

Dagslägets långa genomloppstid på EC-linan medför att produktiviteten och leveransprecisionen blir låg. Produktiviteten var enligt Fläkt Woods databas, normal och leveransprecisionen mycket låg under mätperioden.

4.2 Flaskhals

Observationen visar på att det är den första stationen som tar kortast tid och den sista stationen som tar längst tid, vilket skapar ett *tryck* genom monteringen. Detta kan tydligt avläsas i bilaga 1. Under mätperioden är det i genomsnitt station 5 som tar längst tid och därmed blir EC-linans flaskhals. Undantaget var måndag 10 april då station 2 var flaskhalsen. Detta berodde på bemanningsfördelningen den dagen. Att flaskhalsen är station 5 kan utläsas i Figur 17.



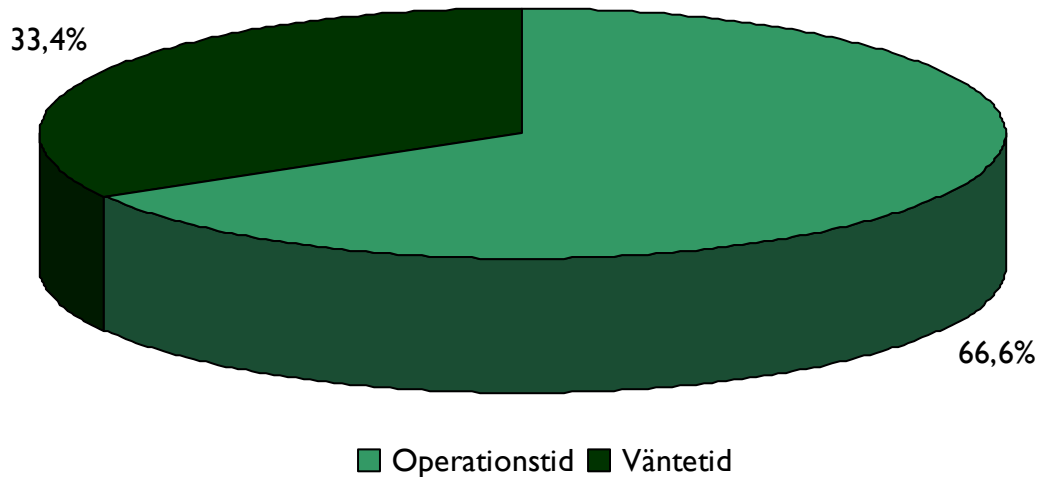
Figur 17. Ett aggregats operationstid i genomsnitt per station

4.3 Slöseri

Slöseri i detta arbete innefattar väntetider, onödiga eller felaktiga resurser, onödiga rörelser och outnyttjad personalkreativitet. Slöseri i form av väntetider är det största slöseriet på EC-linan. Under mätperioden har väntetider av olika slag uppmätts. Dessa är:

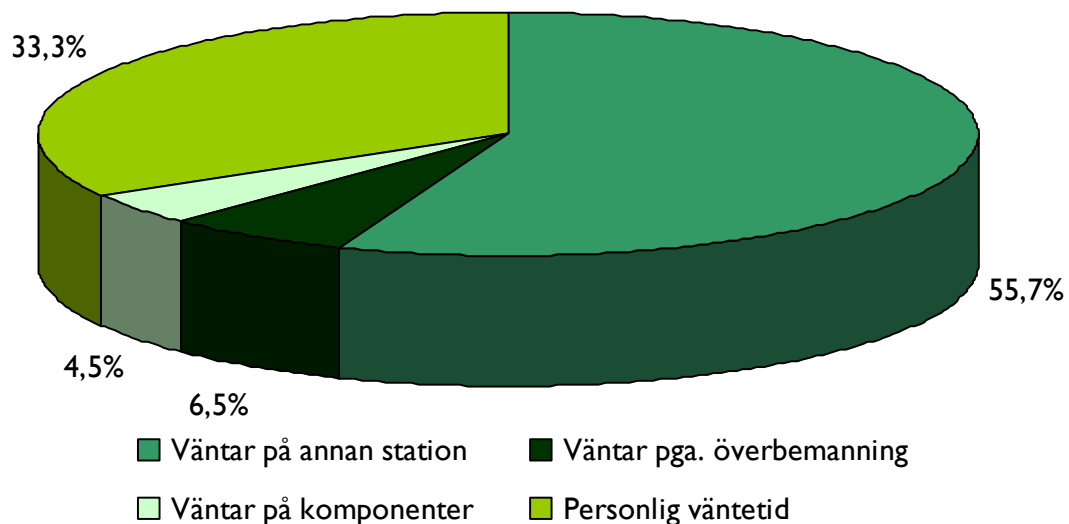
- *Väntar på annan station.* Innebär att stationen står still på grund av att stationen före eller efter inte är klar.
- *Väntar på grund av överbemanning.* Innebär att en eller flera operatörer väntar eftersom det inte går att vara fler som monterar, exempelvis om det är för trångt eller inte finns tillräckligt med arbetsuppgifter för samtliga operatörer i stationen.
- *Väntar på komponenter.* Innebär att operatörerna väntar på att truckföraren ska leverera komponenter till stationen för montering.
- *Personlig väntetid.* Innebär att operatören väntar när det finns arbete att utföra, exempelvis ej schemalagda raster och förlängda schemalagda raster.

Under mätperioden har den totala väntetiden för samtliga operatörer jämförts med den totala tillgängliga tiden för samtliga operatörer. I genomsnitt väntar samtliga operatörer tillsammans cirka 21 timmar per dag av de 63 timmar som är den totala tillgängliga tiden i genomsnitt för alla operatörer. Andelen väntetid av den tillgängliga tiden blir cirka 33,4 % i genomsnitt. Detta innebär att alla operatörer i genomsnitt väntar en tredjedel av sin arbetstid. Figur 18 illustrerar fördelningen mellan total väntetid och operationstid av den totala tillgängliga tiden.



Figur 18. Fördelning mellan total väntetid och operationstid av den totala tillgängliga tiden

Fördelningen mellan de olika väntetiderna kan utläsas i Figur 19.

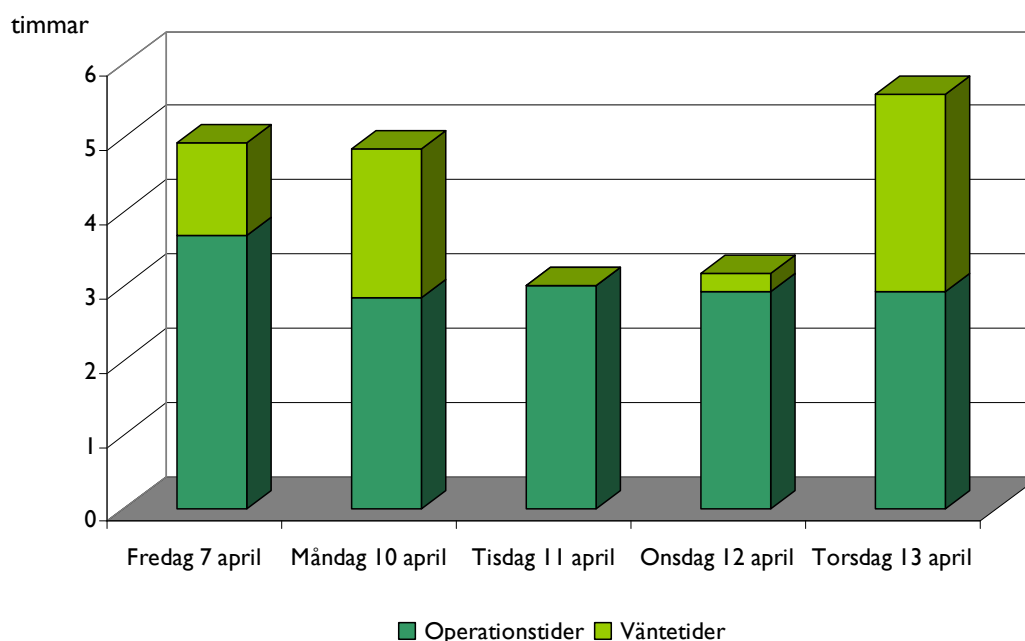


Figur 19. Fördelning mellan de olika väntetiderna

Inga beräkningar har gjorts på hur länge varje operatör väntar av sin tillgängliga tid, eftersom antalet operatörer varierat under dagarna.

Mer detaljerade mätetal om väntetider läses i bilaga 2 – 7.

I bilaga 1 om genomloppstider på EC-linan kan väntetider mellan stationerna utläsas. Dessa väntetider är också ett slöseri som påverkar genomloppstiden och PIA. Andel väntetider mellan stationerna och andel operationstider av totala genomloppstiden kan utläsas i Figur 20.



Figur 20. Andel väntetider mellan stationerna och andel operationstider i genomsnitt av totala genomloppstiden

Under de observationer som gjorts har slöseri av felaktiga resurser upptäckts i station 1. Taket på aggregatet monteras upp och ner i station 1 och vänds sedan på rätt håll för montering i station 2. Verkyget för att vända taket är gammalt och fästs manuellt. Risken finns att taket lossnar när det vänds och detta skulle medföra att det tar onödig tid samt att taket kan behövas kasseras. Det innebär också en säkerhetsrisk för operatörerna.

Observationerna har också visat på att onödiga rörelser förekommer. Det handlar främst om att leta efter verktyg och komponenter. Utöver de komponenter truckföraren kör in förvaras mindre komponenter i stallage utmed EC-linan. Dessa är uppdelade i kundorderbeställda och lagerförda komponenter. Det är de kundorderbeställda komponenterna som är problemet. Förvaringsplatsen stämmer sällan och kundorderfacken är ofta överfulla. Detta gör att det tar lång tid att hitta rätt komponenter. Slöseri förekommer även i att leta efter verktyg. I arbetsstationerna finns få fasta platser till de verktyg som används. Detta gör att verktygen placeras på olika ställen varje gång de används och tar därmed tid att hitta.

4.4 Bemanning

EC-linans bemanning har under mätperioden varierat mellan tio och tolv operatörer exklusive truckföraren. Den ordinarie bemanningen är 13 operatörer. Anledningen till den minskade bemanningen berodde på sjukdomar.

Observationerna visar att dagens bemanning är för hög. I genomsnitt väntar de 33,4 % av arbetstiden. Detta innebär teoretiskt att bemanningen kan minskas med en tredjedel av bemanningen till åtta operatörer utan att antal monterade aggregat per dag minskar. Problemet är att monteringsstakten är för låg och förseningarna ökar. Den sista dagen i mätperioden hade de ungefär en veckas montering efter sig.

Väntetider på grund av överbemanning uppstår i stort sett enbart i station 3 och 4 där en operatör är avsatt för att endast montera spjäll på paneler, vilket inte är ett heltidsjobb. När operatören är färdig med spjällen är denne överflödigt och väntar in nästa spjäll att montera.

Från och med den 1 maj planeras EC-linan arbeta tvåskift. EU-linan arbetar idag tvåskift och tanken är att operatörerna ska kunna gå mellan de två linorna efter behov. Resonemangen i analysdelen utgår från att EC-linan ska arbeta tvåskift.

Rotation mellan arbetsstationer bland operatörerna sker i dagsläget en gång i veckan.

Dagens ledarskap på EC-linan består av två produktionsledare som arbetar i var sitt skift. De har ansvar för både EC- och EU-linan. På EC-linan har de hjälp av ett gruppombud och ett materialombud som ska tillägna 50 % av sin arbetstid för detta uppdrag. Gruppombudet ansvarar för fördelning av bemanning och materialombudet för materialtillförsel. Observationerna har visat att detta inte fungerar som planerat, vilket gör att produktionsledaren inte får den hjälp han behöver. Produktionsledaren har därav inte möjlighet att styra EC-linan som behövs för att få ett jämnt flöde. Ett exempel som uppstod under en observation var när flaskhalsen var i station 2. Produktionsledaren tyckte att monteringsstakten var för låg och satte in två operatörer till från EU-linan. Dessvärre placerades dessa operatörer i station 3, vilket gjorde att monteringsstakten inte gick snabbare och fler operatörer satt och väntade. Det positiva med att flaskhalsen var i station 2 var att det inte uppstod några väntetider mellan stationerna, vilket gjorde att ett *sug* uppstod i linan och genomloppstiden minskade avsevärt. Se bilaga 1, tisdag 11 april.

4.5 Materialtillförsel

Materialtillförseln till EC-linan sker idag med en truckförare som serverar stationerna med större komponenter, exempelvis paneler, fläktar, värmexväxlare, batterier och spjäll. Han hämtar komponenter efter en plocklista enligt köplanen och serverar i första hand EC-linan samt till viss del även special-EU. Truckföraren ansvarar dessutom för att köra bort tompallar och tomma panelvagnar.

Samma problem som för de mindre komponenterna i stallage finns även här. Det är inte alltid förrådsplatserna stämmer och det kan ta lång tid för truckföraren att hitta rätt komponent.

Materialtillförseln från EC: s truckförare fungerar i dagsläget bra. I bilaga 7 kan det utläsas att stationerna väntar på komponenter relativt kort tid. Station 1 har vid två tillfällen väntat på komponenter. Detta berodde dels på att truckföraren inte var där på grund av att han arbetade skift och då hade kvällsskiftet. Det berodde även på att truckföraren inte hittade de komponenter som behövdes.

Bortförslagen av tompallar och tomma panelvagnar fungerar även det bra, vilket är en förutsättning eftersom utrymmet är begränsat och för att nytillförda komponenter ska få plats.

Materialtillförseln av mindre komponenter som förvaras i stallage sköts av truckförare från förtillverkningen.

Färdigmonterade aggregat ska i dagsläget transporteras av truckföraren vid emballeringen för emballering. Detta sker dock inte, utan operatörerna i station 5 får själva transportera de färdiga aggregaten till emballeringen. Emballering av större aggregat i storlek åtta och nio, emballerar operatören på EC-linans station för pallspikning eftersom emballeringsmaskinen inte klarar av så långa aggregat.

4.6 Arbetsstationer

EC-linan tillämpar arbetsuppgiftsfördelning eftersom det är en produktionslina. Detta gör att nya operatörer snabbt lär sig en stations arbetsuppgifter. Det har under observationerna kommit operatörer från EU-linan för att hjälpa EC-linan. Det visade sig att de snabbt lärde sig vad de skulle göra på sin station. Det kom även en nyanställd operatör som fick börja med att montera spjäll, vilket han lärde sig snabbt. Nackdelen med arbetsuppgiftsfördelning på EC-linan är att det är störningskänsligt. Detta har under observationen märkts tydligt. Tog en station längre tid stannade de andra stationerna. Eftersom de tillämpar rotation varje vecka minskar arbetsuppgiftsfördelningens andra nackdelar såsom monotona rörelser och förslitningar.

Det finns även problem med verktyget som vänder på taket i station 1. Som tidigare nämnts är det gammalt och fästs manuellt. Skulle taket lossna medför detta som tidigare nämnts en säkerhetsrisk för operatörerna.

Generellt på EC-linan saknas ordning och reda. Bland annat saknas uppmärkning för verktyg och mindre komponenter i lådor utmed EC-linan samt att det är stökigt och smutsigt. Allt letande efter verktyg och komponenter gör att monteringen tar längre tid, vilket påverkar genomloppstiden. Det kan även påverka motivationen negativt.

Efter samtal med operatörer visade det sig vara luftslangarna till de tryckluftsdrivna skruvdragarna som de upplever är deras största problem, eftersom luftslangarna är i vägen för dem när de arbetar.

5 Diskussion och analys

Denna del av rapporten innehåller en analys av resultatets observationer, samtal med produktionstekniker och operatörer samt information från Fläkt Woods databas. Den innehåller även ett förslag på förbättring utifrån analysen.

Teorin om balansering som den teoretiska bakgrunden har fokuserat på är svår att tillämpa i problemet med att balansera EC-linan. Detta på grund av aktivitetsmixen som medför stora variationer av arbetsuppgifter vid montering av EC-aggregat. Exempelvis har ett precedensdiagram med precedensrelationer försökt göras. Detta var omöjligt eftersom arbetsuppgifterna varierar i varje aggregat som monteras. Det medförde att metoderna om *längsta operationstid först* och *positionsviktsmetoden* inte heller var möjliga att utföra. Taktstyrning är också svårt att tillämpa på EC-linan eftersom det monteras både hela och blockuppdelade aggregat. Det skulle medföra höga väntetider på de blockuppdelade eftersom takten måste sättas efter de hela aggregaten. Parallellgruppering är inte heller möjlig på grund av begränsad yta.

Teorin om balansering har valts att vara kvar eftersom det är den teori som finns om balansering. Den bygger dock på enklare balanseringsproblem med mindre varierande arbetsuppgifter än de på EC-linan. Balanseringsteorin har ändå påverkat vårt tankesätt vid observationer och utformning av förslaget.

Någon tidslina har inte kunna göras på grund av svårigheterna att mäta värdeadderande och icke-värdeadderande aktiviteter på en monteringslina. Den är mer anpassad för ett helt flöde från råvarulager till färdigvarulager. Observationerna har identifierat de slöserier som förekommer och en tidslina skulle då inte tillföra något av värde. Tidslinan finns dock med i teoridelen för att den utgör en stor del i att identifiera slöserier och åskådliggör detta på ett tydligt sätt.

Fokus har under arbetets gång istället inriktats på att balansera EC-linan genom rätt bemanning.

5.1 Analys av resultatet

5.1.1 EC-linans flaskhals

Flaskhalsen har under mätperioden varit i station 5 som är den sista stationen. Detta medför att ett *tryck* uppstår i linan från stationerna bakom. Uppstår ett tryck i linan medför det lång genomloppstid eftersom aggregaten måste vänta länge mellan stationerna. Blir genomloppstiden lång, ökar kapitalbindningen i PIA.

Som kan utläsas i Figur 16 varierar genomloppstiden kraftigt under mätperioden. Figur 20 visar dock att det är väntetider som utgör de största variationerna i genomloppstiden och att operationstiderna var relativt jämna under mätperioden.

Med vårt förslag vill vi uppnå ett *sug* genom linan. Detta innebär att flaskhalsen ska styra takten och därmed vara station 1. På detta sätt kan väntetider mellan stationerna elimineras. Minskade väntetider leder till minskad genomloppstid och ökad leveransprecision.

5.1.2 EC-linans produktivitet

Minskad genomloppstid påverkar även EC-linans produktivitet som ökar eftersom fler aggregat kan monteras på samma tillgängliga tid.

För att öka produktiviteten ytterligare behövs tydligare mål. Detta gör att operatörerna vet vad som krävs av dem och samtidigt kan bli motiverade att arbeta för att uppnå målen.

5.1.3 Slöseri

För att minska slöseriet i väntetider krävs en minskning i bemanningen. Dagslägets 13 operatörer medför att varje station är fullbemannad och operatörerna kan inte i så hög grad flytta sig mellan stationerna. När en station är klar med sina arbetsuppgifter får de ofta vänta på stationen före eller efter i linan som tar längre tid. En minskad bemanning skulle medföra att operatörerna har lättare att flytta sig mellan stationerna. Får samtliga operatörer mer att göra minskas möjligheten till att vänta. En övergång till tvåskift möjliggör en minskning av bemanningen på varje skift eftersom EC-linan är verksam under en längre tidsperiod.

Problemet operatörerna har med tryckluftsslangarna är svårt att lösa. Alternativet skulle kunna vara batteridrivna skruvdragare, men detta medför dock andra problem, såsom batteribyte och att de inte är lika starka som tryckluftsdrivna skruvdragare.

Slöseri i onödiga rörelser kan minskas genom att bättre märka upp fasta platser till verktyg och märka upp lådor med mindre komponenter. Detta för att minska tiden det tar att hitta rätt komponenter eller verktyg. För att minska slöseri i felaktiga resurser som finns i station 1 med verktyget som vänder taken, krävs att det byts ut till ett enklare och mer säkert verktyg. Löses problemen med onödiga rörelser och felaktiga resurser kan det även leda till ökad motivation hos operatörerna eftersom arbetsplatsen blir trevligare och arbetet kan flyta på enklare.

5.1.4 Ledarskap

Det krävs ett starkare och mer tydligt ledarskap på EC-linan. Idag har inte produktionsledaren tid att regelbundet arbeta med EC-linan. Denne har som tidigare nämnts två ombud som ska hjälpa honom, men detta fungerar inte som tänkt. Det krävs en stark ledare som arbetar på linan och ansvarar för flödet. Denne kan styra bemanningen och kan då påverka att operatörerna flyttar sig mellan stationerna vid behov.

5.1.5 Materialtillförsel

Problemet med att kundorderbeställda komponenter inte finns i rätt förvaringsfack beror på att truckförarna från förtillverkningen gör fel. När truckföraren kommer med de kundorderbeställda komponenterna ska de registrera en streckkod på rätt förvaringsplats. Problemet är att de antingen registrerar fel streckkod eller inte registrerar överhuvudtaget. Detta gör att operatörerna på EC-linan tvingas leta, vilket tar tid. Hittar de inte komponenten måste de beställa en ny och aggregatet som monteras får ställas åt sidan. Troligtvis finns den kundorderbeställda komponenten i fel kundorderfack, vilket gör att det uppstår en onödig kostnad att tillverka en ny. Det blir även fler och fler komponenter i kundorderfacken.

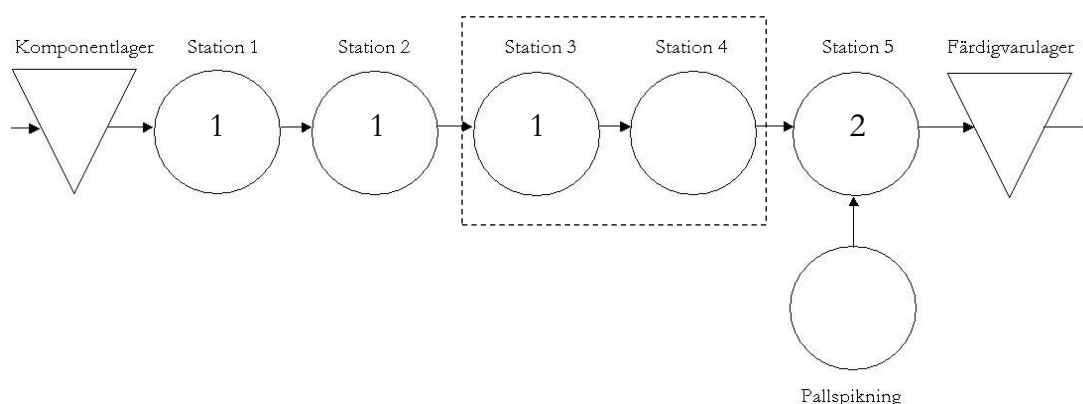
Truckförarens problem med att hitta större komponenter beror även det på truckförarna som placerar komponenterna fel i förrådet. Dessa problem kommer detta arbete inte behandla vidare utan är endast med för att ge en helhetsbild över de problem som finns.

5.2 Balanseringsförslag

Följande förslag är grundat på den analys som gjorts på EC-linan. Förslaget utgår från att balansera EC-linan med i första hand bemanning, men även genom att förbättra arbetsstationerna.

5.2.1 Bemanningfördelning

I Figur 21 illustreras den tänkta bemanningfördelningen i utgångsläget.



Figur 21. Förslag på antal operatörer per station på EC-linan

Beräkning på en genomsnittlig beläggning på 500 timmar per vecka ger en bemanning på 6,65 operatörer. Ett antal mätningar som Fläkt Woods tidigare genomfört, visar att de tider som beläggningen grundas på är generellt för höga. Dock finns inga exakta mätningar på hur mycket för höga tiderna är. För att se uträkningar, se bilaga 8.

Eftersom EC-linan ska börja arbeta tvåskift och operationstiderna är så höga, bör vårt förslag om bemanning med fem operatörer per skift räcka. Denna bemanningfördelning gör att det skapas ett sug genom linan, eftersom de snabbaste stationerna hamnar i slutet av linan. När operatörerna i station 5 är färdiga med sina arbetsuppgifter ska de gå en station bakåt i linan och hjälpa station 3 och 4. Detta gäller även för station 3 och 4 och så vidare. På så vis upprätthålls ett sug genom monteringen. Vid ökad efterfrågan kan kapaciteten öka genom en ökad bemanning med en eller flera operatörer. Dessa operatörer ska tillsättas från slutet av EC-linan, det vill säga i station 5 om behov finns, annars i station 3 och 4 och så vidare.

5.2.2 Arbetsinnehållet i stationerna

De förändringar av arbetsinnehållet i stationerna som ska göras är dels att station 1 utöver dagens arbetsuppgifter även ska ta över vissa arbetsuppgifter från station 2. Dessa är att montera gejder på mellangolven samt att borra stolpar och montera fästen till mellangolven. Detta skickas sedan med till station 2. Denna förändring medför att station 1 bör styra EC-linans flöde.

I station 3 och 4 bibehålls dagens arbetsinnehåll eftersom det fungerar bra i dagsläget. Station 5 är som beskrivits EC-linans flaskhals idag. För att uppnå ett sug genom linan får absolut inte sista stationen vara flaskhalsen! Därför väljer vi att placera två operatörer i denna station som sedan får flytta sig bakåt i linan när aggregatet är levererat till emballeringen.

Som Figur 21 visar är det ingen operatör som spikar pallar. I vårt förslag ska alla pallar upp till 335 x 335 cm spikas i spikmaskinen på EU-linan. Dessa transporteras sedan på EU-linan in till EC-linan. Spikmaskinen har kapacitet att spika EC:s pallar och det skulle innebära högre utnyttjandegrad på spikmaskinen. Pallarna hämtas från EU-linan av operatörerna i station 5. Resterande pallar med mått över 335 cm spikas av operatörerna på station 5 på EC-linans nuvarande station för pallspikning.

Transporter av aggregat till emballeringen ska skötas av operatörerna i station 5 eftersom de vet när aggregatet är färdigt, har tillgång till truck och avståndet till emballeringen är kort. Aggregat i storlekarna åtta och nio ska fortsättningsvis emballeras på EC-linan av operatörerna i station 5.

5.2.3 Förbättringar i arbetsstationerna

Arbetsstationerna behöver förbättras för att underlätta balanseringen. Vårt förslag är att en investering måste göras i ett nytt verktyg som vänder taken i station 1. På EU-linan finns idag ett verktyg för att vända tak som drivs av tryckluft. Detta är ett betydligt säkrare och snabbare alternativ än befintligt verktyg på EC-linan och som dessutom inte skulle innebära någon större investering till EC-linan.

Samtliga arbetsstationer behöver förbättra förvaringen av mindre komponenter i lådor. Nya uppmärkta lådor behöver införskaffas för att underlätta arbetet och minska slöseri i onödiga rörelser.

Operatörernas verktyg behöver också nya hållare för att underlätta arbetet. Vi väljer att endast de verktyg som inte används så frekvent, exempelvis bormaskiner och kittpistoler, får fasta platser. För skruvdragare som används ofta ska det finnas omärkta hållare till vid varje station. Detta för att operatörerna rör sig runt aggregatet vid montering, vilket gör det opraktiskt att ha fasta platser för skruvdragarna. Dock behövs hållare för att minska slöseri i onödiga rörelser samt att öka ordning och reda i stationerna.

5.2.4 Dagsmål

Idag arbetar EC-linan efter veckomål, vilket bidrar till att operatörerna upplever att de har lång tid på sig och på så sätt inte blir motiverade att montera antalet aggregat som krävs per dag. Vi föreslår därför att de ska arbeta efter dagsmål som är mer kortsiktiga och ger högre motivation till att uppnå dagens mål. Detta är fullt möjligt eftersom dagsplanering redan tillämpas.

För att operatörerna ska bli medvetna om vilka mål som gäller, ska tydliga tavlor som överskådligt visar vilka dagsmål som gäller för hela veckan sättas upp. Den ska även visa vilka differenser som uppstår mellan planerat antal aggregat och verkligt utfall. Produktionsledaren ska ansvara för att tavlorna uppdateras.

5.2.5 Ledarskap

Ett väl fungerande och tydligt ledarskap är en kritisk faktor för att lyckas med balanseringsarbetet. Att genomföra förändringar tar alltid tid, men med bra ledarskap kan förståelsen för förändringen öka hos operatörerna och därmed kan denna tid bli betydligt kortare.

Vårt förslag bygger på att EC-linan ska ha en av operatörerna per skift som både är gruppombud och materialombud och som ansvarar för att dagsmålen uppnås. Detta innebär att ombudet ska ansvara för fördelning och rotation av bemanningen samt ha kontakt med truckföraren för att materialtillförseln ska fungera. När det uppstår problem med material eller bemanning är det ombudets ansvar att lösa problemet. Uppstår situationer som ombudet inte klarar lösa ska denne vända sig till produktionsledaren. Fungerar detta som planerat kommer produktionsledaren bli avlastad och få ett mer övergripande ansvar.

Produktionsledaren ska fortsättningsvis ansvara över att fördela bemanning mellan EC- och EU-linan vid behov. Märker exempelvis produktionsledaren att EC-linan inte monterar den volym som är planerad samtidigt som operatörerna på EC-linan arbetar maximalt, kan denne öka kapaciteten genom att sätta in en eller flera operatörer från EU-linan. Det är viktigt att dessa sätts in från slutet av linan som beskrivs under rubriken *5.2.1 Bemanningfördelning*.

5.2.6 Resultat av förslaget

Genomförs detta förslag kan följande fördelar uppnås:

- *Balanseringsförluster minskar.* Genom en mer flexibel bemanning där det är enklare för operatörerna att flytta sig mellan stationerna kommer balanseringsförlusterna minska. Detta eftersom väntetider minskar och genomloppstiden blir kortare.
- *Kortare genomloppstid.* Eftersom ett sug skapas i EC-linan där station 1 är flaskhalsen, reduceras väntetider mellan stationerna. Detta gör att genomloppstiden blir betydligt kortare än dagens.
- *Leveransprecisionen ökar.* Eftersom genomloppstiden blir kortare kan leveransprecisionen mot Fläkt Woods kunder öka. Att arbeta efter dagsmål kan även det göra att leveransprecisionen ökar eftersom operatörerna på EC-linan bättre vet vad som ska monteras under dagen. Det blir även enklare att följa upp differenser som uppstår.

- *Minskad kapitalbindning i PIA och lager.* Kortare genomloppstid medför att kapitalbindningen i PIA minskar. Det kan även leda till färre förseningar, vilket innebär att komponenter till aggregaten förvaras kortare tid i lager och lagernivån blir lägre. Det gör att kapitalbindningen i lager minskar.
- *Minskad trade-off.* Eftersom leveransprecisionen kan öka utan att antal lagrade aggregat i färdigvarulager ökar, kan denna trade-off minska eller helt elimineras.
- *Produktiviteten ökar.* När genomloppstiden blir kortare och bemanningen minskar kan fler aggregat monteras per operatör. Det gör att produktiviteten ökar på EC-linan.
- *Tydligare ledarskap.* När produktionsledaren blir avlastad av ombudet kan denne koncentrera sig på det övergripande ansvaret för både EU- och EC-linan. Dessutom kan ett utnämnt ombud bättre styra flödet på EC-linan och agera när problem uppstår.
- *Högre motivation.* Genom att arbetsstationerna förbättras och en bättre ordning skapas kan motivationen hos operatörerna höjas. Att arbeta efter dagsmål kan också bidra till ökad motivation, eftersom målen kan upplevas utmanande att klara.
- *Bättre samarbete med EU-linan.* Eftersom både EU- och EC-linan kommer att arbeta tvåskift blir samarbetet bättre på grund av möjligheten att flytta operatörer mellan linorna.

När förslaget genomförs krävs investeringar i ett verktyg som vänder taken i station 1, nya hållare för verktyg i ergonomisk höjd samt nya lådor för mindre komponenter och ställ till dessa i samtliga stationer.

Det krävs en omfördelning av bemanningen med fem operatörer i varje skift. De resterande tre operatörerna kan ges andra arbetsuppgifter inom företaget. Att genomföra förslaget med fem operatörer per skift tar tid innan det fungerar som planerat och måste testas under en tidsperiod innan det utvärderas. Visar utvärderingen att bemanningsfördelningen inte fungerar som planerat är nästa steg att öka till sex operatörer per skift.

Arbetsinnehållet i stationerna måste omfördelas som förslaget beskriver under rubriken *5.2.2 Arbetsinnehållet i stationerna*.

De pallar som ska spikas i spikmaskinen på EU-linan behöver programmeras i maskinen. När EC-linan släpper ut en order ska stationen för pallspikning på EU-linan få en indikation på vilken pall som ska spikas.

Produktionsledaren behöver utse vilka ombud som är lämpliga för de nya ansvarsområdena.

En tydlig tavla med dagens mål, utfall och differenser behöver sättas upp och uppdateras med jämna mellanrum av produktionsledaren.

Den största utmaningen är att få operatörerna positiva till förändringen och förstå dess syfte. Detta bör göras genom tydlig information så fördelarna med förändringen blir förstådd av samtliga operatörer.

5.3 Förslag för framtiden

Ett mer långsiktigt förslag för att balansera EC-linan är att samtliga blockuppdelade EC-aggregat ska monteras på EU-linan. Enbart hela EC-aggregat ska monteras på nuvarande EC-lina. Detta på grund av att de hela EC-aggregaten innehåller ett större antal komponenter i jämförelse med de blockuppdelade, vilket är den största källan till obalans på EC-linan. På detta sätt kan EC-linan bli bättre balanserad. Förslaget kräver dock ett antal åtgärder och stora investeringar.

- På EU-linan finns en maskin som vänder taket och lyfter på det på aggregatet. Den maximala höjd maskinen kan prestera är 230 cm. EC-aggregat i storlek nio är för höga och därför inte möjliga att monteras här. Maskinen behöver bytas till en maskin som kan lyfta minst 270 cm högt.
- I pallspikningsmaskinen på EU-linan finns idag överkapacitet. Den utgör därför inget hinder för att spika pallar till EC-aggregaten. Den klarar även av de mått som finns på de blockuppdelade EC-aggregaten.
- Detsamma gäller för maskinen som skruvar ihop ramprofiler. I dagsläget finns överkapacitet som räcker för att även montera ramprofiler till blockuppdelade EC-aggregat. Den klarar också de mått som finns på EC-aggregaten.
- EU-linan har också överkapacitet som kan utnyttjas genom att också montera blockuppdelade EC-aggregat. Längd och bredd på dessa EC-aggregat är inget hinder för montering på EU-linan.
- EU-linan går mellan två byggnader genom en tunnel som har en maximal höjd på 270 cm vid de lägsta sektionerna. Det innebär att blockuppdelade EC-aggregat i storlek nio med ett 20 cm högt spjäll på taket inte kan passera. Därför måste spjället monteras i stationen efter tunneln. Alternativet är att den lägsta sektionen, vilket är tunnelns inlopp och utlopp, höjs till minst 300 cm.

Dessa åtgärder ligger till grund för en långsiktig balansering av EC-linan. De gör att mixen av hela och blockuppdelade EC-aggregat elimineras, vilket är det stora problemet med att få en fungerande balansering av EC-linan idag. Fördelar med denna förändring är:

- *Minskade balanseringsförluster på EC-linan.* När endast hela aggregat monteras på EC-linan blir variationerna i monterings tid små, vilket leder till minskade väntetider och därmed minskade balanseringsförluster.
- *Ökat modultänkande.* Eftersom både EU- och EC-aggregat monteras på samma lina krävs dubbla lager av komponenter till aggregaten. För att minska lagren krävs samma komponenter till båda typerna av aggregat. Detta kan leda till ökat modultänkande som medför att Fläkt Woods kan tillverka och beställa större volymer av färre olika komponenter och på så sätt minska lager, hantering och inköp.
- *Ökad utnyttjandegrad.* Monteras blockuppdelade EC-aggregat på EU-linan ökar utnyttjandegraden hos samtliga operatörer på EU-linan där det idag finns överkapacitet med höga väntetider som följd. Detta gäller även pallspikningsmaskinen och maskinen som skruvar ramprofiler. Dessa står idag still stor del av den tillgängliga tiden och kan då i högre grad utnyttjas.
- *Enklare ökning av kapacitet.* Monteras endast hela EC-aggregat på EC-linan kan kapaciteten minskas med minskad bemanning. Detta medför enklare ökning i kapacitet på EC-linan genom ökad bemanning. Dagens bemanning på 13 operatörer gör det svårt att öka i kapacitet eftersom stationerna är fullbemannade.

Genomförs förslaget medför det dock ett antal nackdelar:

- *Stora investeringar.* För att det ska vara möjligt att montera blockuppdelade EC-aggregat på EU-linan krävs stora investeringar. Bland annat behövs en ny maskin för att vända och lyfta aggregatens tak. Dessutom behöver transportbanden vid de första stationerna breddas.
- *Dubbla lager.* Monteras blockuppdelade EC-aggregat på EU-linan innebär det dubbla lager med komponenter på EU-linan för båda typerna av aggregat. Dessutom behöver dagens lager av komponenter på EC-linan fortsättningsvis vara kvar. Detta medför högre lagringskostnader, fler interna transporter samt mer komplex planering.
- *Stor omställning på EU-linan.* EU-aggregat är Fläkt Woods viktigaste produkt och skulle blockuppdelade EC-aggregat monteras här medför det en stor omställning för EU-linan. Omställningen innebär avbrott i monteringen då transportbanden ska breddas, maskinen för att vända och lyfta aggregatens tak ska bytas samt en inläringstid för operatörerna.

- *EC-aggregaten innehåller fler komponenter.* Eftersom EC-aggregat innehåller både till- och frånluft innebär det fler komponenter att montera. På ett EU-aggregat monteras komponenter endast på aggregatets botten. På ett EC-aggregat monteras komponenter både på aggregatets botten och på dess mellangolv. Mellangolven tar dessutom extra tid att montera, vilket skulle medföra att blockuppdelade EC-aggregat bromsar upp EU-linans takt.

Kortsiktigt innebär detta förslag höga kostnader och flera problem att lösa, men långsiktigt kan fördelarna överskrida nackdelarna. Detta kräver dock fler analyser över kostnader och möjliga intäkter.

6 Referenser

Storhagen, Nils G (2003) *Logistik – grunder och möjligheter*.
Liber, Malmö, ISBN 91-47-07266-0

Olhager, Jan (2000) *Produktionsekonomi*.
Studentlitteratur, Lund, ISBN 91-44-00674-8

Slack, Nigel; Chambers, Stuart; Johnston, Robert (2004) *Operations Management fourth edition*.
Prentice Hall, Harlow, ISBN 0-273-67906-6

Björnland, Dag; Persson, Göran; Virum, Helge (2003) *Logistik för konkurrenskraft – ett ledaransvar*.
Liber, Malmö, ISBN 91-47-06491-9

Liker, Jeffrey K (2004) *The Toyota way*.
McGraw-Hill, New York, ISBN 0-07-139231-9

Andersson, John; Audell, Bert; Giertz, Eric; Reitberger, Göran (2002) *Produktion – Strategier och metoder för effektivare tillverkning*.
Nordstedts Juridik, Stockholm, ISBN 91-38-50120-1

Slack, Nigel; Lewis, Michael (2002) *Operation Strategy*.
Prentice Hall, Harlow, ISBN 0-273-63781-9

Ekman, Krister (2004) *Scantias Produktionssystem*.
Svensk Information, Karlskrona

7 Sökord

A		Linjebalansering	12, 13, 15, 16
Aktivitetsmix	18	Luftbehandlingsaggregat	6
Arbetsinnehåll	35, 38	M	
Arbetsuppgiftsfördelning	21	Materialtillförsel	25, 30, 34
B		Modultänkande	40
Balansering	9, 11	O	
Balanseringsförlust	14, 16	Onödiga eller felaktiga resurser	10
C		Onödiga rörelser	10, 22
Cykeltid	12, 14, 16	Onödiga transporter	10
D		Optimized Production Technology	19
Dagsmål	36	Outnyttjad personalkreativitet	10
E		Överproduktion	10
Ergonomi	22	Överskott av inventarier	10
F		P	
Flaskhals	19, 20, 25, 32	Parallellgruppering	17, 32
G		PIA	7, 9, 10, 13, 29, 32, 37
Genomloppstid	2, 7, 13, 14, 18, 19, 26, 29, 32, 33, 37	Precedensdiagram	12, 13
I		Precedensrelationer	13, 15, 32
Icke-värdeadderande resurser	11	Produktionslina	11
K		Produktionslinans layout	12
Kapacitet	6, 7, 18, 19, 35, 37, 40	Produktivitet	7, 18, 33
Kapitalbindning	7, 10, 13, 37	S	
Kapitalkostnad	9	Slöseri	2, 7, 9, 10, 22, 23, 29, 33, 36
Kundanpassning	9	T	
L		Taktstyrning	16, 32
Ledarskap	34, 37	Tidslina	11, 32
Leveransprecision	6, 7, 9, 33	Toyotas produktionssystem	10
Leveransservice	9	Trade-off	9
		U	
		Utnyttjandegrad	18
		V	
		Väntetid	10, 30, 43
		Värdeadderande resurser	10, 11

8 Bilagor

- Bilaga 1 Genomloppstid på EC-linan
- Bilaga 2 Väntetider Fredag 7 april
- Bilaga 3 Väntetider Måndag 10 april
- Bilaga 4 Väntetider Tisdag 11 april
- Bilaga 5 Väntetider Onsdag 12 april
- Bilaga 6 Väntetider Torsdag 13 april
- Bilaga 7 Väntetider i genomsnitt
- Bilaga 8 Beräkning av antal operatörer per skift