





## Förord

Examensarbetet utgör den avslutande delen av vår civilingenjörsutbildning med inriktning industriell ekonomi. Arbetet omfattar 20 akademiska poäng och är utfört på uppdrag av ITT Flygt AB i Emmaboda och i samarbete med Institutionen för teknisk ekonomi och logistik, avdelningen produktionsekonomi vid Lunds Tekniska Högskola.

Vi vill tacka vår handledare vid företaget Kenneth Philipsson som gett oss ett välbehövligt stöd under arbetets gång. Ett stort tack riktar vi också till personer på Arjo och Haldex Hydraulics som har gett oss ett vänligt bemötande vid våra besök på dessa företag. Avslutningsvis vill vi tacka samtliga personer på ITT Flygt som vi har kommit i kontakt med under arbetets gång och som har ställt upp för intervjuer och besvarat våra frågor eller på annat sätt hjälpt oss. Vi vill också rikta ett stort tack till vår handledare Bertil I Nilsson vid Lunds Tekniska Högskola som trots cykelolyckor och annat alltid haft tid att ställa upp för oss. Hans förmåga att snabbt besvara våra frågor och ge oss värdefull vägledning värdesätter vi högt.



.....  
Peter Börjesson



.....  
Anders Lundgren

Lund den 26 augusti 2003



## Sammanfattning

<p><b>Titel</b> <b>Författare</b> <b>Handledare</b></p>	<p>Examensarbetet Utveckling av monteringsystemet på PVB – ITT Flygt har författats av Peter Börjesson och Anders Lundgren vårterminen 2003 under handledning av Kenneth Philipsson, produktionstekniker på PVB, ITT Flygt och Bertil Nilsson, lektor vid LTH.</p>
<p><b>Bakgrund</b></p>	<p>ITT Flygts produktverkstad B tillverkar dränkbara pumpar primärt för byggnadsindustrin där merparten av monteringen utförs på stationära arbetsplatser. Vidare finns krav på korta leveranstider och en stor variation beträffande beläggningen under året. Till följd av ovanstående vill produktverkstaden undersöka om det är möjligt att finna en modell med vilken produktiva och flexibla monteringsystem kan utformas. Vidare ställs frågan om vilka andra produktionstekniska och arbetsorganisatoriska förändringar som kan genomföras och vilka resultat dessa kan förväntas ge. Målsättningen är därför att utveckla en modell som kan användas vid utformning av monteringslinor som är mer lönsamma än de befintliga på både lång och kort sikt. Målsättningen är också att ge förslag på hur produktionstekniska och arbetsorganisatoriska förändringar kan förbättra det nuvarande monteringsarbetet. För att undersökningen inte ska bli alltför omfattande, avgränsas vår utformning till att endast omfatta de tre monteringslinorna 39, 44 och 46. Av samma anledning beaktas i analysdelen inte heller samtliga kriterier som modellen förespråkar. Om man vid utformningen av nya monteringsystem förlitar sig fullt ut på ett fåtal personers kunskaper föreligger risken att vissa möjligheter förbises och att den kunskap som genereras aldrig dokumenteras. Av denna anledning måste en strukturerad metodik nyttjas vid utformningsarbetet. Den metodik som vi förespråkar är en utformningsmodell som utvecklats med stöd av teoretiska studier och som kan utnyttjas under hela utvecklingsprocessen. Med hjälp av utformningsmodellen har vi utformat och utvärderat ett antal systemförslag för att erhålla en mer lönsam montering. Vidare resulterar arbetet i förslag på produktionstekniska och arbetsorganisatoriska förändringar beträffande till exempel införandet av en separat monteringscell, förmontering av statorhus, gemensam leveransprovning och packning, arbetsväxling, förändring av internutbildningen, visualisering och utveckling av förslagsverksamheten.</p>
<p><b>Problemformulering</b></p>	
<p><b>Målsättning</b></p>	
<p><b>Avgränsningar</b></p>	
<p><b>Slutsatser</b></p>	
<p><b>Nyckelord</b></p>	<p>I uppsatsen behandlas termer som monteringsystem, monteringsupplägg, monteringsflöde, materialförsörjning, arbetsorganisation, ergonomi, utformningsmodell, kriterieutformning och uppfyllnadsanalys. Dessa begrepp utgör kärnan i uppsatsen</p>



## Abstract

<b>Title</b>	The master thesis Development of the assembly system at PVB – ITT Flygt is authored by Peter Börjesson and Anders Lundgren during spring semester 2003 and was supervised by Bertil I Nilsson, lecturer at Lund University and Kenneth Philipsson, production engineer at PVB, ITT Flygt.
<b>Authors</b>	
<b>Tutors</b>	
<b>Background</b>	Work Shop B at ITT Flygt manufactures submersible pumps primarily for the construction industry and are today using an assembly principle, working on benches. Because of the demand on short delivery times and great variations of orders during the year there is a high pressure on the work shop.
<b>Problem description</b>	Because of the aspects above, the work shop wants to investigate whether it is possible to find a model for the design of productive and flexible assembly systems. Furthermore, the work shop wants to know which technical and administrative changes that is possible to implement, and what outcomes to expect. The objective is therefore to develop a model that can be used for the design of assembly lines that can increase profit compared to the existing lines on long term as well as short term. Another objective is to make proposals about how technical and administrative changes can improve the existing assembly process. To make sure that the scope of the investigation will not become too great, the development will only involve the assembly lines 39, 44 and 46. For the same reasons, not all criteria's that are proposed in the model are taken into consideration. If one during the design of assembly systems only relied on the knowledge of a few people, there is a great danger that some possible solutions are missed out, and that the generated knowledge never will be documented. On account of that, a structured methodology needs to be carried out trough the design process. We are proposing a methodology that has been developed by ourselves and is supported by the theoretical background, and can be used through out the entire design process. By means of the model we have designed and evaluated a number of system approaches that can be used for a more profitable assembly work. Furthermore, this thesis results in a number of technical and administrative proposals regarding for example implementation of a separate assembly cell, pre- assembly of the stator, delivery test and packing in one common station, job rotation, visualization, improved internal training and proposal activities.
<b>Objectives</b>	
<b>Delimitations</b>	
<b>Conclusions</b>	
<b>Key words</b>	The thesis contains a number of terms, such as assembly system, assembly principles, assembly flow, flow of materials, work organization, ergonomics, design model, choice of criteria, and fulfilment analysis. These terms constitutes the core of the thesis.





## Innehållsförteckning

1	Inledning .....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Problemformulering .....	1
1.3	Målsättning .....	1
1.4	Målgrupp .....	2
1.5	Avgränsningar .....	2
1.6	Företagsbeskrivning .....	2
1.6.1	Flygtkoncernen .....	2
1.6.2	ITT Flygt i Emmaboda .....	2
1.7	Rapportens struktur .....	3
2	Metodik .....	4
2.1	Utförande .....	4
2.2	Undersökningsansats .....	5
2.2.1	Metodsynsätt .....	5
2.2.2	Val av metodsynsätt .....	6
2.2.3	Arbetsprocess .....	8
2.2.4	Val av arbetsprocess .....	8
2.2.5	Metod och angreppssätt .....	9
2.2.6	Val av metod och angreppssätt .....	10
2.3	Datainsamling .....	11
2.3.1	Datakategorier .....	11
2.3.2	Datakällor .....	11
2.4	Källkritik .....	12
2.4.1	Utvärdering av källor .....	12
2.4.2	Tillvägagångssätt .....	15
3	Teoretisk bakgrund .....	19
3.1	Monteringssystem .....	19
3.1.1	Definition .....	19
3.1.2	Monteringssystemets in- och output .....	20
3.1.3	Monteringssystemet som ett sociotekniskt system .....	21
3.1.4	Monteringsprocessen .....	22
3.1.5	Monteringsanpassad konstruktion .....	22
3.2	Monteringsflöde .....	25
3.2.1	Förluster i monteringsystemet .....	25
3.2.2	Linjeflöden .....	26
3.2.3	Parallellflöden .....	28
3.2.4	Varianter av parallellflöden .....	29
3.2.5	Komplettmonteringssystem .....	31
3.3	Materialförsörjning .....	32
3.3.1	Materialförsörjning i linjeflödessystem .....	33
3.3.2	Materialförsörjning i parallellflödessystem .....	33
3.3.3	Samplöckning .....	33
3.3.4	Integrering av materialförsörjnings- och monteringsfunktioner .....	34
3.4	Arbetsorganisation .....	34
3.4.1	Monteringsgruppen .....	35

3.4.2 Arbetsinnehåll.....	36
3.4.3 Multistrukturerad arbetsorganisation .....	37
3.4.4 Förändringar i en organisation .....	38
3.4.5 Återkopplade system .....	39
3.4.6 Visualisering.....	40
3.5 Ergonomi.....	41
3.5.1 Moment som kan leda till arbetsskador.....	41
3.5.2 Kontrollåtgärder .....	41
4 Utformning av monteringsystem.....	43
4.1 Bakgrund .....	43
4.1.1 Utformningsmodellen.....	44
4.2 Kartläggning av påverkande faktorer vid företaget/avdelningen.....	45
4.2.1 Påverkande faktorer beträffande produkten .....	45
4.2.2 Påverkande faktorer beträffande lokalen.....	47
4.2.3 Påverkande faktorer beträffande befintlig utrustning.....	48
4.2.4 Påverkande faktorer beträffande personalen .....	48
4.3 Bestäm mål för det nya systemet .....	49
4.4 Kriterieutformning .....	49
4.5 Skisserande av nya system .....	50
4.6 Viktning av kriterier .....	50
4.7 Uppfyllnadsanalys.....	51
4.8 Val av koncept.....	51
5 Empiri .....	53
5.1 PVB .....	53
5.1.1 Produkterna.....	53
5.2 Monteringsystem .....	55
5.2.1 Monteringsprocess.....	56
5.2.2 Slutmonteringsupplägg.....	58
5.2.3 Utveckling av monteringsystem .....	58
5.2.4 Nya Bibo- serien.....	59
5.3 Monteringsystem Lina 39 .....	60
5.3.1 Produkterna.....	60
5.3.2 Monteringsupplägg.....	60
5.3.3 Processbeskrivning.....	61
5.4 Monteringsystem Lina 44 .....	62
5.4.1 Produkterna.....	62
5.4.2 Monteringsupplägg.....	62
5.4.3 Processbeskrivning.....	63
5.5 Monteringsystem Lina 46 .....	64
5.5.1 Produkterna.....	64
5.5.2 Monteringsupplägg.....	64
5.5.3 Processbeskrivning.....	65
5.6 Materialförsörjning .....	66
5.6.1 Materialflöde .....	66
5.6.2 Lagerhållning.....	67
5.6.3 Samplockning .....	68

5.7 Arbetsorganisation .....	68
5.7.1 Monteringsgruppen.....	68
5.7.2 Arbetsinnehåll.....	69
5.7.3 Visualisering.....	70
5.7.4 Förslagsverksamhet .....	70
5.7.5 Lönesystem.....	71
5.7.6 Produktrevision.....	71
5.8 Ergonomi.....	72
5.8.1 Brister .....	72
5.8.2 Kontrollåtgärder .....	72
6 Analys .....	74
6.1 Monteringsystem .....	74
6.1.1 Konstruktionsanalys .....	74
6.2 Monteringsflöde .....	75
6.2.1 Förluster i monteringsystem .....	76
6.2.2 Fördjupning i utvalda monteringslinor.....	77
6.3 Materialförsörjning .....	78
6.3.1 Samplockning .....	79
6.3.2 Integrering av materialförsörjnings- och monteringsfunktion .....	79
6.3.3 Fördjupning i utvalda monteringslinor.....	79
6.4 Arbetsorganisation .....	80
6.4.1 Monteringsgrupper .....	80
6.4.2 Arbetsinnehåll.....	82
6.4.3 Multistrukturerad arbetsorganisation .....	83
6.4.4 Visualisering.....	84
6.4.5 Förslagsverksamhet .....	84
6.5 Ergonomi.....	85
6.5.1 Fördjupning i utvalda monteringslinor.....	86
6.6 Utformning av utvalda monteringslinor.....	87
6.6.1 Kartläggning av påverkande faktorer beträffande produkten.....	88
6.6.2 Kartläggning av påverkande faktorer beträffande lokalen .....	94
6.6.3 Kartläggning av påverkande faktorer beträffande befintlig utrustning.....	94
6.6.4 Kartläggning av påverkande faktorer beträffande personalen .....	95
6.6.5 Bestäm mål för det nya systemet.....	95
6.6.6 Kriterieutformning.....	95
6.6.7 Skisserande av nya system .....	96
6.6.8 Viktning av kriterier .....	103
6.6.9 Uppfyllnadsanalys .....	105
6.6.10 Val av koncept.....	106
7 Slutsatser .....	108
8 Förslag på fortsatta studier och avslutande reflektioner .....	112
8.1 Förslag på fortsatta studier .....	112
8.2 Avstämning mot målsättning .....	112
8.3 Generaliserbarhet .....	113
8.4 Metodreflektion.....	113
8.5 Personliga reflektioner .....	114

Källförteckning .....	115
Skriftliga källor .....	115
Elektroniska källor .....	116
Muntliga källor .....	117
Begreppsapparat och definitioner .....	118
Bilagor.....	120
Bilaga 1 Underlag för samtal med personal på PVB.....	
Bilaga 2 Underlag för samtal med produktionsteknikerna .....	
Bilaga 3 Resultat av kriterieviktning .....	
Bilaga 4 Produktverkstad C .....	
Bilaga 5 Layout PVB.....	
Bilaga 6 Produktverkstad X.....	
Bilaga 7 Haldex Hydraulics System .....	
Bilaga 8 Arjo.....	
Bilaga 9 Produktverkstad S.....	
Bilaga 10 Produktverkstad T .....	

# 1 Inledning

*Inledningskapitlet syftar till att ge läsaren en uppfattning om och en förståelse för rapportens framtagande samt vad författarna vill uppnå med den. Bakgrunden är avsedd att ge en bild av varför behovet av detta examensarbete uppstod. Ur bakgrunden formuleras den problemställning som examensarbetet har för avsikt att behandla samt den målsättning som författarna har att uppnå med projektet. För att examensarbetet inte ska få en alltför bred karaktär sätter avgränsningarna ramarna inom vilket projektet bedrivs.*

## 1.1 Bakgrund

Monteringen i Produktverkstad B (PVB), en av 5 produktverkstäder på ITT Flygt i Emmaboda, är idag uppdelad på 10 stycken monteringslinor som tillverkar 22 olika pumpmodeller till framförallt byggnadsindustrin. Monteringslinorna är i huvudsak anpassade för montering av en, två eller tre pumpmodeller och nödvändig monteringsutrustning till dessa finns vid respektive station. Monteringslinorna har ungefär samma upplägg för samtliga modeller men är delvis anpassade efter produkternas unika egenskaper. Pumparna skiljer sig bland annat beträffande storlek, vikt, tillverkningsfrekvens, antal varianter och monteringsstid.

Det befintliga monteringsupplägget har av tradition utformats helt efter erfarenhet och inte efter något strukturerat tillvägagångssätt eller modell. Det har heller inte genomförts någon uppföljning på huruvida monteringsupplägget är det mest effektiva eller inte. Monteringsprincipen är för de olika pumpmodellerna ungefär densamma trots att skillnaderna i produkternas vikt och tillverkningsvolym är stora. Detta har lett till att företaget har börjat ifrågasätta den nuvarande utformningen av monteringsystemet

I takt med att de snart femtio år gamla produkterna kommer att ersättas med ett nytt sortiment, ser PVB möjligheten att genomföra en genomgripande förändring. En tilltagande konkurrens tillsammans med kravet på korta leveranstider samt den varierande beläggningen under året är ytterligare faktorer som indikerar behovet av förändringar.

## 1.2 Problemformulering

Är det möjligt att framställa en modell för utformningen av PVB:s monteringsystem och hur kan modellen i så fall se ut? Hur kan monteringslinorna med utgångspunkt i modellen utformas för att uppnå en så effektivt montering som möjligt? Vilka produktionstekniska och arbetsorganisatoriska förändringar kan genomföras och vilka resultat kan dessa förväntas ge PVB?

## 1.3 Målsättning

Den huvudsakliga målsättningen är att utveckla en modell för en strukturerad utformning av ett monteringsystem. Utformningsmodellen ska i första hand kunna utnyttjas för samtliga monteringslinor på PVB, men på längre sikt även i övriga produktverkstäder inom ITT Flygt. Med hjälp av modellen är avsikten att för utvalda monteringslinorna utveckla systemförslag som kan bli utgångspunkten för en detaljerad utformning. Vidare syftar studien till att lokalisera faktorer som är möjliga att förändra för att förbättra monteringen på PVB med avseende på produktionsteknik och arbetsorganisation.

## **1.4 Målgrupp**

Målgruppen för examensarbetet är i första hand uppdragsgivaren ITT Flygt i Emmaboda och i andra hand personal och civilingenjörstudenter vid de tekniska högskolorna. Resultaten kan säkert även vara av intresse för andra tillverkande företag.

## **1.5 Avgränsningar**

Projektet omfattar i huvudsak Produktverkstad B på fabriken i Emmaboda och den yta över vilken PVB förfogar. Undersökningen kommer att fördjupas i tre utvalda monteringslinor som ska vara representativa för PVB:s produktflora beträffande vikt, tillverkningsvolym och antal modeller/versioner. Vi studerar i första hand den befintliga produktfloran men tar även viss hänsyn till framtida produkter.

Utformningsmodellen kommer i projektet inte att praktiseras fullt ut, däremot ges en illustration på hur den ska begagnas. Utformningen sker på en systemkonceptuell nivå utan några detaljerade beskrivningar. Eftersom den från PVB givna uppgiftens karaktär inte omfattar de ekonomiska aspekterna, utelämnas dessa vid utformningen av de tre utvalda monteringslinorna.

## **1.6 Företagsbeskrivning**

### **1.6.1 Flygtkoncernen**

ITT Flygt AB utgör en del av ITT Industries som omsätter cirka 50 miljarder kronor och har 35000 anställda över hela världen. ITT Flygt AB är ett globalt företag som finns representerat i över hundra länder. Koncernen omsätter drygt 6 miljarder kronor och har 4000 anställda varav 1500 i Sverige. I Solna återfinns huvudkontoret där även företagets forsknings- och utvecklingsavdelning, marknadsföring samt försäljning finns representerat. I Emmaboda ligger den största produktionsanläggningen med en årlig produktion på 85000 pumpar och 15000 omrörare.

### **1.6.2 ITT Flygt i Emmaboda**

I Emmaboda ligger ITT Flygts största fabrik där dränkbara pumpar och omrörare tillverkas. Pumparna varierar i utformning och kapacitet, allt från små bärbara dräneringspumpar till större pumpaggregat som kan användas för reglering av vattennivåer vid dammbyggen. Fabriken i Emmaboda tillverkar ett antal pumptyper från början till slut inklusive formgjutning, montering och leveransprovning. Slutmonteringen av pumparna och omrörarna sker i de fem produktverkstäderna på området i Emmaboda. Företaget har även en egen elmotortillverkning som försörjer produktverkstäderna med elmotorer. Företaget har idag två större centrala lager, ett Sales Distribution Centre (SDC) i Metz som försörjer den europeiska marknaden samt ett i Emmaboda för den nordiska marknaden, i många fall skickas dock pumparna direkt från fabriken till slutkund.

## **1.7 Rapportens struktur**

Rapporten är uppdelad i 8 stycken kapitel som alla kan läsas fristående från varandra, men för att erhålla en helhetsbild av examensarbetet läses med fördel rapporten från början till slut. De 8 kapitlen följs av en förteckning över de källor som har använts i undersökningen samt en begreppsapparat med definitioner av ett antal begrepp som berörs i rapporten. Vid första tillfället när dessa begrepp nämns i rapporten, markeras de med kursiv stil. Avslutningsvis har bilagorna till uppgift att presentera den fakta som har fungerat som stöd för undersökningen. Nedan följer en beskrivning av innehållet i respektive kapitel.

*Kapitel 1* presenterade ramarna inom vilket projektet bedrivs samt dess syfte.

---

*Kapitel 2* innehåller den metodteori som ligger till grund för det val av metodik som används i undersökningen. Vidare beskrivs också vilka metodval som har gjorts och en motivering ges till varför dessa val gjordes.

---

*Kapitel 3* ger en teoretisk bakgrund till monteringsystemet, vilka olika varianter på monteringsflöden som finns att tillgå samt hur ergonomin kan påverka utformningen av ett monteringsystem. Vidare behandlas här även de för monteringsystemet så viktiga stödaktiviteterna materialförsörjning och arbetsorganisation.

---

*Kapitel 4* presenterar den modell som ligger till grund för utformningen av ett monteringsystem.

---

*Kapitel 5* innehåller resultaten av de empiriska undersökningar som har utförts på ITT Flygt i Emmaboda.

---

*Kapitel 6* analyserar de i kapitel 5 redovisade empiriska studierna med hjälp av den bakomliggande teori som presenteras i kapitel 3. För att illustrera hur modellen i kapitel 4 kan användas genomförs dessutom en utformning av de tre utvalda monteringslinorna på PVB.

---

*Kapitel 7* sammanfattar de slutsatser och förslag på förändringar som grundar sig på de resonemang som förs i kapitel 6.

---

*Kapitel 8* avslutar rapporten med förslag på fortsatta studier, avstämning mot målsättning, generaliserbarhet och en metodreflektion. Vidare ger här författarna sina personliga reflektioner och kommentarer på projektet i sin helhet.

## 2 Metodik

---

*Kapitlet avser att vägleda projektarbetet, både i form av vilka aktiviteter som ska utföras samt hur de ska utföras och hur insamlad data senare används. I Utförandeavsnittet redogörs för projektarbetets ingående processer översiktligt medan resterande delar varvar bakomliggande metodteori med och de val som görs baserat på denna. I undersökningsansatsen beskrivs och motiveras methodsynsätt, arbetsprocess, angreppssätt och metod. Slutligen redogörs för hur datainsamlingen kategoriernas och genomförts samt hur den kritiska granskning av valda tillvägagångssätt och insamlad data har gått till.*

---

*”Metod är ett redskap, ett sätt att lösa problem och komma fram till ny kunskap. Allt som kan bidra till att uppnå dessa mål är en metod. Det betyder inte, att alla metoder är lika hållbara eller tål en kritisk prövning lika bra.”<sup>1</sup>*

Ett examensarbete av vetenskaplig karaktär måste genomföras på ett strukturerat sätt. Valet av struktur eller metod styr såväl arbetet under projektets gång som på vilket sätt insamlad data samlas in, behandlas och tolkas. Vilka data som tillskrivs betydelse och graden av denna hänger samman med de metodföreskrifter som används. De verktyg som vi använder för att utvinna data är alltid styrda av vilken metod vi väljer att använda.<sup>2</sup> Valet av methodsynsätt avgör hur vi uppfattar verkligheten och bestämmer i sin tur hur vi försöker förklara och analysera den. Methodsynsättet har alltså växelverkan, för vårt sätt att förklara och analysera verkligheten påverkar i sin tur vår verklighet och bidrar till att ändra vår uppfattning om denna verklighet.<sup>3</sup>

För att uppnå den målsättning som sätts upp vid forskningsarbete kan flera angreppssätt användas. Att djuplodat redovisa alla dessa metoder och deras ingående delar skulle innebära mycket omotiverat arbete, varför vi istället väljer att endast redogöra för teorierna bakom den metodik vi använder. I vissa fall är utnyttjad metodik nära knuten till annan metodik inom samma område och i dessa fall beskriver vi översiktligt dessa teorier. Vår avgränsning kräver en klar och tydlig motivering beträffande våra val.

### 2.1 Utförande

Syfte och problemformulering beskrivs på ett tidigt stadium i en projektspecifikation, se figur 2.1. För att kunna uppfylla syftet krävs, till att börja med, en grundlig förståelse beträffande befintliga monteringsmetoder och pumparnas struktur. Denna företagsunika kunskap insamlas genom en förstudie som är det naturliga steget att ta efter det att en projektspecifikation sammanställts. Samtidigt som de ingående artiklarna och deras inbördes relationer identifieras insamlas med fördel empiri beträffande det befintliga monteringsystemet. Den empiriska förstudien kan utföras på flera sätt men genom ett *aktivt deltagande* samt *öppen observation* kan en situationsanalys snabbt sammanställas. Samtidigt som metodval och förstudie genomförs, påbörjas arbetet med att söka relevant teori. Teorin vägleder senare den empiriska fördjupningsstudie som genomförs, både internt inom företaget och genom extern *benchmarking*. Den empiriska undersökningen pågår, med viss tidsförskjutning, parallellt med teoriinsamlingen. All insamlad teori och empiri ligger till grund för den analysdel som våra slutsatser baseras på.

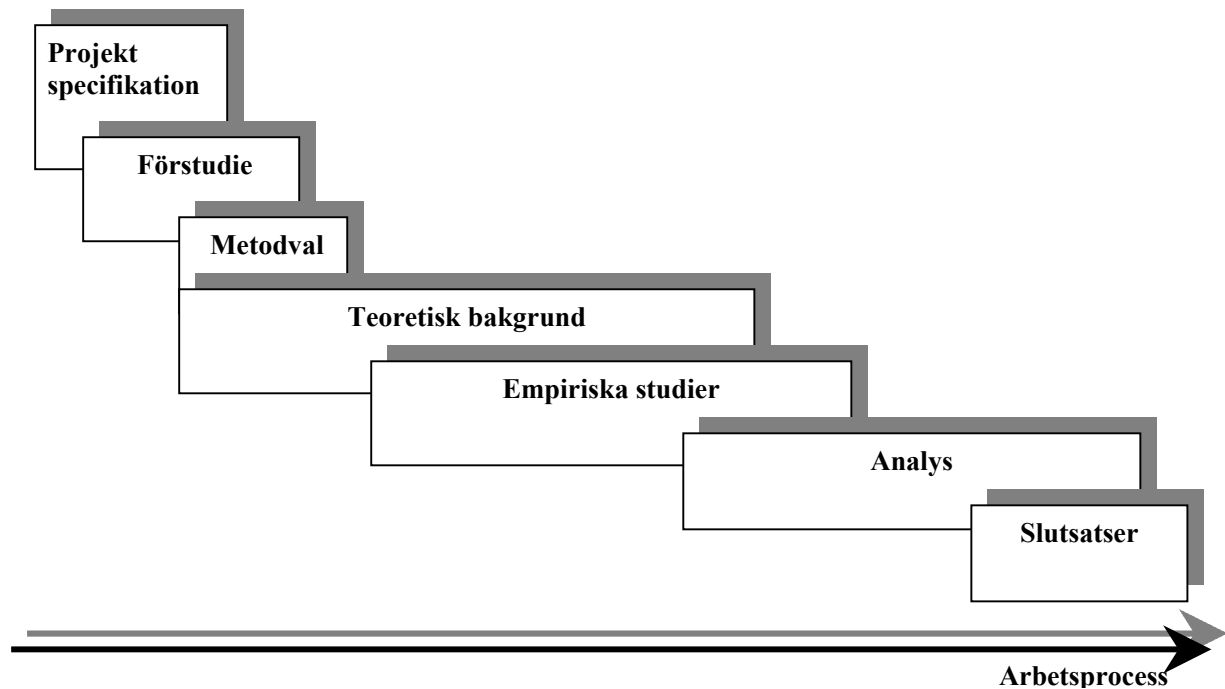
---

<sup>1</sup>, Holme & Solvang, 1997, sid. 13

<sup>2</sup> Darmer & Freytag, 1995

<sup>3</sup> Ibid





Figur 2.1 Arbetsprocessens aktiviteter och deras inbördes beroende

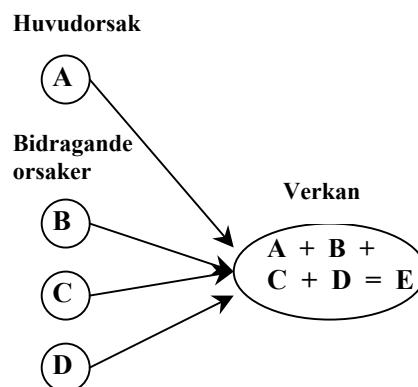
## 2.2 Undersökningsansats

### 2.2.1 Metodsynsätt

För att förklara forskarens syn på verkligheten, kunskap och resultat brukar tre olika metodsynsätt vanligtvis användas. Tillvägagångssätten benämns analytisk princip, systemprincipen och aktörsprincipen.

#### ANALYTISK PRINCIP

Vid krav på enkelhet utnyttjas ofta den analytiska principen. Modellen ska vara precis och entydig och orsaksfaktorerna ska kunna identifieras och isoleras. Verklighetsuppfattningen bygger på att helheten är summan av varje enskild del och dessa delar kan ges ett kvantitativt värde, en siffra.<sup>4</sup> Resultat som erhålls är av orsak-verkan karaktär och resultaten generaliserbara, se figur 2.2.<sup>5</sup>



Figur 2.2 Analytiskt perspektiv<sup>6</sup>

<sup>4</sup> Holme & Solvang, 1997

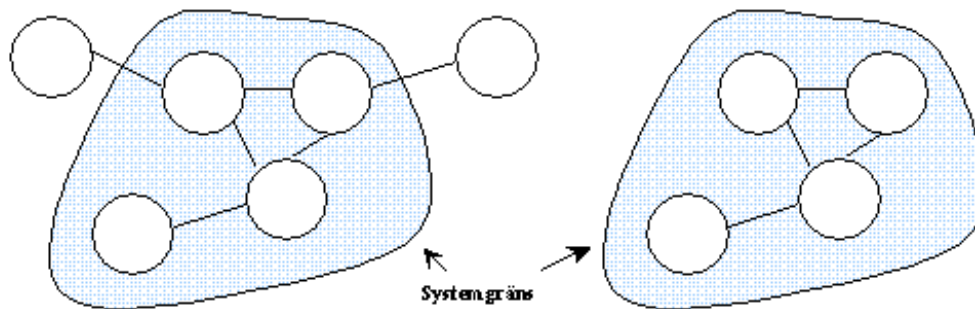
<sup>5</sup> Öhrström, 1997

<sup>6</sup> Arbnor & Bjerke, 1994

### SYSTEMPRINCIPEN

Om man som forskare vill att modellen ska ge en vidgad förståelse av den förståelse som behandlas inser man att förutsättningen om helheten som summa av delarna inte är hållbar. I systemsynsättet samspelar strukturella element sinsemellan. Eftersom relationerna mellan de olika delarna ger synergieffekter är det inte möjligt att förklara funktionen av en komponent i systemet genom att enbart studera denna, det krävs ett helhetsperspektiv. Verkligheten kan alltså inte beskrivas som att helheten är summan av de ingående delarna, utan beroende på ramvillkoren kan helheten bli mer eller mindre än summan av sina delar.<sup>7</sup>

Ett system kan antingen sägas vara öppet eller slutet, se figur 2.3. I ett öppet system existerar komponenter som inte tas hänsyn till men som likväl påverkar resterande delar i systemet. I ett slutet system tas tvärt emot hänsyn till samtliga komponenter i systemet.<sup>8</sup>



Figur 2.3 Öppet system respektive slutet system

### AKTÖRSPRINCIPEN

Om tonvikten läggs på oförutsägbarhet och kreativitet faller sig ofta aktörsprincipen som den mest lämpliga metoden. Tvärt emot systemprincipen beskrivs helheten av delarnas egenskaper.<sup>9</sup> Detta kan tyckas likna det analytiska synsättet men de två synsätten skiljer sig markant. Vikten läggs här på att beskriva meningen och innehållet som ges av samspelet mellan olika aktörer. Aktörsprincipen skiljer sig också genom att verkligheten betraktas som en social konstruktion baserad på olika mänskliga individer och deras karaktärsdrag.<sup>10</sup>

#### 2.2.2 Val av metodsynsätt

Ett produktionssystem betraktas som ett totalt system som innefattar tekniska och sociala undersystem. Dessa två undersystem är starkt relaterade sinsemellan, de kan inte beskrivas eller utformas utan att påverka varandra. Underliggande system kan till exempel vara administration, organisation, *materialförsörjning* eller monteringsystem och dessa har i sin tur undersystem etcetera. Produktionssystemets vertikala och horisontella beroende innebär att det analytiska synsättet, där helheten kan ses som summan av de ingående delarna, inte är applicerbart och att valet av metodsynsätt därför faller på systemsynsättet. Såväl det tekniska som det sociala undersystemet har i sin tur underliggande system och dessa har i sin tur underliggande system etcetera. Mångfalden av de strukturella element som sinsemellan påverkar varandra i ett system gör det omöjligt att beakta alla komponenter. Ett produktionssystem måste därför betraktas som ett öppet system där vissa faktorer inte omfattas av undersökningen.<sup>11</sup>

<sup>7</sup> Holme & Solvang, 1997

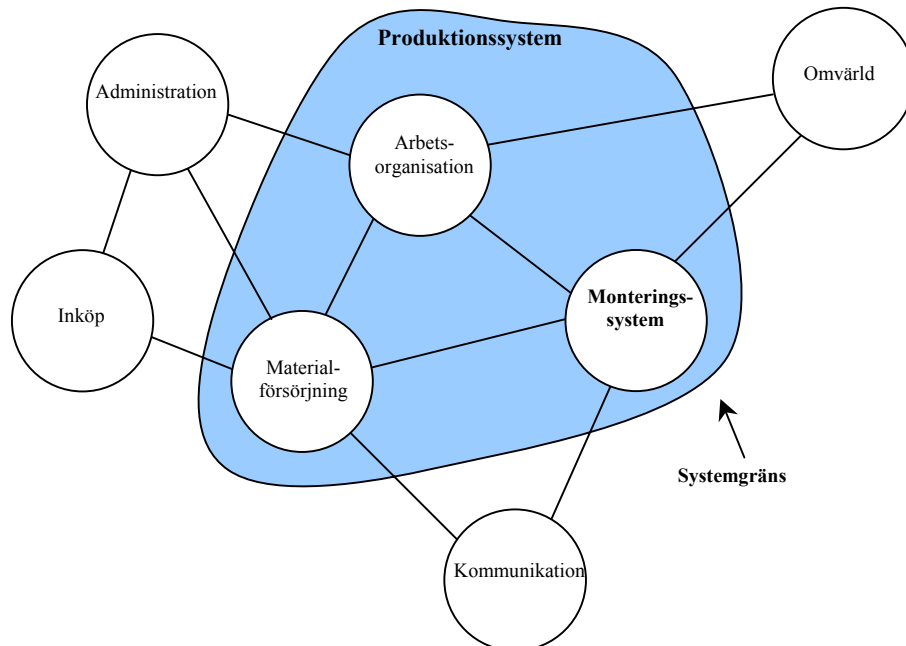
<sup>8</sup> Abnor & Bjerke, 1994

<sup>9</sup> Holme & Solvang, 1997

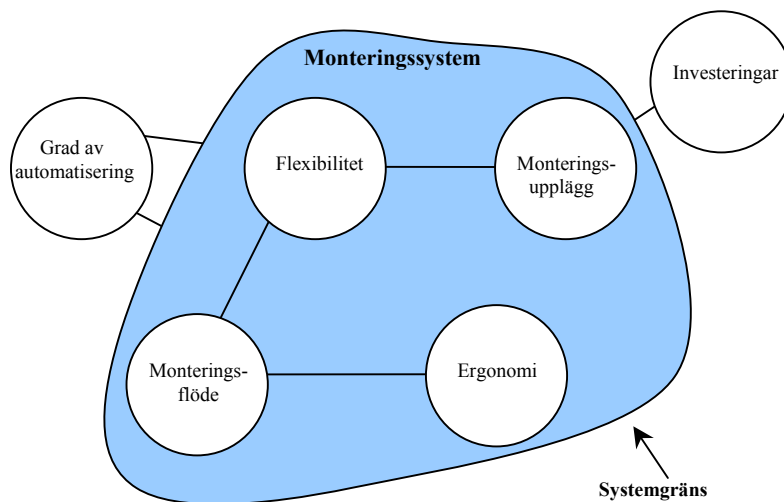
<sup>10</sup> Arbnor & Bjerke, 1994

<sup>11</sup> Medbo, 1999

När ovan nämnda aspekter ska knytas till examensarbetet på ITT Flygt kan det totala systemet sägas vara produktionssystemet i PVB, se figur 2.4. Systemgränsen väljer vi att dra på ett tidigt stadium eftersom projektet omfattar så pass många faktorer att det annars hade blivit allt för omspännande. Den inbördes påverkan mellan olika funktioner illustreras med hjälp av streck i figuren. Om monteringsystemet på en lägre nivå ses som ett huvudsystem, har den i sin tur undersystem enligt figur 2.5. Teoriavsnittet i rapporten är strukturerat efter de funktioner som faller inom systemgränsen.



Figur 2.4 Öppet system nivå produktionssystem



Figur 2.5 Öppet system nivå monteringsystem

Det är, som tidigare nämnts, omöjliga att beakta alla ingående funktioner som påverkar varandra. Innebörden av de för oss mest intressanta funktionerna förklarar vi mer ingående i följande teorikapitel, ett exempel på hur de samverkar kan dock vara målande. Enligt figuren påverkas flexibiliteten av tre faktorer, men eftersom vi valt att placera en utav dem utanför systemgränsen beaktar vi i uppsatsen bara de övriga två. Graden av automatisering påverkar flexibiliteten, det vill säga att en hög grad kan betyda långa ställtider vilket innebär en lägre flexibilitet. Flexibiliteten påverkas också av det aktuella monteringsflödet. Ett

monteringsystem med två monteringslinor som båda kan tillverka produkterna A och B är mer flexibelt i produktionen än ett monteringsystem där de två linorna endast är utformade för att producera en produkt vardera. Även valet av *monteringsupplägg* påverkar flexibiliteten. Ett monteringsystem som har potential att montera mer än den aktuella tillverkningsvolymen är flexibelt ur kapacitetsmässig synvinkel.

### 2.2.3 Arbetsprocess

De slutsatser som dras utifrån befintliga informationskällor kan göras på olika sätt beroende på vilken arbetsprocess som används. De två mest praktiserade är induktion och deduktion men ett parallellt utnyttjande, abduktion, kan också tillämpas.

#### INDUKTION

Induktion benämns ibland ”upptäckstens väg”, vilket är en passande beskrivning eftersom forskaren vid induktion utgår från enskilda iakttagelser och erfarenheter och genom dem försöker finna mönster för att dra slutsatser.<sup>12</sup> Forskaren drar alltså slutsatser utifrån empiriska studier och bygger upp en ny teorigrund baserade på dessa. Induktion kräver ofta att forskaren skall klara av att uttrycka sig i siffror och till exempel konstruera tabeller och diagram.<sup>13</sup> Induktion förekommer mycket ofta i vardagliga sammanhang, till exempel bygger många talesätt på observationer och långtgående generaliseringar. Exempel på detta är ”Ingen regel utan undantag” och ”när Anders slaskar, julen braskar”.<sup>14</sup>

#### DEDUKTION

Deduktion kallas ibland för ”bevisandets väg” eftersom man utifrån allmänna principer (teorier) drar slutsatser om enskilda företeelser (fenomen i verkligheten). Slutsatser bevisas alltså genom logiskt tänkande då forskaren går från vedertagen teori till empiri. Metoden kan beskrivas vara förefallande säker men bidrar ej till ny kunskap. Inom till exempel geometrin används deduktion i väldigt hög grad.<sup>15</sup>

#### ABDUKTION

Abduktion är en slutledning eller tankeoperation som innebär att en enskild företeelse eller händelse tolkas utifrån en uppsättning av generella idéer, ett tänkt sammanhang eller ett mönster. Vid abduktion krävs både kreativitet och fantasi vilket betyder att man kan utgå från en föreställning av ett studerat fenomen men efter genomgång av materialet få en helt ny insikt om olika sammanhang som påverkat detta. Abduktiva slutledningar kan oftast inte, i motsats till deduktiva, beskrivas vara absolut sanna och det är därför viktigt att inte låsa sig vid en viss tolkning. Arbets sättet kan beskrivas vara en kombination av deduktivt och induktivt sätt att dra slutsatser där teori och empiri används parallellt för att finna samband.<sup>16</sup>

### 2.2.4 Val av arbetsprocess

Ett monteringsystem är komplicerat och varje enskild produkt som produceras har olika egenskaper. Förutsättningarna är olika beroende på vilken produkt, eller variant av produkt, som monteras vilket betyder att det inte existerar en ”rätt” lösning på vilket monteringsupplägg som är det optimala för varje monteringslina. Ovanstående resonemang utesluter såväl användandet av ett rent deduktivt som ett induktivt sätt att dra slutsatser under arbetets gång. Ett abduktivt tillvägagångssätt med en deduktiv inriktning där både teori och

<sup>12</sup> Holme & Solvang, 1997

<sup>13</sup> <http://www.san.fuf.org/bilagor.pdf>

<sup>14</sup> <http://www.math.chalmers.se/Math/Grundutb/GU/MAL200/V01-3/mal deduktion.pdf>

<sup>15</sup> Ibid

<sup>16</sup> <http://www.hb.se/bhs/B&I-konferens/pdfpaper/kapla.pdf>

empiri används för att dra paralleller passar vår undersökning bäst. Vårt tillvägagångssätt beskrivs med en deduktiv inriktning som innebär att vi stöder många av våra slutsatser på en teoretisk bakgrund men inte styrs av denna.

## 2.2.5 Metod och angreppssätt

### KVANTITATIV METOD

Vid kvantitativa undersökningar strävar forskaren efter att få en så bred uppfattning om befintliga åsikter som möjligt. Det för forskare intressanta är det genomsnittliga eller representativa som ofta består av många variabler. Undersökningarna sker på avstånd från undersökningsobjektet och forskaren strävar efter en roll som observatör, det finns ett jag-det-förhållande mellan forskaren och den respondenten. Den empiriska informationen insamlas vanligtvis genom observation eller på förhand strukturerande enkäter.<sup>17</sup>

### KVALITATIV METOD

Då forskaren vill återge den bästa möjliga kvalitativa variationen studeras ofta ett fåtal undersökningsenheter på djupet. Intresset ligger på sammanhang och strukturer för att förstå den verklighet som undersöks. Forskaren befinner sig nära undersökningsobjektet, antingen som deltagare eller som observatör. Den empiriska insamlingen är ostrukturerad och kan till exempel ske genom intervjuer, samtal eller observation, det finns ett jag-du-förhållande mellan forskaren och den undersökte.<sup>18</sup>

### GENERALISERING AV EMPIRI

Generalisering av empiri innebär att forskaren hittar samband och drar slutsatser utifrån de data som är insamlad genom empiriska undersökningar. Resultaten i kvantitativa undersökningar är av numerisk karaktär och kan därför generaliseras statistiskt.<sup>19</sup> Eftersom statistiska generaliseringar inte är utförbara vid kvalitativa undersökningar kan analytisk generalisering användas för att indikera åsiktsriktningar. Analytisk generalisering är, till skillnad från statistisk generalisering, inte avsedd för att bevisa en teori utan snarare belysa olika åsikter. Det krävs heller inte att ett representativt urval intervjuas eftersom det rör sig om enskilda fall.<sup>20</sup>

### ANGREPPSSÄTT

Beroende på forskningens karaktär, omfattning och begränsning väljs angreppssätt efter de behov som uppgiften kräver. Forskning som kräver aktivt deltagande i processer kan bedrivas på många sätt. Tidseriestudier analyserar ett problem vid ett flertal olika tillfällen under en längre tid.<sup>21</sup> Undersökningar genom *experiment* kan utnyttjas på så sätt att forskaren genom en aktiv handling utröner utfallet. Angreppssättet är dock inte avsett att användas vid systemsynsättet eftersom det bygger på förutsättningar som inte är giltiga för system (*experiment* i betydelsen ”att pröva sig fram” används dock ofta).<sup>22</sup> *Fallstudier* utnyttjas när forskaren undersöker huruvida en teori eller ett fenomen kan bekräftas genom en empirisk undersökning. Ofta utnyttjas *enkätundersökningar* i form av *tvärsnittstudier*, där ett lämpligt urval av en population undersöks. I vissa fall är aktivt deltagande varken möjligt eller nödvändigt och då är skrivbordsundersökningar, där forskaren studerar till exempel statistik, tidningar och rapporter, ett alternativ. Vid viss forskning kan flera av dessa angreppssätt med

---

<sup>17</sup> Holme & Solvang, 1997

<sup>18</sup> Ibid

<sup>19</sup> Ibid

<sup>20</sup> Darmer & Freytag, 1995

<sup>21</sup> Ibid

<sup>22</sup> Abnor & Bjerke, 1994

fördel utnyttjas parallellt för att utvinna erforderlig information. Den teknik som används är till stor del beroende av vilken metod som forskaren tidigare beslutat att använda. Genomförs en kvantitativ undersökning är observation, aktivt deltagande eller enkätundersökningar bra verktyg. En kvalitativ undersökning sker dock ofta i form av intervjuer, samtal eller direkta observationer.<sup>23</sup>

## 2.2.6 Val av metod och angreppssätt

### METOD

De empiriska undersökningarna som genomförs är nästan uteslutande av kvalitativ art eftersom vi med denna metod söker de åsikter som personer inom företaget har. Intervjuerna styrs inte utan sker så fritt som möjligt, dock med en mall som leder samtalen på rätt spår. Avsikten med personliga intervjuer är att respondenten inte ska påverkas av andras åsikter. Intervjuerna sker därför med en person i taget, men det har förekommit tillfällen då två personer intervjuats samtidigt. Basen till frågeunderlaget vid intervjuerna inom PVB är i stort sett densamma, dock med små avvikelser beroende på personens arbetsområde, se bilaga 1. Frågeunderlaget är utformat på detta sätt för att ge en tydligare bild av vilka åsikter som är generella. Åsikter som vi finner vara gemensamma perspektiveras i empirikapitlet genom analytisk generalisering. I den avslutande fasen av de empiriska undersökningarna utför vi även kvantitativa undersökningar där respondenterna får vikta olika faktorer som har betydelse vid utformningen av ett monteringsystem. Efter viktningen genomförs en statistisk generalisering av insamlad data.

### ANGREPPSSÄTT

Valet av angreppssätt vid en undersökning beror på uppgiftens karaktär och de begränsningar som finns. Om undersökningarna kan utföras på plats är till exempel tidseriestudier, experiment och fallstudier möjliga att genomföra. När möjligheten eller behovet av direkt medverkan inte finns kan en skrivbordsundersökning vara ett alternativ. Det angreppssätt man än väljer att använda kräver någon form av metodval som antingen kan vara av kvantitativ eller kvalitativ karaktär. Dessa arbetsredskap kan med fördel kombineras i en och samma studie och valet av metod styr sedan vilken teknik som utnyttjas i undersökningen.

I ett inledande skede av studien ger oss öppen observation och aktivt deltagande i monteringsprocessen en tydlig bild över monteringsystemet på PVB. Denna process är ett nödvändigt steg eftersom insamlad empiri ligger till grund för de frågeställningar vi senare fördjupar oss i. Denna fördjupning sker i form av intervjuer och samtal med alltifrån montörer till verkstadsledning. De för oss aktuella angreppssätten är i huvudsak fallstudier och tvärsnittsstudier. Syftet med fallstudier är att genom empiriska studier bekräfta ett fenomen eller en teori. Eftersom detta angreppssätt är synonymt med valet av arbetsprocess för att dra slutsatser, abduktion, är detta ett lämpligt angreppssätt. Vid utnyttjandet av tvärsnittsstudier görs ett lämpligt och representativt urval för att nå målsättningen. Angreppssättet utnyttjas främst vid kvantitativa metoder när en hel population ska betraktas, men ett urval måste av naturliga skäl göras. Eftersom monteringsystemet på PVB består av ett stort antal monteringslinor och vi endast angriper ett urval av dessa för att uppnå målsättningen är detta synnerligen lämpligt. För att på ett tydligt sätt granska våra resultat hade angreppssättet experiment eller simulering för att testa olika möjliga lösningar varit intressant, men på grund av tids- och resursaspekter är detta inte möjligt. Angreppssättet experiment är heller inte anpassat för att nyttjas i sin ursprungliga form vid systemsynsättet och misslyckade simuleringsprojekt på företaget är orsaken till att simulering aldrig blir aktuellt.

---

<sup>23</sup> Holme & Solvang, 1997

## 2.3 Datainsamling

### 2.3.1 Datakategorier

Källor till en studie är av två slag, dels litterära såsom böcker och vetenskapliga artiklar samt empiriska som ofta benämns data och delas in i primär- och sekundärdata.<sup>24</sup>

#### PRIMÄRDATA

Primärdata är sådan information som forskaren själv utvinner genom observationer, intervjuer eller andra tekniker. Primärdata utnyttjas ofta vid marknadsundersökningar till exempel för att få reda på kundens köpmotiv från en viss verksamhet. Denna typ av data benämns också specifik data.<sup>25</sup>

#### SEKUNDÄRDATA

Sekundärdata är empiri om aktuellt företag eller företeteelse som någon annan samlat in, dock tillhör inte litteratur och teori kategorin sekundärdata. Sekundärdata karaktäriseras ofta som bakgrundsvariabler i form av demografisk- eller verksamhetsinformation. Sekundärdata benämns ibland generell data och genereras med hjälp av så kallad ”desk research”, det vill säga undersökningar där inget aktivt deltagande krävs. Forskaren använder sig praktiskt taget aldrig av enbart primärdata, de flesta undersökningar har ett behov av sekundärdata. Det är svårt att värdera kvaliteten på sekundärdata, ofta är data insamlad för andra ändamål än det forskaren har för avsikt att utnyttja den till. Det är därför inte säkert att mätmetoder och definitioner är anpassade för det egna syftet.<sup>26</sup>

### 2.3.2 Datakällor

De källor som utnyttjas i den teoretiska bakgrunden är av typen akademiska avhandlingar och facklitteratur inom relevanta områden. Litteraturen har vi till viss del rekommenderats, dock finner vi merparten av den i biblioteks olika databaser.

Den största andelen företagsspecifik data som används är primärdata och samlas in genom:

- Intervjuer med berörda inom PVB
- Intervjuer med internt sakkunniga på ITT Flygt
- Intervjuer på externa företag
- Samtal med externt sakkunniga
- Direkt observation på ITT Flygt
- Direkt observation på externa företag
- Aktivt deltagande i monteringen på PVB

I viss utsträckning används i projektet även sekundärdata och denna tillgodosöks genom studier av:

- Broschyrer
- Intranät
- Databaser på ITT Flygt

---

<sup>24</sup><http://www.ics.lu.se/student-service/kurser/inf003/rapport.pdf>

<sup>25</sup> Darmer & Freytag, 1995

<sup>26</sup> Ibid

## 2.4 Källkritik

### 2.4.1 Utvärdering av källor

#### LITTERATUR

Eftersom källor kan definieras på olika sätt är det viktigt att göra en distinktion mellan skriftliga och muntliga källor. Skriftliga källor kan i detta fall ses som ”*skriftligt nedtecknat material*”<sup>27</sup> som blir källmaterial först när forskaren använder det.

Holme & Solvang menar att granskningen av sina källor kan delas in i de fyra faserna observation, ursprung, tolkning och användbarhet. Observation syftar till vikten av att skaffa sig överblick över tillgängliga källor och deras relevans. Det optimala är förstås att ha en översikt om all tillgänglig information, men på grund av tids- och resursbrist är detta oftast omöjligt. För att kunna ge en saklig bild av det studerade fenomenet är det viktigt att källmaterialet som används inte är skevt utan beskriver olika syn på problemet. Vid bestämning av källans ursprung ska forskaren ställa sig frågor som: Vem eller vilka var upphovsmännen? När och var blev källan till? Vilket var det primära syftet? Ibland behövs en ursprungsbestämning för att avgöra vem som står bakom källan samt om källan är äkta eller en förfälskning.

Att tolka en källa innebär att den innehållsbestäms, det vill säga att den analyseras efter vad upphovsmannen har för avsikt att förmedla. Forskaren måste sätta sig in i källans ursprungssituation och samtidigt frigöra sig från sin egen placering i tiden. Källans användbarhet speglar hur väl den kan utnyttjas för att besvara de frågeställningar som forskaren arbetar efter. Till stor del har ovanstående med källans trovärdighet att göra och denna kan analyseras i ett inre och ett yttre perspektiv. Den yttre analysen syftar till att jämföra huruvida två eller fler oberoende källor har hög grad av överensstämmelse i informationen eller i beskrivningen av ett händelseförlopp. Hög grad av överensstämmelse gör att trovärdigheten ökar. En inre analys undersöker själva källan bland annat beträffande överensstämmelse, den generella säkerheten i källans innehåll samt upphovsmannens subjektiva perspektiv.<sup>28</sup>

#### EMPIRISKA STUDIER

##### *Reliabilitet och validitet*

För att kunna avgöra om en datainsamlingsteknik har fungerat tillfredsställande används begreppen reliabilitet och validitet. Reliabilitet och validitet är i sina ursprungliga definitioner anpassade för studier med kvantitativ ansats men kan också användas vid kvalitativa undersökningar. Till skillnad från kvantitativa undersökningar använder man vid kvalitativt angreppssätt reliabiliteten och validiteten under hela undersökningen och inte bara vid insamling av data.<sup>29</sup> Man strävar alltid efter att dessa ska vara så höga som möjligt.

Reliabiliteten brukar definieras som frånvaron av slumpmässiga eller tillfälliga fel i en mätning, det vill säga hur tillförlitligt utförandet är. Felen kan finnas hos antingen mätinstrumenten, hos den som utför mätningen och/eller hos det studerade objektet. Dåligt preciserade frågor och tolkningsbara svar som måste koda innebär ofta problem som medför att den subjektiva bedömningen, av dessa svar, ger låg reliabilitet.<sup>30</sup>

<sup>27</sup> Holme & Solvang, 1997, sid 125

<sup>28</sup> Holme & Solvang, 1997

<sup>29</sup> <http://infovoice.se/fou/infobrev/2002-03-03.htm>

<sup>30</sup> Knutsson, 1998



Validiteten innebär frånvaron av systematiska mätfel, det vill säga huruvida det som mäts är relevant i sammanhanget. Validiteten brukar delas upp i intern och extern validitet. Med intern validitet avses relationen mellan teoretiskt och operationellt begrepp (mätinstrument) och extern validitet avser relationen mellan det operationella begreppet och den studerade verkligheten. I många fall beror det interna validitetsproblemet på att undersökaren inte reflekterat över innebörden av sitt teoretiska begrepp. Valet av mätinstrument görs ofta utan reflektion över vilket teoretiskt begrepp som praktiseras. Detta orsakar låg intern validitet eftersom mätningen utförs utan att man i förhand vet vad som avses mätas. En hög intern validitet betyder nödvändigtvis inte att den externa validiteten är hög. Även om en fråga är välformulerad är det inte säkert att individens svar motsvarar personens verkliga beteende.<sup>31</sup>

När det gäller sambandet mellan de två begreppen gäller följande:

- Låg reliabilitet medför alltid låg validitet
- Hög reliabilitet garanterar inte hög validitet
- Hög validitet förutsätter hög reliabilitet

Som ovan nämnts är reliabilitet och validitet ursprungligen begrepp för att utvärdera undersökningar av kvantitativ karaktär. Evalueringen av kvalitativa undersökningar bör ske på ett annat sätt, till exempel kan man inte skatta tillförlitligheten i siffror. Hederlighet och systematisk struktur är nyckelord vid detta arbete och, ofta används delvis överlappande begrepp vid utvärdering.<sup>32</sup>

Vid utvärdering av kvalitativa undersökningar används följande mall:<sup>33</sup>

#### INTERN VALIDITET (trovärdighet, träffsäkerhet eller credibility)

Intern validitet beskriver hur väl tolkningen fångar upp kvaliteterna i det studerade fenomenet. Stämmer resultatet överens med verkligheten? Består av:

- **Kommunikativ validitet** (Hur forskarens förmåga att kommunicera påverkar kunskapens giltighet.)
  - *Beskrivning av förförståelse*  
Forskarens förförståelse är den bakgrund, utbildning och erfarenhet som kan ligga till grund för fördomar som påverkar analysen.
  - *Beskrivning av datainsamling*  
Tillvägagångssättet för datainsamling påverkar resultatet och måste därför beskrivas noggrant. Datainsamling som pågått under längre tid kan ofta vara mer trovärdig eftersom erfarenhet oftast förbättrar datainsamlingen mot slutet.
  - *Beskrivning av urval*  
Valet av intervjuobjekt måste kunna motiveras.
  - *Beskrivning av analysprocessen*  
Hur agerar forskaren under analysprocessen? Vilket tillvägagångssätt används och vilka beslut fattas? Vilka åsikter visar sig direkt i materialet och vilka är tolkningar?
- **Deltagarkontroll**  
För att respondenterna inte ska misstolkas är det lämpligt att de under eller efter intervjun får chansen att korrigerar missuppfattningar eller göra förtydliganden.

<sup>31</sup> Knutsson, 1998

<sup>32</sup> <http://infovoice.se/fou/infobrev/2002-03-03.htm>

<sup>33</sup> Ibid

- **Triangulering**

Triangulering innebär att problemet ses ur olika synvinklar och olika metoder och källor kan användas för att verifiera resultaten. Att med samma metod intervjua personer som har olika relation till ett problem kallas ”källtriangulering”. Att låta respondenterna själva ta ställning till om forskarens tolkningar är korrekta kallas för ”respondent validation”. En variant av triangulering är ”teoriförankring”, där forskarens tolkningar relateras till befintlig teori.

#### EXTERN VALIDITET (överförbarhet eller transferability)

Extern validitet är analogt med kriteriet för generaliserbarhet. I kvalitativ forskning är det forskaren själv som avgör i hur stor utsträckning han/hon väljer att generalisera, det är därefter upp till läsaren att avgöra i vilken grad han/hon instämmer. Frågor som uppkommer är: Vilka delar av resultaten är möjliga att tillämpa? För vem eller vilka är och under vilka förutsättningar är resultaten tillämpningsbara?

#### RELIABILITET (pålitlighet eller dependability)

Reliabiliteten behandlar mätinstrumentets stabilitet i olika situationer. I kvalitativ forskning är forskaren själv den viktigaste delen av ”mätinstrumentet”, den andra delen är den tekniska utrustning som används. Resultaten tillkommer genom interaktion mellan forskaren och det studerade fenomenet och därför kan man inte förvänta sig att någon annan som studerar samma fenomen drar likadana slutsatser. Reliabiliteten består alltså av:

- **Kvaliteten på teknisk utrustning**

Eftersom den tekniska utrustningen till stor del bestämmer hur bra kvalitet insamlad data har, är detaljerad information om insamlingsmetoden viktig. Används bandspelare? Hur är ljudkvaliteten?

- **Kvaliteten på forskaren**

- *Beskrivning av förförståelse*

Forskarens förförståelse är den bakgrund, utbildning och erfarenhet som kan ligga till grund för fördomar som påverkar analysen.

- *Forskarens förmåga att genomföra bra observationer/intervjuer*

- *Forskarens förmåga till följsamhet mot data*

Har erfarenheter från början av datainsamlingen påverkat resten av datainsamlingen?

- *Kvaliteten på forskarens handledning*

Vem/vilka handleder forskaren och hur engagerade och erfarna är dom?

#### OBJEKTIVITET (Bekräftelse eller confirmability)

Det gäller för forskaren att vara neutral och inte ”färga” data med egna åsikter. För att kunna vara helt objektiv måste forskaren vara fördomsfri och försöka klargöra vilka värderingar som påverkar tolkningen. Det enklaste är att låta någon utomstående bedöma om forskarens tolkning är logiskt konsistent med insamlad data.

## 2.4.2 Tillvägagångssätt

### LITTERATUR

Litteratursökningen har varit omfattande och samtliga referenslistor i den studerade litteraturen genomsöks efter ytterligare information i ämnet. Inom vissa områden är antalet källor stort och flera oberoende källor har bekräftat varandras teorier, varför dessa måste förmodas ha mycket hög reliabilitet. I de fall som relevant teori är svår att finna och all information inte kan bekräftas av annan källa, värderar vi ändå dessa som tillförlitliga eftersom vi endast använder dem då de kan kopplas till och bekräftas av de empiriska studier som utförs. På grund av framförallt tidsbrist genomförs inga försök att undersöka källornas verkliga upphovsmän eller författartidpunkt, i ett projekt av denna typ måste vi helt enkelt lita på förlagens uppgifter. En del av den litteratur som används i projektet är upp till tjugo år gammal och den kan därför felaktigt antas vara inaktuell. Inom området manuell montering har det inte skett några större förändringar under den senaste tidsperioden varför den ändå kan betraktas som *relevant*. Citat som används ska enligt korrekt forskningsmetodik sökas till källan, men vi anser att ett examensarbete, vetenskapligt sett, inte ligger på en sådan nivå att det är nödvändigt att genomföra.

### EMPIRISKA STUDIER

I våra undersökningar använder vi såväl kvantitativa som kvalitativa metoder. Merparten av informationen samlas in på ett kvalitativt sätt och endast en mindre del data samlas in i form av kvantitativa studier. Man kan inte alltid utgå från att primärdata har större precision än sekundärdata, men vi vet åtminstone precisionen på egen insamlad data. Av denna anledning upplevs det ”säkrare” att använda primärdata i analysen. All information i empirikapitlet har analytiskt eller statistiskt generaliserats och anses därför vara allmängiltiga åsikter och har därför ingen specifik källa.

För att våra kvantitativa undersökningar ska resultera i så reliabla svar som möjligt är vi delaktiga när dessa enkäter fylls i och ger förklaringar när oklarheter uppstår. Validiteten i dessa enkäter kan alltid diskuteras beroende på respondenternas kompetens, men vi anser ändå att våra kvantitativa undersökningar håller relativt hög validitet. Merparten av datainsamlingen är, som ovan nämnts, av kvalitativ karaktär och vid utvärderingen av dessa data är det viktigt att arbeta efter en pålitlig struktur och därför väljer vi att använda den i teorin beskrivna mallen:

### INTERN VALIDITET

- **Kommunikativ validitet**

#### *Beskrivning av förförståelse*

All vetenskap sägs vara normativ, det vill säga baseras på de normer och värderingar som finns hos forskaren själv och den miljö som han/hon befinner sig i. Ovan nämnda betyder att ingen forskning är neutral eller värderingsfri.<sup>34</sup> För projektet innebär vår tekniska bakgrund att vi eventuellt inte värderar alla svar ur en neutral synvinkel och att vi därför inte kan sägas vara helt objektiva. Även om vi under hela projektets gång försökt att samla in, värdera och analysera all information på ett fördomsfritt sätt, påverkar med allra största säkerhet vår förförståelse resultatets utfall. Det är dock värt att tillägga att en extern projektgrupp, som till exempel i fallet med vårt examensarbete, är mer objektiv i sitt arbete än en intern grupp på företaget.

---

<sup>34</sup> Holme & Solvang, 1997

*Beskrivning av datainsamling*

Initial empirisk data införskaffas genom aktivt deltagande och observation i monteringsavdelningen. Monteringsarbetet innehåller många moment och våra undersökningar är till en början endast avsedda för att ge en grundförståelse. Förstudierna ger oss den kunskapsbas som krävs för den fördjupning som utförs i form av intervjuer och samtal. Förstudien som genomförs ger oss inte bara djupare förståelse av monteringsprocessen den hjälper oss också att lära känna de anställda på PVB för att kunna bygga upp ett förtroende oss emellan. I en tidig fas av projektprocessen utförs även intervjuer med produktionstekniker på företagets övriga produktverkstäder PVC, PVS, PVT samt PVX. Intervjuerna är tämligen översiktliga och syftar till att ge oss idéer och en bredare kunskapsbas för vidare studier, se frågeunderlag i bilaga 2. När vi fått en djupare förståelse för monteringen på PVB genomförs två externa studiebesök på företagen Arjo och Haldex Hydraulic Systems. Företagen är liksom ITT Flygt marknadsledande monteringsföretag inom respektive bransch och tillsammans med intervjuerna på ITT Flygts produktverkstäder ökar insikten i vilka typer av montering som praktiseras samt breddar och förbättrar kontinuerligt vårt frågeunderlag. Frågeunderlaget modifieras därefter för att anpassas till just PVB och intervjuer med produktionstekniker, verkstadsledning och montörer utförs därefter med detta underlag som grund.

Den information som införskaffas genom intervjuer är i många fall mycket svår att värdera. Rena faktauppgifter kan alltid konfirmeras mot befintlig data men i intervjusituationer framkommer personliga åsikter vilka ofta inte är generella. Även om varje respondent speglar sin egen verklighet så uppskattar vi att den interna validiteten är hög. För att den interna validiteten i intervjuer ska kunna konfirmeras som hög måste samma frågor besvaras av flera personer i olika positioner inom företaget. Friheten i samtalet försöker vi uppnå genom att låta respondenten styra samtalet inom vissa på förhand uppsatta ramar samt att undvika ledande frågor. Den interna validiteten från intervjuerna kan ifrågasättas, dels för att vi på studiebesöken endast talar med en person på respektive företag men även för att ett fåtal timmars studiebesök inte räcker för att kunna bilda sig en egen uppfattning. Eftersom vi vid studiebesöken främst är intresserade av hur själva monteringen utförs ges överensstämmandet med verkligheten under dessa intervjuer inte någon större betydelse.

*Beskrivning av urval*

Eftersom vi utgår från tre utvalda linor, fokuserar vi på intervjuer med montörer från just dessa tre. De personer vi väljer att samtala med är de som, enligt vår egen uppfattning, har starkast åsikter samt besitter formella eller icke formella ledarroller inom respektive lina. Personerna har ofta varierande arbetsuppgifter och lång erfarenhet av montering.

*Beskrivning av analysprocessen*

Analysen baseras till viss del ofrivilligt på den förförståelse som framför allt vår utbildning har gett oss. Bristen på erfarenheter inom branschen innebär både för- och nackdelar under projektets gång. Bland nackdelarna är värt att nämna att vi i analysen är tvungna att själva dra de slutsatser som kan ses som praxis. Å andra sidan innebär detta att vi inte har några fördomar och är därför mer öppna för olika synvinklar, något som annars arbetslivserfarenhet ibland kan förhindra. Enligt vårt abduktiva synsätt försöker vi ständigt att basera analysdelen på de paralleller som vi drar mellan insamlad empiri och den teori som vi fördjupar oss i. Analyskapitlet består främst av tolkningar utifrån ovan nämnda synsätt, men våra egna åsikter visar sig på några ställen, bland annat vid uppfyllnadsanalysen där vi själva betygsätter varje kriterium utifrån egna åsikter.

- **Deltagarkontroll**

För att försäkra oss om att den interna validiteten är hög vid intervjusituationer låter vi respondenten läsa igenom vår sammanställning. Vid detta tillfälle ges möjlighet att lägga till eller förtydliga information som kan ha feltolkats eller som inte framkommit under intervjun.

- **Triangulering**

Den triangulering med avseende på källkritisk granskning som vi använder är så kallad ”källtriangulering” och ”teoriförankring”. Källtriangulering används i den bemärkelsen att flera personer med olika bakgrund intervjuas för att verifiera huruvida åsikter är generella och likaså möjliga att använda i analysen. Triangulering sker också genom teoriförankring där insamlade data relateras till den teori vi funnit, vilket stöds av vårt abduktiva tillvägagångssätt.

#### EXTERN VALIDITET

Analytisk generalisering används för att perspektivera åsikter eller olika åsiktsstrukturer. De åsikter vi väljer att perspektivera är endast sådana som vi ser ett tydligt attitydmönster i. Vi anser att både den interna och externa validiteten är hög i de fall vi väljer att göra perspektiveringar eftersom en hög extern validitet inte är till någon nytta om inte resultatet stämmer med verkligheten. Ibland kan även total avsaknad av ett gemensamt åsiktsmönster vara av intresse och perspektiveras. I de fall då det handlar om ren kunskap eller erfarenhet och när det är uppenbart att någon part har en djupare insikt i frågan, viktas sakkunskap vid åsiktsskillnader. I dessa fall försöker vi utföra perspektiveringarna med gott omdöme och tycker därför att vi kan behålla en hög extern validitet.

#### RELIABILITET

- **Kvaliteten på teknisk utrustning**

Informationen vid projektets början var så omfattande att vi haft svårt att direkt ta den till oss i sin helhet. Kartläggningen av monteringsystemet är tidskrävande, dels eftersom det krävs en komplett förståelse för pumpens uppbyggnad och monteringsstrukturen, men även eftersom varje lina är unik i sin utformning. För att underlätta förståelsen använder vi oss av ett datorverktyg där monteringsprocessen illustreras. För att återgivandet av svaren från fördjupningsstudierna ska bli så riktiga som möjligt spelas intervjuerna både in på band och nedtecknats. Detta ger en högre återskapandegrad och gör studien mer reliabel. En diktafon är ett utmärkt verktyg för att nå en hög *pålitlighet* vid sammanställningen av en intervju.

- **Kvaliteten på forskaren**

*Beskrivning av förförståelse*

En teknisk utbildning är mycket teoretisk, vilket innebär att vi inte har några omfattande erfarenheter av projektarbeten som bygger på en metodisk grund. En del kurser har dock medfört att vi hamnat i situationer där liknande projekt genomförts, varför innebörden av begreppet metodik är känt för oss. Ett omfattande projekt som ett examensarbete förutsätter dock att det finns en bredare metodologisk grund att stå på. Teorin bakom denna studeras parallellt med att de empiriska studierna genomförs. Varken valet av metod eller analysen påverkas därför av vår förförståelse.

*Forskarens förmåga att genomföra bra observationer/intervjuer*

Beträffande vår förmåga att göra bra observationer/intervjuer är det svårt att uttala sig självkritiskt. Eftersom intervjuerna struktureras enligt den teoretiska bakgrunden samtidigt som vi vid varje tillfälle närvarar båda två, anser vi ändå att intervjuerna genomförs på ett reliabelt sätt. Vår växande erfarenhet medför också att möjligheterna till att ställa relevanta frågor successivt förbättrats under projektprocessen.

*Kvaliteten på forskarens handledning*

Våra handledare kan sägas spela en relativt passiv roll i vårt arbete, men fyller en viktig funktion vid handledningen. Kenneth Philipsson på ITT Flygt intervjuas vid flera tillfällen som sakkunnig eftersom han besitter stora kunskaper som berör examensarbetet. Vår handledare på skolan, Bertil I Nilsson, har lång erfarenhet av handledning vilket är till stor nytta när vi söker teori och vid metodvalet. Han har också stor erfarenhet av monteringsystem och monteringsupplägg ifrån tidigare yrkeserfarenhet som vi har haft nytta av.

**OBJEKTIVITET**

Det upplevs vara omöjligt att uttala sig opartiskt om den egna objektiviteten, men det är dock värt att återigen nämna att vi under hela processen aktivt arbetar med att inte låta egna åsikter påverka insamlad data. Eftersom vi är två författare har vi i tveksamma fall möjligheten att rådfråga varandra, vilket vi tror hjälper oss i strävan efter objektivitet.

### 3 Teoretisk bakgrund

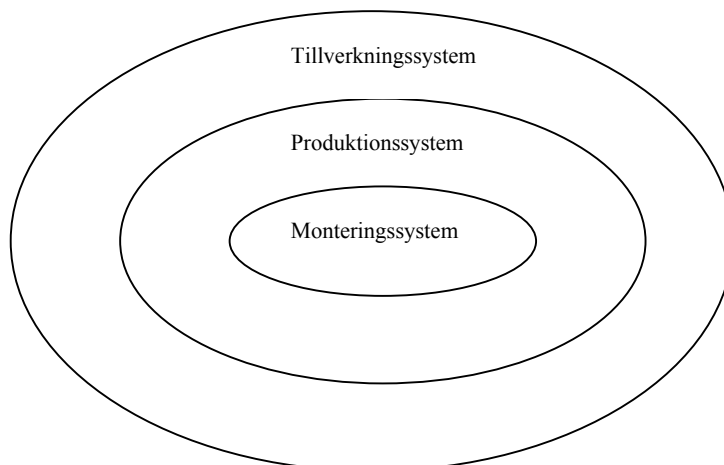
*I teorikapitlet beskrivs begreppet monteringsystem samt vilka olika aspekter som påverkar detta. Vidare behandlas även de för monteringsystemet så viktiga stödprocesserna materialförsörjningen och arbetsorganisationen. I ett monteringsystem med stor andel manuell montering är det ofrånkomligt att montörerna utsätt för belastning på kroppen och av den anledningen återfinns även ett avsnitt om ergonomi.*

#### 3.1 Monteringsystem

##### 3.1.1 Definition

Det finns ett stort urval av definitioner för ett monteringsystem, alla med ungefär samma innebörd. Bellgran & Öhrström definierar ett monteringsystem som "systemet i vilket sammansättning av komponenter utförs."<sup>35</sup> Denna definition tillsammans med Säfstens beskrivning av montering som "...the activity of bringing geometrically corresponding parts together into subassemblies or final products"<sup>36</sup> ger en bild av att monteringsystemet endast innebär montering. Wiktorsson hävdar att monteringsystemet innefattar "...a chain of activities which are designed to convert raw material into final consumer products"<sup>37</sup> och vi menar att denna beskrivning är mer rättvisande. Termen monteringsystem är passande för olika monteringsprinciper och kan symbolisera montering på en varierande skala, allt från en monteringsstation till en monteringsavdelning.<sup>38</sup>

Trots att projektet i huvudsak behandlar monteringsystem, berörs och diskuteras aspekter som är relevanta för produktions- och tillverkningssystemet. Det är omöjligt att utforma ett monteringsystem utan att produktions- och tillverkningssystemet påverkas. Med tillverkningssystem åsyftas i projektet alla erforderliga aktiviteter för att avsätta en produkt på marknaden och detta innefattar såväl produktionssystemet som monteringsystemet. Produktionssystemet innebär samtliga aktiviteter för att omsätta råmaterial till produkter och detta innefattar monteringsystemet. Figur 3.1 åskådliggör relationen mellan produktions-, tillverknings- och monteringsystem.<sup>39</sup>



Figur 3.1 Relationen mellan produktions-, tillverknings- och monteringsystem

<sup>35</sup> Bellgran & Öhrström, 1995, sida 1

<sup>36</sup> Säfsten, 2002, sida 35

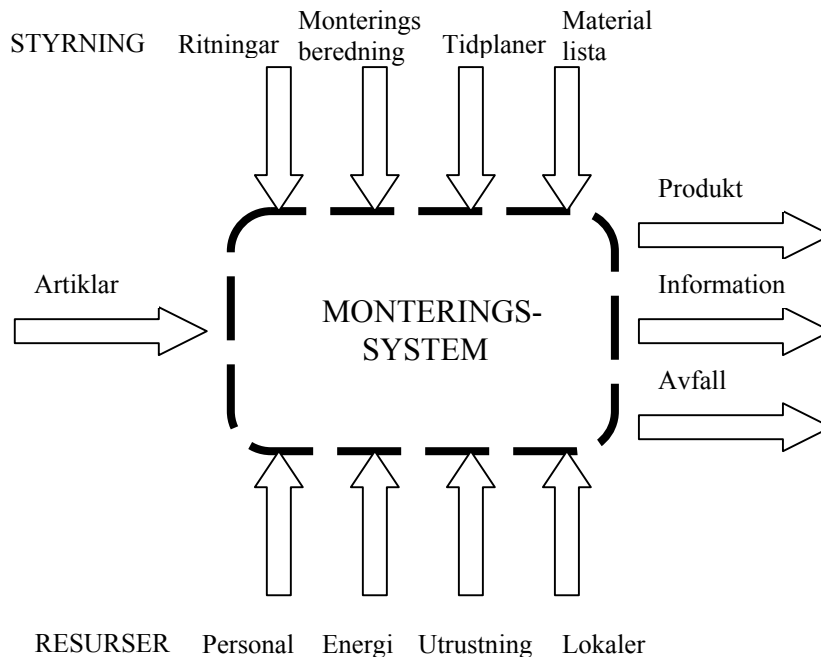
<sup>37</sup> Wiktorsson, 1998, sida 11

<sup>38</sup> Bellgran, 1998

<sup>39</sup> Ibid

### 3.1.2 Monteringsystemets in- och output

Målsättningen med ett monteringsystem är att genom olika delaktiviteter framställa ett montage. De olika artiklarna som ska hopfogas till en färdig produkt är monteringsens input, men för att kunna förvandla denna artikelinput till en produkt krävs såväl tillförsel av resurser som styrinformation för samordning av dessa resurser, se figur 3.2.



Figur 3.2 Monteringsystemets in- och output

Med personal avses inte bara den direkta monteringspersonalen utan även den personal som indirekt involveras i monteringsarbetet i form av förmän, planerare, transportpersonal et cetera. Montering kräver utrustning som kan delas in i arbetsplats- och transportutrustning samt buffertar i form av till exempel transportband eller extra avställningsyta. Aktiviteterna vid montering är ofta fysiskt uppdelade i flera lokaler, till exempel monteringshall, förråd, lager, kontor och personalutrymmen. Energin är nödvändig för att driva utrustning samt för att generera belysning och värme till lokalerna.

Ritningar på produktens konstruktion ger information om sammansättningssekvens, medan materiallistor anger vilka typer av artiklar som ingår i en viss produkt samt kvantiteten av dessa. En monteringsberedning beskriver, för varje produkt, hur monteringen ska struktureras och vilka moment som ska utföras vid respektive monteringsstation. Produktions- eller tidplaner anger hur många av respektive produkt och dess varianter som ska monteras innan en viss tidpunkt. Informationen från materiallistan tillsammans med informationen från monteringsberedningen anger vilka artiklar och hur många av dessa som ska finnas vid de olika monteringsstationerna för att produkten ska kunna monteras.

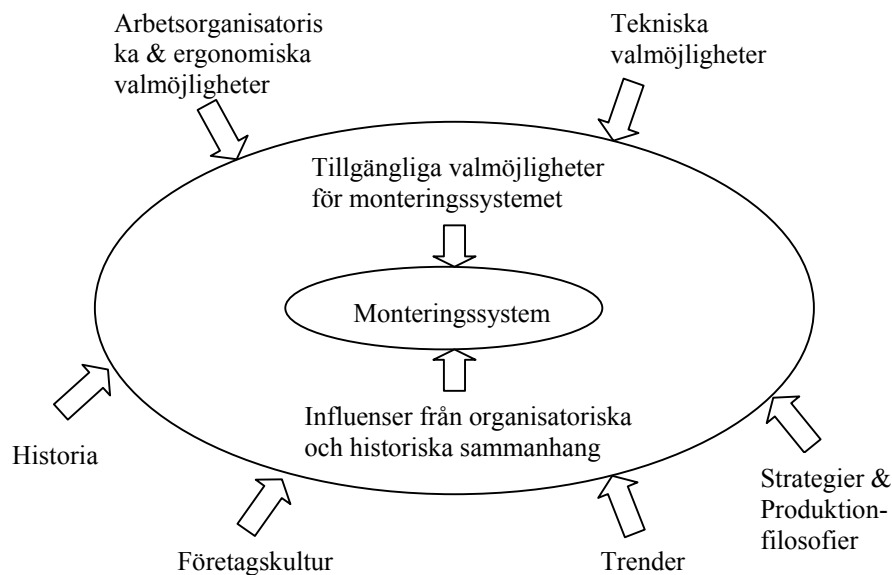
Output från monteringsystemet är förutom produkterna dels avfall i form av de biprodukter som systemet ger ifrån sig och som inte kan återanvändas, dels information. Informationen kan vara uppgifter om produkten eller testvärden från provning för till exempel återrapportering till ekonomisystemet.<sup>40</sup>

<sup>40</sup> Agervald, 1980



### 3.1.3 Monteringsystemet som ett sociotekniskt system

Ett sociotekniskt system består av två delsystem, det tekniska och det sociala systemet. Karlsson menar att alla system i vilka människor deltar är sociotekniska system, det vill säga att när ett tekniskt system är konstruerat har samtidigt ett socialt system skapats.<sup>41</sup> Ett monteringsystem är alltid en produkt av hur människor som påverkas av historiska och organisatoriska aspekter utnyttjar de tillgängliga arbetsorganisatoriska, ergonomiska och tekniska möjligheterna för att utforma systemet. Detta kan illustreras enligt figur 3.3. Organisatoriska influenser som företagskultur, strategi och produktionsfilosofi har stark påverkan på hur människor utformar monteringsystemen. Samma sak gäller för influenser från trender och historiken kring tidigare utformningar. Det är svårt att finna ett monteringsystem som har utformats utan att ha blivit påverkat av organisatoriska eller historiska aspekter. Det är därför viktigt att lära av historiken innan utformningsprocessen påbörjas.<sup>42</sup>



Figur 3.3 Influenser och tillgängliga valmöjligheter vid utformningen av ett monteringsystem

Ett monteringsystem ska tillgodose såväl inre som yttre behov. De yttre behoven är främst kundens önskemål gällande antalet varianter, en hög och enhetlig kvalitet samt korta leveranstider. Inre behov karakteriseras främst av ergonomiska beaktanden och arbetsorganisatoriska frågor. Monteringsystemets effektivitet är starkt knutet till hur väl det uppfyller både inre och yttre behov.<sup>43</sup> I fortsättningen av rapporten syftar begreppet effektivitet på hur väl någonting uppfyller såväl inre som yttre behov. Ambitionen hos samtliga företag som ser sin tillverkning som ett konkurrensmedel, är att skapa ett så framgångsrikt monteringsystem som möjligt. Begreppet framgångsrikt monteringsystem är dock relativt, det som betraktas som framgångsrikt i ett företag är kanske inte applicerbart i ett annat. Det som en gång i tiden betraktades som framgångsrikt behöver heller inte vara framgångsrikt i framtiden. Många faktorer påverkar karaktären hos ett framgångsrikt monteringsystem, till exempel produkten, marknaden och juridiska krav. Det är därför viktigt att vara medveten om vilka faktorer som påverkar framgången och även varför de påverkar.<sup>44</sup>

<sup>41</sup> Karlsson, 1979

<sup>42</sup> Bellgran, 1998

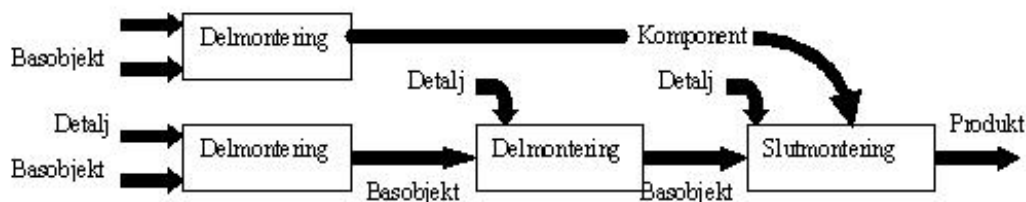
<sup>43</sup> Ibid

<sup>44</sup> Säfsten, 2002

### 3.1.4 Monteringsprocessen

Att montera ihop delar är ofta det sista steget i en produktionsprocess och medför konsekvenser för hela produktionen. Problem i tidigare faser med till exempel ofullständighet i produktdesignen, dålig precision hos komponenterna eller materialproblem försvårar monteringen av en produkt. På grund av tidigare bearbetningsprocesser är det ackumulerade värdet hos produkter i arbete (PIA) högt redan när monteringen påbörjas. Konsekvensen av att göra misstag under monteringsprocessen är därför oerhört dyrt för företaget.

I ett monteringsystem sätts delar ihop till *delmontage* och slutligen färdigmontage. Ett monteringsystem kan sträcka sig från små enheter där monteringsaktiviteten utförs av endast en operatör eller maskin till ett helt system som inkluderar utrustning och operatörer för samtliga erforderliga aktiviteter för att montera en specifik produkt eller *produktmix*. Monteringen av ett objekt från enskilda komponenter till en slutprodukt kan delas upp i ett antal delmontage och en slutmontering eller som endast en slutmontering, se figur 3.4. Samtliga typer av montering innebär att en eller flera detaljer och/eller komponenter fogas samman till ett basobjekt. Output från ett delmontage är antingen en komponent eller ett basobjekt medan slutmonteringen alltid ger en produkt.<sup>45</sup> Med basobjekt avses den artikel på vilken övriga artiklar ”fästes”.<sup>46</sup>



Figur 3.4 Samband mellan delmontering, slutmontering, produkt, basobjekt, komponent och detalj

### 3.1.5 Monteringsanpassad konstruktion

Konstruktionsgrad är ett begrepp som anger hur lätt eller svår en konstruktion är att montera och därför också indirekt hur lång den nödvändiga tiden för montering av konstruktionen är. Konstruktionsgraden brukar beskrivas som låg eller hög, en låg konstruktionsgrad innebär ökad monterings- och *justeringstid*.<sup>47</sup> Vid låg konstruktionsgrad blir ofta ”*monteringstricks*” nödvändiga för att kompensera för ett besvärligt monteringsmoment. Detta gör att inlärningstiden blir längre och att det, vid nyanställning krävs utförliga instruktioner från en rutinerad montör.<sup>48</sup> I strävan efter en hög konstruktionsgrad bör konstruktionstiden utökas och tidspress i den avslutande fasen av utvecklingen undvikas. På detta viset ges konstruktören möjlighet att tänka igenom och reflektera över konstruktionen. Förbättringsarbete beträffande konstruktionen måste även ske kontinuerligt under produktens livstid för att effektivisera monteringen, små förändringar kan resultera i stora vinster. För att nå en hög konstruktionsgrad måste ett antal andra viktiga faktorer beaktas.

- Antal artiklar
- Antal och typ av *fästelement*
- Antal och typ av *fästpunkter*
- Sekvensbundenhet mellan artiklar

<sup>45</sup> Agervald, 1980

<sup>46</sup> Johansson, 1984

<sup>47</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>48</sup> Engström, 1983.

- Hur variantanpassning har skett
- Möjlighet till förmontering
- Modulindelning

Ett litet antal artiklar, fästelement och fästpunkter innebär självklart kortare monteringsstid eftersom färre och enklare moment utförs i monteringen. Beroendet mellan monteringsstiden och antalet artiklar kan approximeras till att vara linjärt.<sup>49</sup>

#### SEKVENNS

Valet av monteringsystem påverkas av den sekvens i vilken objektet monteras. Artiklar i monteringen kan antingen vara sekvensbundna eller fria. En fri komponent kännetecknas av att den är möjlig att demontera efter att objektet är färdigställt och att andra artiklar inte påverkas av detta. Fria artiklar kan kategoriseras som möjliga att montera när som helst, efter en speciell artikel eller sist i monteringen. Hög sekvensbundenhet, det vill säga montering av artiklar som måste monteras i viss ordning, orsakar problem vid parallella flöden eftersom viss dyr utrustning enbart finns på ett fåtal gemensamma stationer. Av den anledningen bör produkten konstrueras med låg sekvensbundenhet och parallella flöden med en längre *cykeltid* användas. På så sätt kan ensidiga och kroppsligt påfrestande arbetsmoment undvikas. Självklart finns det olika nivåer av sekvensbundenhet och en lägre sådan gör att justeringar kan utföras på kortare tid. En fördel med hög sekvensbundenhet är dock att den underlättar inläringen eftersom det då endast går att montera ”rätt” komponent.<sup>50</sup>

#### VARIANTANPASSNING

Oavsett hur monteringen utförs så är den mest vinstgivande variantpolicyn oftast att inrikta sig på kundanpassad montering. Att utforma sina produkter efter kundens behov genom variantanpassning är ett effektivt sätt att konkurrera, vilket visar sig genom att dagens företag har produkter som kan beställas i många varianter. Variantanpassning kan principiellt utföras på tre olika sätt som beskrivs nedan.

- Varianter i *förmontage*
- Varianter på sista stationen
- Varianter som fria artiklar inom block av produkt<sup>51</sup>

#### MODULINDELNING

Vid modularisering är utgångspunkten hela systemet, modulerna definieras därefter som relationer mellan de ingående delarna. En definition som ofta används är den av Baldwin och Clark formulerade:

*”A module is a unit whose structural elements are powerfully connected among themselves and relatively weakly connected to elements in other units. Clearly there are degrees of connection, thus there are graduations of modularity.”*<sup>52</sup>

Definitionen baseras på idén om att i moduler knyta ihop så många starka beroenden mellan ingående artiklar som möjligt, samtidigt som modulerna sinsemellan, i största möjliga mån, är svagt beroende av varandra.<sup>53</sup> Modularisering syftar till att standardiserade moduler kan kombineras eller läggas till för att utöka det potentiella produktsortimentet utan att det uppstår

<sup>49</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>50</sup> Ibid

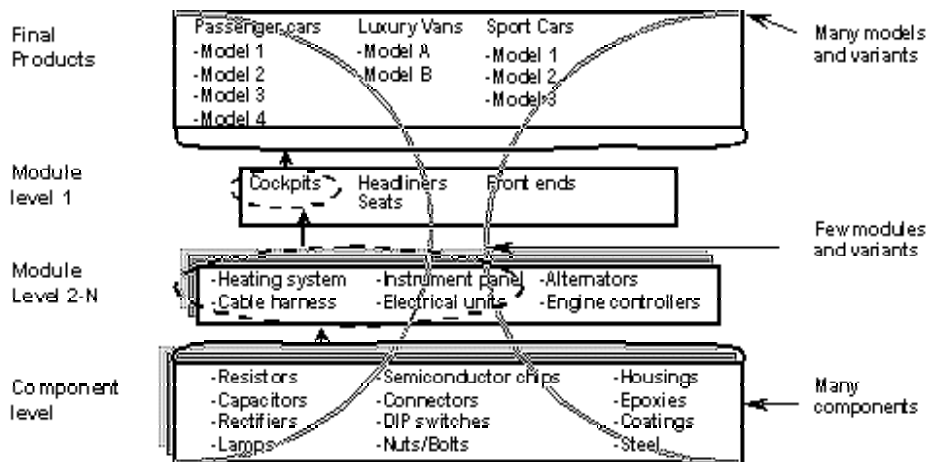
<sup>51</sup> Ibid

<sup>52</sup> Fredriksson, 2002, sida 11

<sup>53</sup> Fredriksson, 2002

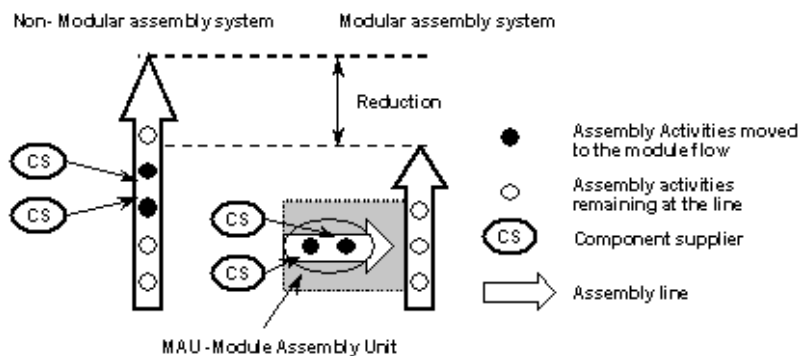
behov av specialanpassad produktion för individuella produkter. Detta innebär samtidigt att användandet av moduler även kan minska artikelsortimentet då vissa artiklar köps in som färdiga moduler. Produktstrukturen vid modulanvändning kan beskrivas som timglasformad där många artiklar monteras till ett fåtal moduler som i sin tur resulterar i många olika produkter, se figur 3.5.

Genom att förlägga moduler i grupper förenklas produktionen då den genomförs i längre serier och i viss mån före efterfrågan. Efterfrågan för en viss modulgrupp är avsevärt enklare att prognostisera än för individuella produkter med betydligt mer oregelbunden efterfrågan. Detta innebär också att färdigvarulagret kan reduceras då senareläggning av slutmonteringen blir möjlig. Nackdelen med modularisering är att hela produktionslinan måste planeras med en plattform med gemensamma gränssnitt för de olika modulerna. Detta innebär då att linan kan bli suboptimerad för någon individuell produkt.



Figur 3.5 Många komponenter resulterar i få moduler och många modeller enligt en timglasformad struktur

En övergång mot modulanpassad produktion innebär konsekvenser för de logistiska aktiviteter och de resurser som involveras i monteringen av produkten. En del av dessa är direkt knutna till den rationalisering som modulanvändandet innebär. Jämfört med ett produktionssystem där moduler inte används innebär produktion med moduler ett upplöst monteringsystem. Några av de aktiviteter som tidigare utförts på linan för slutmontering, sker istället på separata linor för modulmontering, varför tidigareläggande av vissa aktiviteter till moduler ger en kortare slutmonteringslina, se figur 3.6.<sup>54</sup>



Figur 3.6 Modulanvändning ger en kortare slutmonteringslina.

<sup>54</sup> Fredriksson, 2002

Systemet gör också att respektive modulområde kan utformas efter sina egna tillverkningsförutsättningar, det vill säga förändringar av en modul påverkar endast sitt avgränsade område i monteringen och stör inga andra områden.<sup>55</sup>

### FÖRMONTERING

När ett stort antal artiklar monteras samman adderas måttavvikelser och slutprodukten kan visa upp väsentliga avvikelser från det nominella måttet. Av denna anledning är det viktigt att identifiera basobjektets kritiska mått och undvika toleransproblem genom att förmontera vissa artiklar. Förmonteringen kan ske på parallella stationer eller på odrivna linor med mellanbuffertar och slutmonteringen på en kort driven lina med slutkontroll som kan vara gemensam för flera linor. Ett sätt att minska systemförlusterna är att funktionstesta förmonterade artiklar innan slutmonteringen. Genom att använda fixturer i förmonteringen kan dels toleransproblem undvikas men även monteringstiden sänkas.<sup>56</sup>

## 3.2 Monteringsflöde

I ett *monteringsflöde* förekommer olika former av förluster som samtliga kan klassificeras efter ursprung och i slutändan innebär längre monteringstid. Det finns ett stort antal principer för monteringsflöden som dessutom kan kombineras i ett stort antal varianter men oavsett vilken princip som utnyttjas förekommer ändå någon form av förlust. Nedan beskrivs några vanliga förluster i ett monteringsystem, de mest grundläggande monteringsflödesprinciperna samt deras för- och nackdelar.<sup>57</sup>

### 3.2.1 Förluster i monteringsystemet

#### BALANSERINGSFÖRLUSTER

Eftersom monteringen av en produkt måste ske i en viss ordning skapas ett sekventiellt beroende mellan monteringsmomenten. På grund av svårigheten att arrangera de sekventiellt beroende arbetsmomenten i arbetsstationerna med exakt lika beläggning, uppstår balanseringsförluster och linan behöver balanseras om. Eftersom ombalansering är kostsamt kan det vid en tillfällig ökning av tillverkningsbehovet vara mer ekonomiskt att införa övertidsarbete för att tillgodose behovet. När flera varianter av samma produkt ska monteras på samma lina kan ombalansering också bli aktuellt.<sup>58</sup>

#### SYSTEMFÖRLUSTER

Då montörerna inte utför arbetet i de olika cyklerna med exakt samma hastighet uppstår systemförluster. Ofta mäts cykeltiden upp som ett genomsnitt under ett längre tidsintervall och denna tid används sedan för att "balansera" varje station. Även problem med montörstäthet leder till ökade systemförluster.<sup>59</sup> Montörstätheten i en arbetsstation bestäms av produktens storlek och var på produkten som detaljerna ska monteras. Om en produkt är liten eller har detaljer som ska monteras nära varandra, kommer flera montörer oundvikligen att förhindra varandras arbete. Systemförlusterna kan i allmänhet reduceras genom parallellisering eller lagring av artiklar i buffertar mellan stationerna.<sup>60</sup>

---

<sup>55</sup> von Yxkull, 1994

<sup>56</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>57</sup> Agervald, 1980

<sup>58</sup> Ibid

<sup>59</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>60</sup> Agervald, 1980

## HANTERINGSFÖRLUSTER

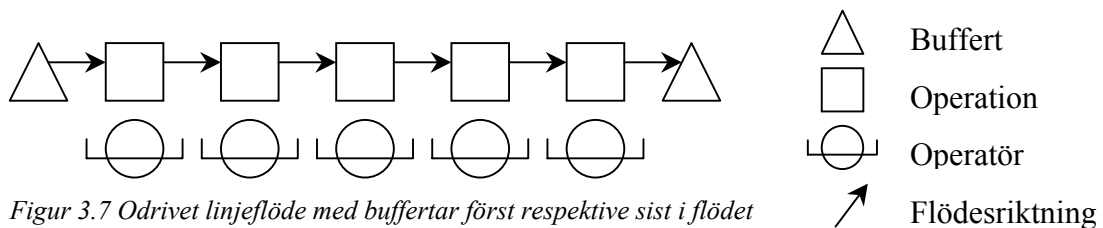
Av monteringstiden åtgår en mindre del av cykeltiden till att hantera objektet, till exempel förändring av dess placering i fixturen eller hämtning av verktyg. Om andelen hanteringstid av monteringstiden ökar leder detta följaktligen till hanteringsförluster. Genom att öka cykeltiden kan hanteringsförlusterna minskas.<sup>61</sup> Normalt upptar direkt montering ungefär 10-15 % av monteringstiden, resterande tid åtgår för hantering av material och verktyg, justering med mera.<sup>62</sup>

## DRIFTSTÖRNINGAR

Driftstörningar i ett monteringsystem kan vara av både planerad och oplanerad karaktär. Planerade störningar kan innebära omställningar av systemet, verktygsbyten, underhåll eller raster. Exempel på oplanerade störningar är maskinstopp och reparationer, returflöden, frånvaro, oplanerade pauser och materialbrister. En buffert kan mildra effekterna av störningarna, dock utan att dölja störningsorsakerna. Varje störning måste analyseras och felkällan ska elimineras eller förbättras. Om buffertar används på ett strategiskt sätt reduceras inverkan av planerade störningar. Genom att aktivt styra innehållet i buffertarna på båda sidor om den station som ska utsättas för den planerade störningen reduceras inverkan på övriga stationer. Detta innebär alltså att stationens input- och outputbuffertar töms respektive fylls så pass mycket att verksamheten i de övriga stationerna kan fortgå opåverkat under det planerade stoppet.<sup>63</sup>

### 3.2.2 Linjeflöden

Linjeflödesprincipen har ofta ansetts vara den mest rationella tillverkningsprincipen för all form av montering, se figur 3.7. För att minska de negativa effekter som löpandebandet medför har många nya monteringsystem frångått den renodlade linjeflödesprincipen och valt andra organisationsformer. De negativa effekterna kan innebära tekniska, organisatoriska, sociala och ergonomiska problem som inte kan uppvägas av linjeflödes fördelar och därför resulterar i sämre totalekonomi.<sup>64</sup>



Figur 3.7 Odrivet linjeflöde med buffertar först respektive sist i flödet

## LINJEFLÖDETS FÖRDELAR

Det väldefinierade flödet ger en relativt enkel materialhantering där frammatningen av basobjekt kan mekaniseras till ett drivet linjeflöde med given flödes hastighet. Då frammatningen sker manuellt används benämningen odrivet linjeflöde. Med fasta monteringsstationer utmed flödet och en bestämd flödes hastighet kan försörjningen av detaljer till stationerna enkelt planeras och fysiskt genomföras. Genom att höja eller sänka flödes hastigheten kan tillverkningen styras, dock krävs en *överkapacitet* i varje station för att möjliggöra ökad flödes hastighet.<sup>65</sup>

<sup>61</sup> Agervald, 1980

<sup>62</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>63</sup> Agervald, 1980

<sup>64</sup> Ibid

<sup>65</sup> Ibid

### LINJEFLÖDETS NACKDELAR

På grund av förluster i systemet är det i praktiken omöjligt att förverkliga den ideala flödes hastigheten. Vid linjesystem förekommer framför allt tre typer av förluster; balanseringsförluster, systemförluster och hanteringsförluster, se avsnitt 3.2.1. Förlusterna anges i procent av nödvändig monterings tid och för att kompensera dessa förluster krävs ofta en större arbetsstyrka än vad beräkningar visar. Då längden på ett linjeflödessystem ökar och/eller automatiseringsgraden höjs ökar systemets känslighet för tekniska störningar. Vid linjeflödessystem utan buffertar medför en teknisk störning i en station att samtliga stationer i linjen berörs.

På grund av bundenheten till vissa platser och svårigheten att variera arbetsmetoden upplevs ofta monteringen vid en linje som monoton. En kort cykeltid innebär att det fysiska arbetet blir enahanda och risken för arbetsskador ökar. Ett varierande arbetsinnehåll vid linjeflöden är svårt att införa utan att systemförlusterna ökar. Ett utvidgande av arbetsmomenten på bekostnad av förlängd stationstid gör att produktiviteten minskar. För att kunna bibehålla en hög produktivitet krävs parallellisering av flöden eller införande av fler skift. En varierande arbetssituation förutsätter inte bara variation under *arbetscykeln* utan framförallt att möjligheter till fler varierande och stimulerande arbetsuppgifter ges.<sup>66</sup>

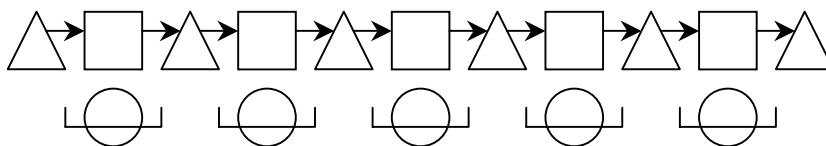
### LINJEFLÖDE MED BUFFERTAR

En buffert är en väntplats mellan två på varandra följande operationer i ett tillverkningsflöde och kan ha olika syften.

- Utjämning av variationer i flödet
- Minska inverkningarna av driftstörningar
- Frikoppling av monteringsstationerna/-grupperna
- Möjliggöra återkopplade flöden

Med hjälp av buffertar som placeras mellan monteringsstationer kan ett linjeflöde modifieras, se figur 3.8. Tack vare buffertarnas frikopplande effekt begränsas följderna av kortvariga tekniska störningar. *Upparbetningen* från flera arbetscykler kan dessutom ackumuleras i buffertarna och detta ger operatörerna möjligheten att ta kortare pauser eller att utföra andra uppgifter utan att störa övriga stationer eller behöva ersättas av någon annan. På detta sätt utjämnas variationen i operatörernas arbetscykler samtidigt som systemförlusterna minskar. Montören ska inte behöva invänta material från en föregående station eller förhindras att lämna ifrån sig en bearbetad produkt på grund av att den efterföljande stationen är blockerad.

Införandet av buffertar mellan samtliga stationer innebär orimliga investeringskostnader för utrustning och/eller hög kapitalbindning av PIA. För att ändå kunna ta del av buffertarnas positiva effekter samtidigt som investeringen hålls inom realistiska ramar kan flödet delas in i grupper av monteringsstationer och placera buffertarna mellan dessa. Storleken på grupperna ska vara anpassade för att samarbetet inom och mellan grupperna ska ske friktionsfritt.



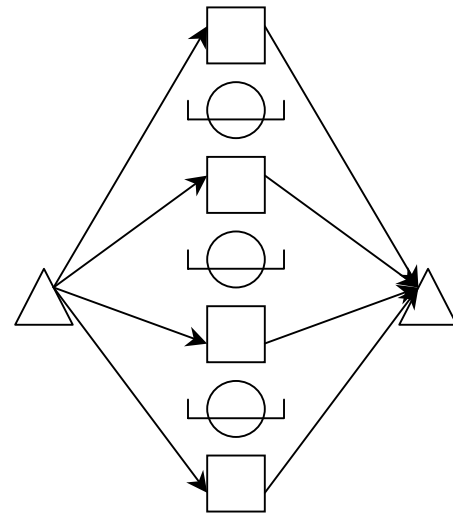
Figur 3.8 Odrivet linjeflöde med mellanbuffertar

<sup>66</sup> Agervald, 1980

Tack vare möjligheten till upparbetning möjliggör buffertar frikoppling av montörer och monteringsgrupper från övrig verksamhet. Buffertar är alltså en förutsättning för att kunna ge montörerna en större självständighet. Genom sin frikopplande funktion ger buffertarna montörerna möjlighet att relativt fritt planera sitt arbete och genom tilläggsaktiviteter skapa variation i arbetet. Generellt är buffertbehovet större i linjeflödessystem än i parallellflödessystem eftersom utjämningsproblem till viss del löser sig själva i ett parallellflödessystem. En stor nackdel är att om bufferttiden överskrids, det vill säga att bufferten tar slut, kan ett stopp i en station medföra att hela systemet stannar.<sup>67</sup>

### 3.2.3 Parallellflöden

När konkurrensen på avsättningsmarknaden hårdnar framtingas tätare byten av produktmodeller och fler kundanpassade produktvarianter. Tillsammans med operatörernas krav på en bättre anpassad arbetsmiljö har detta ökat behovet av flexibla tillverkningssystem. Parallellisering av tillverkningssystemens flöden är ett sätt att öka flexibiliteten. Eftersom cykeltiderna vid parallella flöden blir längre ges större möjlighet att skapa stimulerande och arbetsvänligare uppgifter.<sup>68</sup>



Figur 3.9 Parallellflöde

#### PARALLELLFLÖDETS FÖRDELAR

Det är viktigt att tillverkningen enkelt kan anpassas till aktuella typer av produkter och tillverkningsvolym. Tack vare parallellflödets flexibilitet är det möjligt att hantera dessa förändringar. Då en produkt monteras i flera olika varianter kan en eller flera parallella stationer, beroende av kapacitetsbehovet, montera en viss variant vilket ger en enkel materialadministration, se figur 3.9. Eftersom parallellflödessystem saknar sekvensberoende uppstår inte problem med balansering och ombalansering som annars uppstår vid nya produkter och vid förändringar av produkter, varianter och/eller tillverkningsvolym. Det är också enklare att öka kapaciteten i det parallellgrupperade flödet eftersom allt som krävs är att öppna ytterligare parallellgrupper.

I parallellflödessystem elimineras till stor del systemförlusterna som en följd av att färre montörer är direkt knutna till varandra. Parallellflödessystemet möjliggör även förflyttning av kontroll- och justeringsaktiviteterna till monteringsplatsen och det innebär att antalet kontrollanter och justerare kan reduceras. Eftersom det direkta beroendet mellan monteringsstationerna är litet är det enkelt att införa kvalitetskontroll direkt vid stationerna. En följd av att montörerna själva utför kontroll- och justeringsaktiviteter är att de på så sätt blir mer kvalitetsmedvetna och att produktkvaliteten i förlängningen höjs.

Vid parallellisering minskar känsligheten för tekniska störningar, det vill säga att tekniska störningarna inte drabbar några andra stationer. Ett linjeflödessystem, som kräver bemanning av samtliga stationer, kan vid personalbrist vara omöjligt att köra. Personalberoendet i parallellflödessystem är litet, även om tillverkningshastigheten/-volymen reduceras behöver inte samtliga stationer bemannas. Likaså kan övertidsarbete utföras utan hela arbetsstyrkans

<sup>67</sup> Agervald, 1980

<sup>68</sup> Ibid



närvaro. En förlängd arbetscykel ger möjlighet till en större upparbetning under varje cykel. Upparbetningstiden kan sedan ackumuleras i buffertar som placeras i anslutning till stationerna och detta möjliggör införandet av fler tilläggsaktiviteter och arbetsinnehållet kan på det sättet utökas. Montörerna blir inte heller i samma omfattning bundna till monteringsstationen och graden av självständighet i arbetet kan då ökas. Det utökade arbetsinnehållet ger montören möjlighet att se sambandet mellan egna arbetsuppgifter och helheten i tillverkningen.<sup>69</sup>

#### PARALLELLFLÖDETS NACKDELAR

Samtliga monteringsmoment utförs i flera parallella stationer och detta innebär att motsvarande monteringsutrustning måste finnas vid station. Vid linjeflöden finns denna utrustning utmed hela monteringslinjen men vid parallellt flöde krävs alltså en högre investeringskostnad för att kunna förse flera stationer med likartad utrustning. Vidare måste varje artikel, vid parallellisering, distribueras till varje parallell monteringsstation och detta ställer högre krav på materialhanteringen. Detta innebär att transportsträckan per artikel från centralförråd till *plocklagret* blir längre. Mängden transporterat gods är dock densamma oavsett monteringsupplägg.

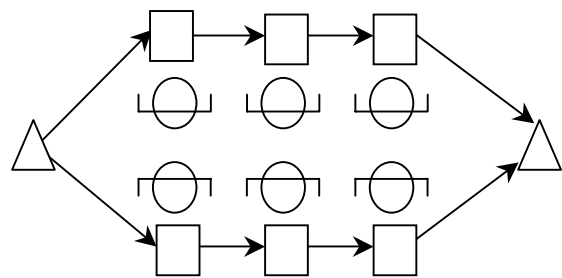
Det totala ytbehovet kan bli större vid parallellisering eftersom plocklagret vid varje monteringsstation måste kunna ta emot hela mängden komponenter som ingår i produkten samtidigt som behovet av transportvägar ökar. Då ytan i anslutning till monteringsstationen ökar, tenderar hanteringstiderna och därför också hanteringsförlusterna att öka. Ett enkelt exempel på detta är att ”gångtiderna” ökar. Eftersom det vid parallella monteringsflöden ska förvaras mer material vid varje enskild monteringsplats krävs det ofta större utrymme i anslutning till dessa. Genom att artiklarna ska distribueras till fler materialadresser blir även materialhanteringen mer komplex.<sup>70</sup>

#### 3.2.4 Varianter av parallellflöden

På grund av till exempel speciella tekniska hinder kan det vara svårt att införa en renodlad parallellstruktur. Det finns då ett antal varianter som kan tillämpas för att anpassa parallellflödet till företagets specifika situation.

##### PARALLELLGRUPPERAT FLÖDE

Genom parallellisering med så kallade miniliner kan en kortare genomloppstid uppnås. Figur 3.10 visar ett parallellgrupperat flöde med två miniliner men detta kan även utformas med tre eller fler miniliner. Om buffertarna placeras före och efter grupperna istället för mellan varje arbetsplats inom gruppen minskar kostnaden för buffertutrustning utan att frikopplingen, flexibiliteten eller funktionssäkerheten försämras.<sup>71</sup>



Figur 3.10 Parallellgrupperat flöde

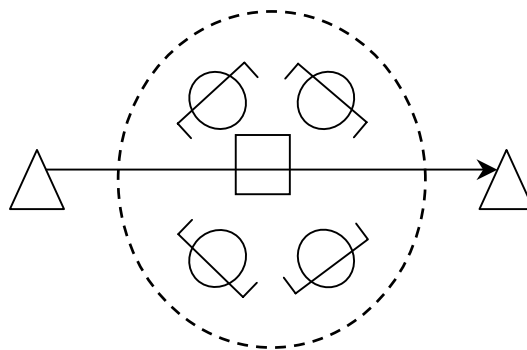
<sup>69</sup> Agervald, 1980

<sup>70</sup> Ibid

<sup>71</sup> Ibid

### KOLLEKTIVSYSTEM

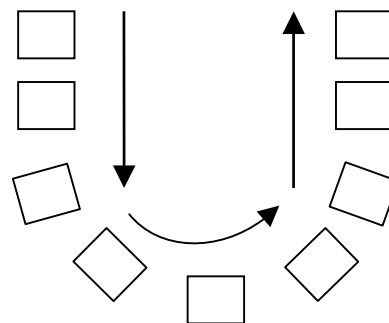
Kollektivsystemet bygger på principen att fler än endast en montör bemannar varje monteringsstation, se figur 3.11, och arbetar gemensamt på ett eller flera objekt. På grund av sekvensbundna operationer, avsaknad av parallella verktyg och utrymme uppstår väntetid, vilket leder till systemförluster.<sup>72</sup> En förutsättning är att såväl visst material som monteringsverktyg kan medföras av montören samt att antalet fixturer är litet. En grupp där samtliga montörer behärskar alla arbetsuppgifter har goda möjligheter att utjämna eventuella störningar i form av väntetid med mera. Den goda kommunikationen mellan montörerna tack vare närheten till varandra är en annan fördel.<sup>73</sup>



Figur 3.11 Kollektivsystem

### CELLMONTERING

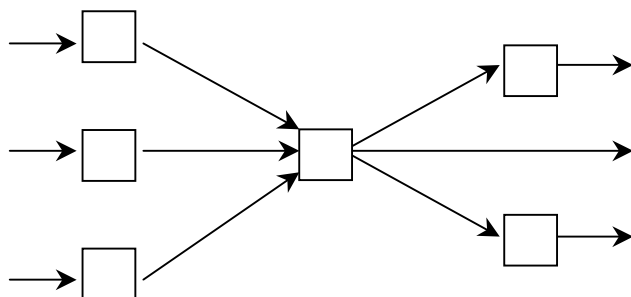
Cellmonteringsprincipen bygger på att produktionen delas in i grupper som är ansvariga för produktionen av en komplett produkt eller komponent. Arbetsstationerna är arrangerade i en U-formad layout så att samtliga gruppmedlemmar kan se gruppens färdiga resultat, se figur 3.12. Arbetarna behärskar samtliga moment i cellen och kan ta sig an alla uppgifter. Gruppen har fullständigt ansvar för vad den presterar och beslut om kontroll är decentraliserad till gruppen.<sup>74</sup>



Figur 3.12 Cellmontering

### KONVERGERANDE OCH DIVERGERANDE FLÖDEN

Av tekniska och/eller ekonomiska skäl kan det finnas utrustning som inte kan placeras i ett parallellflöde. Utrustningen kan då istället placeras vid en särskild station som betjänar flera parallella flöden via en konvergerande och en divergerande struktur, se figur 3.13. Varianter av parallellflöden och linjeflöden kan ses byggklossar som går att kombinera på olika sätt beroende på monteringsapplikationen.<sup>75</sup>



Figur 3.13 Gemensam station med ett konvergerande respektive divergerande flöde

<sup>72</sup> Agervald, 1980

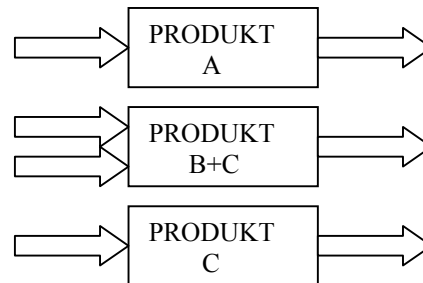
<sup>73</sup> Engström, 1983.

<sup>74</sup> Schary & Skjött-Larsen, 2000

<sup>75</sup> Agervald, 1980

### VARIANTSPECIALISERADE SYSTEM

Om variantfloran är mycket stor kan produktvarianterna delas in i variantfamiljer med likartad monteringssekvens enligt *produktverkstads-* och *flödesgruppsfilosofin*. De olika variantfamiljerna kan i ett parallellflödessystem monteras i var sitt parallellflöde, se figur 3.14, och balanseringsförlusterna jämfört med variantmontering i ett linjeflödessystem reduceras då kraftigt. Eftersom antalet materialadresser minskar och varje parallellt flöde kan betraktas som separata beordringpunkter förenklas materialförsörjningen och beordringen jämfört med ett parallellflödessystem som monterar samtliga varianter i varje parallellt flöde. Vid variantspecialisering i parallellflödessystem reduceras systemflexibiliteten och driftsäkerheten något. Variantspecialiserade parallellsystem reducerar den totala omställningstiden eftersom olika produkter eller grupper av produkter med likartad montering monteras i separata flöden.<sup>76</sup>



Figur 3.14 Variantspecialiserat parallellflöde

### 3.2.5 Komplettn monteringsystem

På grund av skrymmande monteringshjälpmedel som fixturer et cetera kan det under vissa omständigheter vara tekniskt ogenomförbart att montera en hel produkt vid samma arbetsplats. Det vore då naturligt med ett linjeflöde där varje station bemannas med en montör, men för att inte för stora balanseringsförluster ska uppstå måste dessa stationer balanseras. Ett alternativ är då att istället låta en montör följa ett objekt genom samtliga monteringsstationer. Komplettn montering innebär att varje montör utför samtliga moment i monteringen genom att han/hon följer produkten genom samtliga stationer i flödet. På detta viset kan monteringen fortgå utan att alla montörer är närvarande. Arbetscykeln blir dessutom längre och mer omväxlande, vilket leder till reducerad risk för förslitningsskador. Med hjälp av obundet flyttbara monteringsfixturer, till exempel vagnar, blir monteringen friare och kan varieras med avseende på stationstider. Omkörningsmöjligheterna gör också att balanseringsförlusterna minskar.

Eftersom det tar tid att förflytta sig mellan stationerna kommer det att uppstå hanteringsförluster om monteringstiden i varje station är relativt kort. Detta kan avhjälpas genom att montören utför en delsatsmontering vid en station och därefter förflyttar hela delsatsen till nästa station och hanteringstiden slås därför ut på flera enheter. Storleken på delsatsen begränsas av det antal enheter som montören kan förflytta mellan stationerna samt i vilken utsträckning som avställningsytorna finns tillgängliga. Stationerna behöver då inte inbördes balanseras eftersom montören utför monteringen utan att vara beroende av någon annan. Genom att dubblera utrustning vid vissa stationer av komplettn monteringsystemet kan effekterna av trånga sektorer minskas. Vidare har systemet goda möjligheter att genom det obundna upplägget ta upp den del av systemförlusterna som beror på montörernas varierande cykeltid under dagen. Det är dock viktigt att montörstätheten inte blir för stor eftersom det då föreligger risk för att montörerna går i vägen för varandra och hindrar varandras arbete.

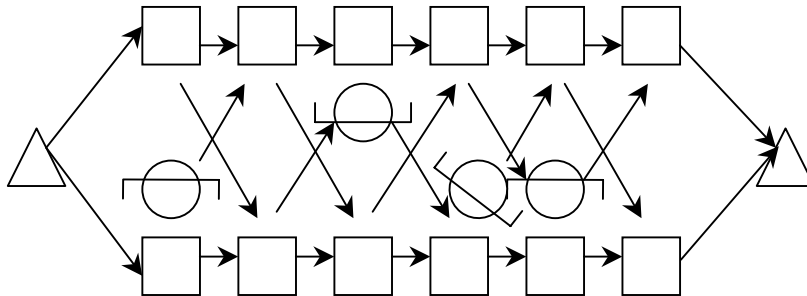
I ett komplettn monteringsystem är känsligheten för driftstörningar till följd av mekaniska fel avsevärt lägre tack vare de enkla och obundna monteringsfixturerna. Linjeflöden däremot har seriekopplade fixturer som innehåller fler mekaniska delar som kan falla. Självständigheten

<sup>76</sup> Agervald, 1980

i komplettmonteringsystemet gör att det finns möjlighet att färdigställa krångliga monteringsmoment utan att detta behöver påverka övriga montörers arbete. För att fler varianter, vid komplettmonteringsupplägg, ska kunna monteras samtidigt utan att antalet omställningar ökar, finns det i plocklagret alltid specifikt material till de mest frekventa varianterna. Ur planeringssynpunkt har komplettmonteringsystemet en stor fördel då genomloppstiden för orders kan fastställas med högre precision. Detta är en följd av att ledtiden för justering och kontroll har reducerats då montören direkt justeringar fel på produkten.<sup>77</sup>

### TVÅVÄGSSYSTEM

Systemet utformas så att montören förflyttar basobjektet på en odriven vagn och monterar hela produkten själv, se figur 3.15. Montören har i varje monteringssteg två identiskt lika stationer att välja mellan varför någon väntetid sällan uppstår.<sup>78</sup>



Figur 3.15 Tvåvägssystem där basobjektet förflyttas på en odriven vagn

## 3.3 Materialförsörjning

Materialförsörjningen påverkar hur upplägget av ett monteringsystem utformas. Då montering ofta har hög manuell insats utgörs ofta de stora investeringarna i ett monteringsystem av materialhanteringssystemet. Hinkmaterial, till exempel skruvar, muttrar och brickor förvaras alltid lättåtkomligt i små lådor vid monteringsplatsen och utgör därför ingen större skillnad beträffande uppbyggnadsprincipen av materialförsörjningen.<sup>79</sup> Det finns olika materialförsörjningsmetoder i ett monteringsystem och nedan presenteras några av dem.

- Material finns alltid tillgängligt i direkt anslutning till monteringsstationen, till exempel på pall
- Manuell/automatiserad transport av rätt artikel och kvantitet till förbrukningsplatsen, initieras ofta av ett produktionsstyrningssystem
- Materialtorg på "öar" där montören hämtar materialet med vagn. Detta ställer dock krav på att komponenterna ska kunna plockas i en ofta icke förutbestämd ordning, vilket gör att vagnen kräver större volym än summan av ingående komponenters volym<sup>80</sup>
- Samplockning, det vill säga anpassad monteringsats direkt till monteringslinan<sup>81</sup>

<sup>77</sup> Agervald, 1981

<sup>78</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>79</sup> Agervald, 1980

<sup>80</sup> Knudsen, 1991

<sup>81</sup> Engström, 1983.

### 3.3.1 Materialförsörjning i linjeflödessystem

Varje enskild monteringsstation i ett linjeflöde monterar en unik detalj, vilket medför en enkel planering av materialförsörjningen till respektive station med raka och okomplicerade *distributionskanaler*. Varje enskild detalj har i ett linjeflödessystem endast en förvaringsplats i plocklagret och då omsättningen på detaljerna är relativt hög kan oftast hela transportförpackningar, till exempel lastpallar, placeras i plocklagret. Somliga detaljer kan till och med placeras direkt i plocklager utan mellanlagring i centralförrådet. När artiklarna endast förvaras på en plats i plocklagret förenklas bevakningen av materialet avsevärt. Om flera produkter eller varianter av produkter monteras i samma linjeflöde kommer artikelantalet öka och därmed också den erforderliga förrådsytan. Detta leder till ökade hanteringsförluster eftersom montörernas gång- och hämtningstider ökar.<sup>82</sup>

### 3.3.2 Materialförsörjning i parallellflödessystem

Materialförsörjningen vid parallellflödessystem kan bli tämligen komplex på grund av att samtliga artiklar måste distribueras till flera stationer. Beroende på plocklagrets placering och utformning kan transportsträckorna bli långa och omständliga. Trots att utrymmet vid linan ofta är begränsat måste plocklagret kunna ta emot produktens samtliga artiklar. Det krävs också fler transportvägar, vilket ofta leder till att det totala ytbehovet vid plocklagret blir större än för linjeflödessystem. Monteringslinorna har en begränsad längd och en stor variantflora gör det nödvändigt att öka andelen förmontering.

Det kan antas vara orealistiskt att på grund av ytbehovet placera kompletta transportförpackningar med material i plocklagret. Ett nödvändigt alternativ är då att bryta ned transportförpackningen i mindre delar och detta kan antingen göras i leverantörsledet eller någonstans i materialflödet innan plocklagret. Följderna med att låta leverantören stå för nedbrytningen är ett ökat pris per detalj, förhöjda kostnader för förvaringsenheter (till exempel två halvfallar istället för en hel pall) samt ökat ytbehov för emballage och förvaringsenheter. Då transportförpackningen istället bryts ned efter inleverans förekommer ökade löne- och ytkostnader.

Genom att låta flera monteringsstationer eller monteringsgrupper utnyttja samma plocklager kan dessa minskas till antalet. Det är då viktigt att plocklagrets placering inte medför allt för långa gångtider för att hämta materialet. Fördelarna är uppenbara, materialet distribueras till färre ställen och bevakningen av materialet i plocklagret förenklas.<sup>83</sup>

### 3.3.3 Samplockning

Ett sätt att reducera volymen i plocklagret är att i centralförrådet plocka samman material som fodras till en eller flera produkter och därefter transportera detta direkt till montören. Centralförrådet bör utformas som ett plocklager för att en effektiv samplockning ska kunna uppnås, dessutom ökar behovet av förrådspersonal på grund av den ökade hanteringen. Samplockningen reducerar plocklagrets ytbehov samtidigt som centralförrådets ytbehov ökar. Förfarandet kan utnyttjas i såväl linjeflödes- som parallellflödessystem.

Fördelar:

- Reducerat eller eliminerat behov av plocklager
- Minskad hanteringstid för montörerna
- Genom att beordringen kan ske via utlämningen av materialet förenklas styrningen

---

<sup>82</sup> Agervald, 1980

<sup>83</sup> Engström, 1983

- Förenklad bevakning av beställningspunkter et cetera i förråd
- Pedagogisk upplägning av monteringsseterna

Nackdelar:

- Större ytbehov i centralförrådet
- Kostnader för materialhanteringsutrustning
- Ökat behov av förrådsarbetare
- Begränsat antal detaljer för att laddningen inte ska bli alltför kostnadskrävande
- Låg fyllnadsgrad om samplockningen sker på pall
- Speciella lastbärare kan kräva ökade investeringskostnader
- Minskad självständighet då montörerna blir beroende av materialförsörjningssystemet
- Monotont samplockningsarbete<sup>84</sup>

### 3.3.4 Integrering av materialförsörjnings- och monteringsfunktioner

Eftersom parallellsystem har hög *frikopplingsgrad* är dessa monteringsystem bäst lämpade för arbetsutvidgning som omfattar materialförsörjning. Integrering av monterings- och förrådsfunktionerna måste ske genom väldisciplinerade förrådsuttag. Det är viktigt att undvika materialbrist som lätt kan uppstå när någon montör plockar mer material än nödvändigt för att gardera sig mot brister. Följden av överuttag blir att materialet inte räcker till samtliga montörer. Kompensation för brister med en större förrådsvolym ökar kapitalbindningen i systemet och dessutom ökar risken för svinn av begärligt gods då förrådet står tillgängligt för många personer. Vidare är det viktigt att alla som utnyttjar förrådet känner ansvar för ordningen så att material inte placeras eller hanteras felaktigt. Förfarandet har såväl fördelar som nackdelar och några av dessa ges nedan.

Fördelar:

- Utvidgning av arbetsinnehållet ger ett omväxlande arbete
- Monotona befattningar för detaljplockning elimineras
- Större självständighet för montörerna
- Förbättrade kommunikationsmöjligheter

Nackdelar:

- Längre gångtider för montörerna
- Ökad risk för materialbrist
- Ökad kapitalbindning<sup>85</sup>

## 3.4 Arbetsorganisation

Trots att många monteringsystem är helt automatiserade är monteringen generellt sätt arbetsintensiv, vilket innebär att montörerna i stor omfattning påverkar monteringen av produkterna. Det ställs alltså inte bara tekniska krav på monteringsystemet, även arbetsorganisationen har stor betydelse.<sup>86</sup> Arbetsorganisationen beskriver hur arbetsoperationer sammanförs till arbetsuppgifter och hur arbetsuppgifterna fördelas på de

---

<sup>84</sup> Agervald, 1980

<sup>85</sup> Ibid

<sup>86</sup> Bellgran, 1998

anställda.<sup>87</sup> En stor del av monteringen sköts manuellt och därför är arbetsorganisationen en viktig faktor som berör såväl hur mänskliga behov tillfredsställs som hur tillräcklig effektivitet uppnås.<sup>88</sup> Det är viktigt att gruppens medlemmar förstår att de är kollektivt ansvariga för vad gruppen presterar och att de enas om att gruppen i sin helhet är den lämpliga mottagaren av feedback på vad de har presterat.<sup>89</sup>

### 3.4.1 Monteringsgruppen

Genom att organisera monteringsarbetet i monteringsgrupper kan arbetsmotivationen och arbetstillfredsställelsen höjas. Montörerna ges dessutom på det viset möjligheten att se sitt arbete i ett större tekniskt och socialt sammanhang och tack vare den ökade trivseln minskar personalomsättningen. Monteringsgruppen är en väl avgränsad och sammanhållen enhet med känd kapacitet och betraktas som en beordringspunkt. Gruppen har, för varje *batch*, själv ansvar för planeringen av gruppens uppgifter. Gruppen bestämmer på det viset själv över upplägg och fördelning av arbetet, raster et cetera.<sup>90</sup>

#### ARBETSVÄXLING

Rotation mellan arbetsuppgifterna inom monteringsgruppen varierar monteringsarbetet men kräver samtidigt att alla gruppmedlemmarna behärskar samtliga arbetsoperationer. Ett större antal tilläggsaktiviteter ökar arbetsvariationen, vilket i sin tur reducerar risken för förslitningsskador.<sup>91</sup>

#### KOMMUNIKATION

Monteringsgruppen behöver en tät kommunikation med till exempel arbetsledare, serviceavdelningar och andra monteringsgrupper. För att upprätthålla kontakten fordras en kontaktman i varje monteringsgrupp, denne kontaktman är ingen ersättning för arbetsledarna utan endast monteringsgruppens kommunikationslänk med omgivningen i det löpande arbetet. Kontaktmannen ska även ytterst ansvara för gruppens interna planering och rollen ska rotera mellan gruppens medlemmar.<sup>92</sup> Även kommunikationen inom gruppen är viktig för att resultatet ska bli tillfredsställande. Om gruppens uppgifter skapar hög motivation bland medlemmarna, kommer erfarenheterna utbytas tätare mellan medlemmarna och kommunikationen följaktligen att öka.<sup>93</sup>

#### EN PLANERINGSPUNKT

Gruppen betraktas som en planeringspunkt med känd kapacitet och därför ges tillverkningsorder för längre tidsperioder som dag eller vecka. Gruppen ansvarar för att den hinner montera rätt kvantitet till beordrat datum och planerar själv upplägget av sitt arbete. För att på ett rimligt sätt kunna lägga upp planeringen informeras gruppen också om kommande perioders tillverkningsplaner. Gruppens ansvarskänsla leder till en ökad stabilitet eftersom den snabbt försöker lösa uppkomna fel. Vidare kan gruppen lättare bevaka olika beställningsnivåer vilket leder till säkrare materialförsörjning.<sup>94</sup>

---

<sup>87</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>88</sup> Säfsten, 2002

<sup>89</sup> Hackman & Oldham, 1980

<sup>90</sup> Agervald, 1980

<sup>91</sup> Ibid

<sup>92</sup> Ibid

<sup>93</sup> Hackman & Oldham, 1980

<sup>94</sup> Agervald, 1980

## KVALITETSANSVAR

För att kunna upprätthålla kvalitetsansvar bör gruppen genomföra kvalitetskontroll av inkommande material, returnering av felaktigt material, kvalitetskontroll av eget arbete samt justering eller kassering av egna produkter. När grupperna själva utför kvalitetskontroll och justering sjunker kostnaderna för dessa aktiviteter. Gruppen bör även ges feedback genom kvalitetsavdelningens stickprovskontroller så att metoder eller regler eventuellt kan justeras. Riggning och inställning av monteringsutrustning vid variant- och produktbyte ska genomföras av gruppen själv, så även löpande underhåll av utrustning och mindre omfattande reparationer och justeringar. Denna struktur medför att tiden för många *driftstopp* kan reduceras.<sup>95</sup> En förutsättning för att kunna utveckla ett kvalitetssystem är att samtliga medarbetare besitter en allmän kunskap om kvalitet och kvalitetssäkring.<sup>96</sup>

## KOMPETENS- OCH KUNSKAPSNIVÅ

Montörernas kunskapsnivå kan höjas genom utbildning och på det viset kan arbetsuppgifterna göras mer omväxlande och innehållsrika utan att göra avkall på effektiviteten.<sup>97</sup> För att kunna bidra till utveckling och förbättring av verksamheten krävs att personalen utvecklar sin förmåga att såväl använda befintlig kompetens som att förvärva ny kompetens.<sup>98</sup> Utbildning av personal är alltid nödvändig men tar både tid och pengar i anspråk och dess form bör därför noga övervägas. Utbildning av nyanställda innebär störningar i ett monteringsystem och ett linjeflödessystem är mer känsligt för störningar än ett parallellsystem. Detta beror på att den långsammaste montören (nybörjaren) i ett linjeflöde bestämmer takten för hela linan medan lägre arbetstakt i en monteringsstation inte påverkar övriga stationer i ett parallellflöde. Genom att organisera arbetet i målstyrda monteringsgrupper, se avsnitt 3.4.3, som själva ansvarar för utbildning och upplärning av ny personal kan detta problemet kringgås. Den målstyrda gruppen kan då planera internt med hänsyn till nybörjaren så att denne stör produktionen i så liten omfattning som möjligt samtidigt som behovet av särskilda instruktörer minskar.

Den kompetens beträffande monteringsupplägg och monteringsmetoder som gruppens medlemmar införskaffar genom erfarenheter bör företaget ta tillvara på.<sup>99</sup> Juran menar att ”*de som arbetar i processen är de som bäst vet hur processen kan förbättras och bör därför vara involverade vid identifieringen av förbättringsmöjligheter...*”<sup>100</sup> Vikten av att både grupper och individer uppmuntras att lämna förbättringsförslag för att underlätta monteringen är därför stor och förslag som senare genomförs, bör resultera i belöning som företrädesvis är gruppbaserad.<sup>101</sup> Engström hävdar att en av anledningarna till att vissa monteringsystem inte fungerar tillfredsställande är att montörer med stor kompetens, till exempel förmåga att kunna montera flera varianter, tenderar att övergå till attraktivare arbetsuppgifter.<sup>102</sup>

### 3.4.2 Arbetsinnehåll

Ett för montören begränsat arbetsinnehåll gör att hans/hennes kunskap om produkten i sin helhet inskränks. När helheten inte syns är det svårt att få en förståelse för nödvändigheten av arbetet, hur den egna insatsen påverkar slutresultatet och även uppkomna problem.

---

<sup>95</sup> Agervald, 1980

<sup>96</sup> <http://www.smil.se/kvalitet/kvalisys.html>

<sup>97</sup> Agervald, 1980

<sup>98</sup> Nilsson, 2003

<sup>99</sup> Agervald, 1980

<sup>100</sup> Nilsson, 2003, sida 13

<sup>101</sup> Agervald, 1980

<sup>102</sup> Engström, 1983



Möjligheten till ett varierande arbetsinnehåll är ett krav för att arbetet ska upplevas som tillfredsställande. En utvidgad arbetscykel räcker alltså inte om detta endast innebär att ett flertal liknande arbetsmoment tillkommer. Exempelvis är det föga troligt att det upplevs mer tillfredsställande att dra i fem skruvar per arbetscykel än att dra i endast en sådan skruv per cykel. Genom att låta montörerna rotera mellan olika arbetsuppgifter, under förutsättningen att arbetsuppgifterna inte är alltför likartade, kan arbetsinnehållet utökas.

Företag ser ibland ingen ekonomisk vinst i att utbilda montörer utan de betraktas som fixa komponenter som kan bytas ut när som helst. Avancemang inom sitt kompetensområde blir därför sällan möjligt och resulterar i att montörerna ”slår i taket”, vilket kan resultera i att montören börjar bevaka sin position eller förlorar intresset. De montörer som känner sig omotiverade kommer sällan med förslag till förbättring. Omotiverad personal bryr sig heller inte om kvaliteten på det arbete som presteras och levereras, inte heller vilken effekt deras arbete har på produkten. Detta leder till fler omarbetningar, onödiga kassationer och större behov av kontroll.<sup>103</sup>

Hackman & Oldham menar att det finns ett antal villkor som måste uppfyllas för att den anställde ska kunna känna sig motiverad i arbetet. För det första måste individen få kännedom om resultatet av sitt arbete. Om en individ aldrig får reda på om det som presteras är bra eller inte, finns ingen grund för personen att må bra av att presterat bra eller må sämre av att prestera dåligt. Den anställde måste också uppleva ansvar för sitt arbete genom att han/hon känner ett personligt ansvar för arbetets resultat. Om man utgår från att det presterade arbetets kvalitet i första hand beror på yttre faktorer som processmanualer eller andra anställdas insats, snarare än egna initiativ och ansträngningar, finns det ingen anledning att känna stolthet när man presterar bra. Avslutningsvis måste personen även känna att arbetet är meningsfullt och någonting som ”räknas” i ens egen referensram. Om arbetet upplevs trivialt spelar det ingen roll att personen har fullt ansvar eller erhåller utförlig information om hur bra han eller hon presterar, arbetsmotivationen kommer ändå att utebli.<sup>104</sup>

### 3.4.3 Multistrukturerad arbetsorganisation

En alternativ organisationsform till den hierarkiskt uppbyggda pyramidmodellen är multistrukturerade arbetsorganisationer som kännetecknas av att arbetsfördelning och arbetsuppgifter snabbt kan förändras. Förändringar i arbetsuppgifterna kräver att den relativa skillnaden i arbetsmomentets storlek och ordningsföljd är minsta möjliga. En flexibel organisation där arbetsuppgifterna inte är bundna till speciella medlemmar kan svara mot dessa förändringar. Multistrukturerade organisationer är flexibla och kan enkelt svara mot förändringar i produktionsläget. De tre huvudtyper av multistrukturerade organisationer som kan urskiljas är den sammansatta målstyrda gruppen, matrisgruppen samt nätverksgruppen. Den sammansatta målstyrda gruppen karaktäriseras av att samtliga medlemmar kan utföra alla arbetsuppgifter, se figur 3.16. Matrisgruppen, se figur 3.17, kännetecknas av att vissa medlemmar kan utföra samtliga arbetsuppgifter medan övriga endast kan utföra vissa uppgifter. I nätverksgruppen arbetar medlemmarna individuellt eller i små grupper och träffas ibland för att kontrollera att gruppen ligger rätt i förhållande till målen, se figur 3.18. Nätverksgruppen ger individen stor frihet och medlemmarna kan själva planera in när de olika produkterna ska monteras för att på bästa sätt kunna svara mot leveranstider, operationstider och sekvensberoendet mellan operationerna. Genom att gruppen själv snabbt kan förändra planeringsprogrammet blir produktionen mycket flexibel.

<sup>103</sup> von Yxkull, 1994

<sup>104</sup> Hackman & Oldham, 1980

Arbetsuppgift	Medlem		
	A	B	C
1	X	X	X
2	X	X	X
3	X	X	X
4	X	X	X

Figur 3.16 Sammansatt målstyrd grupp där X motsvarar kompetensen att utföra en arbetsuppgift.

Arbetsuppgift	Medlem		
	A	B	C
1	X		
2	X	X	
3	X	X	X
4	X	X	X

Figur 3.17 Matrisgrupp

Arbetsuppgift	Medlem		
	A	B	C
1	X		
2		X	
3			X
4	X		
5		X	
6			X

Figur 3.18 Nätverksgrupp med parallella arbetsstationer

De multistrukturerade organisationerna förutsätter att personalen har erforderlig utbildning för att klara av flera arbetsuppgifter, varför kontinuerlig utbildning är ett nyckelbegrepp i dessa organisationer. När företaget beslutat vilken organisationsform som ska användas kan utbildning av berörda operatörer påbörjas, en förutsättning är förstås att kostnaderna för utbildningen inte överstiger nyttan av resultatet. I arbetsorganisationer där montörerna arbetar i multistrukturerade grupper har gruppen ett större ansvar än i hierarkiska grupper. Detta ansvar, i form av ökade arbetsmoment såsom planeringsarbete och materialförsörjning, utförs på bästa sätt av en samordnare för gruppen. För att undvika ledarskap på flera nivåer bör rollen som samordnare rotera mellan gruppens samtliga medlemmar. För att arbetsväxling ska kunna upplevas som positivt måste arbetsmomenten vara av olika karaktär och omfatta olika arbetsinnehåll.<sup>105</sup>

### 3.4.4 Förändringar i en organisation

I ett företag där majoriteten av de anställda är självlärda och har arbetat många år på företaget tenderar personalen att vara relativt konservativ. Personalen blir osäker på vad som komma ska och känner en trygghet i det gamla arbetssättet. Nya arbetsmetoder eller organisationsformer blir därför sällan genast populära och möter ofta ett kompakt motstånd. För att kunna övervinna motståndet måste de som berörs av förändringen göras delaktiga i förändringsprocessen.<sup>106</sup> Förändringar väcker alltid ångest och har en stressande inverkan på såväl individerna i organisationen som på hela systemet. Porter et al och Hackman & Oldham menar att det finns tre sätt att angripa förändringen av en organisation och att det ofta krävs en kombination av dessa angreppssätt för att initiera en förändring.

1. Genom att förändra de anställdas värderingar och attityder med hjälp av till exempel omplaceringar och utbildning, kan deras beteende förändras. Grundtanken är att om

<sup>105</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>106</sup> Ljungberg 1997

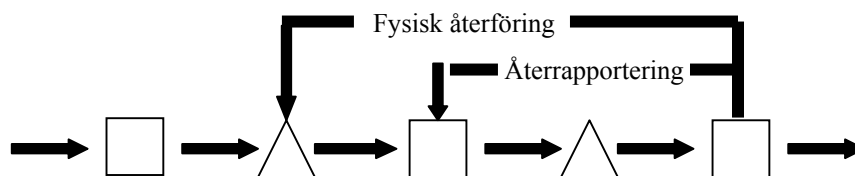
människor placeras på positioner som passar dem väl ur utbildningssynpunkt kommer de att bli personligt tillfredsställda och därför prestera bra. Det som krävs är att lokalisera och attrahera de personer som är rätt för de jobb som ska genomföras och därefter utbilda dem så att de kan utföra dessa jobb så fulländat som möjligt.

2. Förändring av det övergripande klimatet och den mänskliga interaktionen som karakteriserar organisationen. Detta är oftast det primära valet av angreppssätt eftersom klimatet ofta är bestående och har störst effekt på organisationen. Tanken med förändringen är att göra det socialt tillfredsställande för de anställda att vara en del av organisationen. Förhoppningen är att om arbetsmiljön blir trevligare och attraktivare kommer de anställda att bli mer produktiva i sitt arbete.
3. Förändring kan ske genom att utveckla möjligheterna att kunna dela ut förmåner för anställda som jobbar hårt och presterar bra.<sup>107</sup> Organisationen belönar produktivt beteende vilket leder till att de anställda arbetar effektivare och därmed höjs deras tillfredsställelse med arbetet. Detta leder till högre motivation hos de anställda, men det är samtidigt viktigt att den anställde förstår vad det är som eftersträvas och som belönas.<sup>108</sup>

Det är i sammanhanget värt att nämna att en organisatorisk förändring lättare får gensvar om den sker i samband med en teknisk förändring. Detta beror på att den då upplevs som mer meningsfull av deltagarna.<sup>109</sup>

### 3.4.5 Återkopplade system

Ett systems återkoppling kan vara såväl fysisk återföring av produkter till en monteringsstation som återrapportering av information från en station till en annan som ligger tidigare i förädlingskedjan, se figur 3.19. Ett återkopplat system som ger möjlighet att åtgärda begångna fel är en förutsättning för att ge montören eller monteringsgruppen kvalitetsansvar.<sup>110</sup>



Figur 3.19 Återkoppling inom en monteringsgrupp genom fysisk återföring och återrapportering

#### FYSISK ÅTERFÖRING

I slutet av linjeflödet förekommer ofta speciella stationer för kontroll och justering av en produkt. Återföring av en felaktigt monterad produkt till stationen vid vilken den felaktiga monteringen utförts ger montören feedback på vilket fel som gjorts. Får montören som orsakat felet själv åtgärda det ökar insikten i vilka moment som kräver större precision, vilket ökar monteringskvaliteten. Därmed åtgår mindre tid för justeringsarbete, men kräver samtidigt ett återförande flöde samt en buffert i vilken produkter kan lagras i väntan på justeringstillfälle.<sup>111</sup>

<sup>107</sup> Porter, Lawler III & Hackman, 1975

<sup>108</sup> Hackman & Oldham, 1980

<sup>109</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>110</sup> Agervald, 1980

<sup>111</sup> Ibid

## ÅTERRAPPORTERING

Återrapporering av resultaten från kvalitetskontrollen till montören bör ske så snart efter monteringen att montören kan relatera produktens fel till dess montering. Om återrapporeringen sker med för låg frekvens finns dessutom risken att kontinuerliga fel uppstår när montören inte ges chansen att reflektera över och rätta till felen.<sup>112</sup> För att få en större noggrannhet i uppföljningen av produktionen krävs en högre återrapporeringsfrekvens. Vid långa produktionsledtider kan det finnas behov av att rapportera varje operation för att en uppföljning av den aktuella beläggningssituationen ska kunna ge en korrekt bild av verkligheten. I vissa fall räcker det däremot att bara återrapporera enskilda men viktiga operationer. Det bör således göras en avvägning mellan en hög återrapporeringsintensitet med tillhörande merarbete och värdet av en ständigt uppdaterad produktionssituation. Det är också värt att tillägga att återrapporering är en del av kompetensutvecklingen i den bemärkelsen att varje återrapporering ger montören en erfarenhet som därmed ökar hans/hennes kompetens.<sup>113</sup>

### 3.4.6 Visualisering

Ljungberg menar att ”visualisering är ett kommunikationssätt som skall vara öppet för alla i en organisation.”<sup>114</sup> Visuella hjälpmedel som informationstavlor, intern-TV och digitala displayer kan användas för att sprida information och kunskap om resultat och målvärden. Informationen blir på detta sätt lättillgänglig för alla och samtidigt enklare att tolka och förstå. När det gäller att uppnå satta målvärden leder visualiseringen till att det skapas ett tävlingsklimat mellan de olika grupperna inom företaget. Genom att på samma sätt visualisera de problem som finns ökar också problemlösningshastigheten eftersom fler medlemmar involveras i problemlösningen när de är synliga som en ständig påminnelse.

Tanken är att försöka skapa ett intresse hos individen för informationen och att på så sätt väcka människors nyfikenhet och tävlingsanda. Alla som passerar visualiseringsverktyget ges ögonblicklig information om resultat och trender som man vill förmedla. I ett visualiseringsprojekt är det viktigt att etablera en samlingsplats för grupperna på den berörda avdelningen för att på så vis skapa en ökad gruppkänsla.<sup>115</sup> Genom att gruppen får en naturlig plats att träffas på och diskutera problem kan de anställda identifiera sig med den miljö där informationen finns och detta ökar deras engagemang. Ljungberg menar också att ledningen bör visa intresse för det som visualiseras genom att prata med operatörerna om det som står på tavlorna och ställa frågor. Operatören känner då att det han/hon presterar berör och intresserar hela företaget. Exempel på parametrar som kan visualiseras är företagets mål, resultat och förbättringsförslag men oavsett vilka parametrar det handlar om så är det vitalt att resultaten är lätta att tolka.<sup>116</sup>

---

<sup>112</sup> Agervald, 1980

<sup>113</sup> Olhager, 2000

<sup>114</sup> Ljungberg, 1997, sid 83

<sup>115</sup> Ljungberg, 1997

<sup>116</sup> Ljungberg, 2000

### 3.5 Ergonomi

Arbetsmiljöforums arbetsmiljölexikon använder följande definition för ordet ergonomi, "*läran om att anpassa maskiner och miljö till människans förutsättningar*".<sup>117</sup> Arbets-skador måste förhindras genom att arbetsplatsen utformas så att den individuellt kan anpassas till montörer med varierande kroppsstorlek.<sup>118</sup> Bra och anpassningsbar belysning är viktigt för att onaturliga kroppsställningar ska kunna undvikas. Då musklerna i kroppen utsätts för statiska belastningar under en längre tidsperiod kan detta på lång sikt orsaka kroniska skador. Genom att variera arbetet i varje cykel så mycket som möjligt, avlastas musklerna och med tilläggsaktiviteter kan musklerna ytterligare få den vila de behöver. Flera korta pauser är att föredra före ett fåtal längre eftersom musklerna återhämtar sig fort och bör avlastas med korta intervall.<sup>119</sup> För kvinnor som har cirka 50 % av männens armstyrka är detta särskilt viktigt vid monteringsarbete.<sup>120</sup>

Under arbetsplatsernas utformningsfas måste hänsyn tas både till akuta olycksrisker och långsiktiga skaderisker till följd av felaktiga arbetsställningar. Skyddsanordningar i form av inkapsling av elektriska kopplingar och mekaniskt rörliga delar, skyddsnet, avspärningar och nödstopp är nödvändiga för att förhindra att olyckor uppstår.<sup>121</sup> Eftersom ergonomiskt riktigt utformade arbetsplatser bör prioriteras högt ska montörerna delta när dessa utformas.<sup>122</sup>

#### 3.5.1 Moment som kan leda till arbets-skador

##### REPETITION

Repetition innebär upprepning av ett antal moment som utförs i en arbetsuppgift. En lagerarbetare lyfter kanske tre lådor per minut från golvet till ett högt hyllplan medan en montör monterar 20 enheter per timme. Repetitiva rörelser associeras med arbets-skador och obehag, generellt ökar skaderisken med antalet repetitioner. Det finns dock ingen gräns eller tröskelvärde för hur hög grad av repetition som kan leda till arbets-skador.<sup>123</sup>

##### ANSTRÄNGANDE ARBETSSTÄLLNING

Arbetsställning syftar på kroppens position under utförandet av en arbetsuppgift. Besvärliga arbetsställningar associeras ofta med en ökad risk för arbets-skador och generellt anses risken för skada öka ju mer en ställning skiljer sig från kroppens naturliga position.<sup>124</sup> En arbetsställning är heller aldrig så bra att den kan intas under längre tid utan att omväxlas.<sup>125</sup>

#### 3.5.2 Kontrollåtgärder

För att kontrollera och stävja uppkomsten av arbets-skador kan ett antal kontrollåtgärder tillämpas, var och en för sig eller som en kombination av några eller samtliga. Åtgärderna kan innebära förändring av fysiska föremål eller rörelser vid arbetsplatsen som till exempel byte av utrustning eller verktyg. Fokus ligger på att identifiera och eliminera bakomliggande riskfaktorer genom att förändra den fysiska omgivningen. Ofta föredras denna typ av kontrollmetod eftersom den reducerar eller eliminerar risken på permanent basis. Genom

<sup>117</sup> <http://www.sp.se/electronics/RnD/projects/MaskinStandard/Standards/AFS1994.htm>

<sup>118</sup> Agervald, 1980

<sup>119</sup> Ibid

<sup>120</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>121</sup> Agervald, 1980

<sup>122</sup> von Yxkull, 1994

<sup>123</sup> Ibid

<sup>124</sup> <http://www.ergoweb.com/resources/faq/glossary.cfm>

<sup>125</sup> von Yxkull, 1994

upplärning och uppmuntran till att lösa en uppgift med hjälp av en specifik metod kan utsattheten för ergonomisk risk reduceras. Ett exempel på detta är upplärning av arbetare till att använda en lämplig lyftteknik och försäkra sig om att dessa efterlevs.

Det finns ett antal kontrollåtgärder att tillgå som i grunden innebär förändring av arbetsorganisationen, till exempel begränsning av övertidsarbete eller utökning av ansvar för att samma uppgift inte ska repeteras. Dessa är ofta billigare än tidigare nämnda, men samtidigt mindre pålitliga och några av dem presenteras utförligare nedan.<sup>126</sup>

#### ÖKNING AV FREKVENSEN/LÄNGDEN AV ÅTERHÄMTNINGSTID

Återhämtningstid innebär tid för vila, utförandet av aktiviteter med låg grad av stress eller utförandet av aktiviteter som tillåter en ansträngd kroppsdel att vila. Den erforderliga återhämtningstiden för att reducera risken för arbetsskador växer med ökad utsatthet för riskfaktorn. Någon specifik minsta återhämtningstid för riskfaktorer har inte dokumenterats.<sup>127</sup>

#### FÖRBÄTTRAD KOMMUNIKATION

Enkla kommunikationsvägar underlättar samarbetet såväl inom monteringsverkstaden som med andra avdelningar. En ökad kontakt med arbetskamrater, arbetsledare, annan personal inom företaget och kunder/leverantörer ökar arbetstrivseln. Utformningen av arbetsplatsen bör vara sådan att möjligheten finns att samtala med arbetskamrater samt att kunna se andra utan att behöva flytta sig från arbetsplatsen. Om till exempel buller från monteringsutrustningen förhindrar direktkommunikation, bör detta elimineras i den mån det är möjligt. För att kunna genomföra en stor del av tilläggsaktiviteterna krävs kommunikation med olika funktioner och avdelningar inom företaget vilket främjar såväl det interna samarbetet som möjligheterna att utöka det sociala kontaktnätet.<sup>128</sup>

#### ARBETSVÄXLING

Arbetsväxling är ett utmärkt sätt att höja kompetensen hos personalen och samtidigt få en flexibel arbetskraft som behärskar flera olika uppgifter. Arbetsväxling används tyvärr i allt för stor utsträckning endast för att förebygga arbetsskador, montörerna får ofta bara rotera inom ett delavsnitt där arbetsuppgifterna inte skiljer sig nämnvärt från varandra. Belastningen blir på detta viset jämnare, men personalens motivation förblir låg. När växlingen leder till ett utökat arbetsinnehåll upplevs det inte lika betungande att utföra monotont arbete.<sup>129</sup>

#### LÄNGRE CYKELTID

Engström & Karlsson menar att det i huvudsak existerar tre ergonomiska problem vid monteringsarbete; skulder-, armbågs- och ryggproblem. En för kort cykeltid hör ofta ihop med dessa problem. Längre cykeltider löser problemen med bristfälliga arbetsställningar och hög andel skador eftersom montörerna under cykeln då byter arbetsställning. En längre cykeltid underlättar även för upparbetning som leder till minskad maskinstyrning.<sup>130</sup> En längre cykeltid ställer dock krav på montören beträffande att lära sig fler arbetsmoment och den totala inlärningstiden förlängs. När monteringen av produkterna är komplicerad kan det vara svårt att ha långa cykeltider med flera ingående arbetsmoment.<sup>131</sup>

<sup>126</sup> <http://www.ergoweb.com/resources/faq/concepts.cfm>

<sup>127</sup> Agervald, 1980

<sup>128</sup> Ibid

<sup>129</sup> von Yxkull, 1994

<sup>130</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>131</sup> Agervald, 1980

## 4 Utformning av monteringsystem

---

*Kapitlet beskriver den modell som i analysen används för utvärdering och utformning av monteringsystem. Modellen har anpassats efter projektets syfte men bygger i grund och botten på en kombination av den utformningsmetodik som Engström & Carlsson förespråkar i boken "Handbok för utformning av alternativa monteringsystem till konventionell linemontering" och som Olof Agervald beskriver i boken "Principer för utformning av monteringsystem".*

---

### 4.1 Bakgrund

Villkoren för varje monteringsystem varierar beroende på företag, produkt, tillverkningsvolym, resurser, systemutvecklare med mera. Utformningen av varje specifikt monteringsystem blir därför en unik process som tyvärr alltför ofta baseras på företagets traditioner och systemutformarnas erfarenheter. Företag anser sällan att utformningsprocessen är ett medel för att göra monteringsystemet så effektivt som möjligt och det utformas därför helt eller delvis utifrån intuition.<sup>132</sup> Eftersom det bästa tillfället att påverka monteringsystemet är under utformningsprocessen är det viktigt att stor vikt läggs på detta arbete. Faktum är att det ofta finns en större potential för kostnadsreduktion i utformningsprocessen av monteringsystemet än kostnadsreduktion för komponenter och utrustning.

I utformningsprocessen är målsättningen att utifrån givna villkor och tillgängliga resurser utforma det bästa möjliga monteringsystemet. Under utformningsprocessens gång görs därför valet av metod på två nivåer.

- Systemkonceptuell nivå – val av monteringsprincip, automatiseringsgrad, material- och produktflöde, typ av arbetsorganisation med mera
- Systemdetaljerad nivå – val av leverantörer, utrustning, arbetsmetod med mera

Valet av det fysiska innehållet under utformningsprocessen, till exempel val av verktyg och fixturer, styr kvaliteten på monteringsystemet. Även andra aspekter påverkas av vad som händer under utformningsprocessen, till exempel tiden det tar att utforma och bygga monteringsystemet som i sin tur kontrollerar produktionsstarten, produktens totala time- to-market och utvecklingskostnader. Om arbetet under utformningsprocessen utförs bristfälligt kan det uppstå problem i det fysiska monteringsystemet, exempel på sådana är:

- Implementeringsproblem
- Inkörningsproblem
- Produktionsstörningar
- Underhållsproblem
- Arbetsorganisationen är olämplig för det tekniska systemet
- Behov av kapacitetsförändring
- Behov av omedelbar teknisk och/eller arbetsorganisatoriska förändringar<sup>133</sup>

---

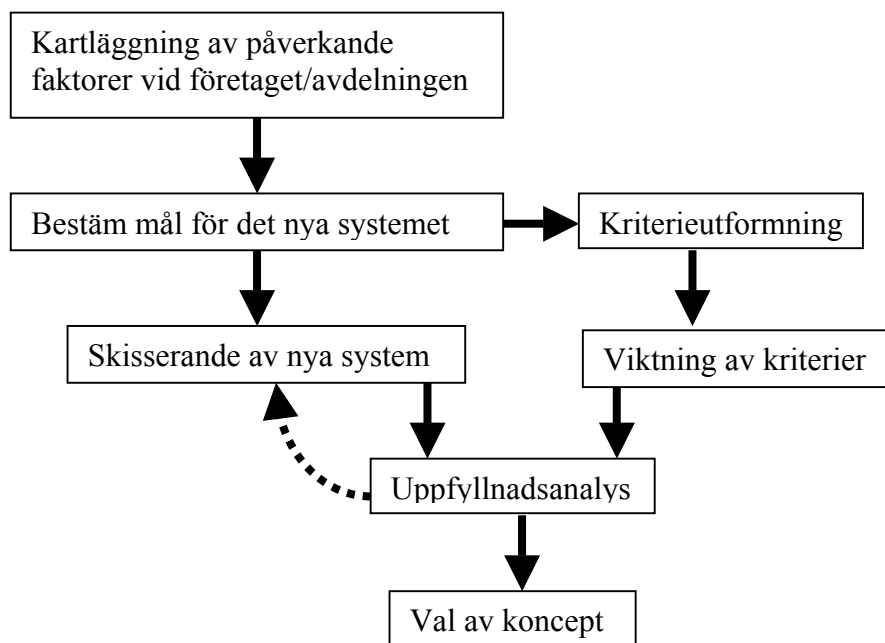
<sup>132</sup> Säfsten, 2002

<sup>133</sup> Bellgran, 1998

Johansson menar att en analytisk metod som baseras på en mängd matematiska formler tenderar att bli omöjlig att praktiskt tillämpa på grund av mängden variabler och osäkerheten att välja värden på de ingående variablerna.<sup>134</sup> Utvärdering anses tyvärr inte vara en naturlig del i utvecklingen av monteringsystem, det är därför svårt att veta om ett nytt monteringsystem ger ett bättre resultat än det befintliga.<sup>135</sup> Vidare är det ofta en omöjlighet att tillgodose samtliga intressenters krav, intressenterna har ofta motstridiga önskemål beträffande utformningen av monteringsystemet. Det system som bör väljas är det som på bästa sätt tillgodoser samtliga krav.<sup>136</sup>

#### 4.1.1 Utformningsmodellen

Ett monteringsystem kan byggas upp efter ett stort antal olika principer och att finna det för företaget optimala monteringsupplägget är mycket svårt, inte minst på grund av subjektiva uppfattningar om olika lösningsprinciper.<sup>137</sup> Författarna Engström och Karlsson har ett liknande synsätt som Agervald på hur utformningen av monteringsystem kan fortskrida och för att kunna genomföra en utformning i denna undersökning har en kombination av dessa metoder resulterat i följande utformningsmodell på systemkonceptuell nivå, se figur 4.1.



Figur 4.1 Utformningsmodellen

Det är viktigt att vara medveten om att modellen har begränsningar, till exempel kan inte subjektiva indata som viktsfaktorer och betyg omsättas till absolut sanna utdata. Det är dessutom svårt att jämföra poäng som bygger på ett relativt förhållande till antalet kriterier och sätta betyg. Då modellen ändå utnyttjas ökar chanserna betydligt att eliminera många av de misstag som annars skulle ha upptäckts på ett så sent stadium i utvecklingen att förändringar skulle bli mycket kostsamma. Det är alltså viktigt att tidigt identifiera de befintliga problemen när kostnaderna för att lösa dem fortfarande är låga. I utformningsprocessen bör man engagera så många som möjligt eftersom det då blir enklare att få gehör för idéer och förslag. Personer som står utanför processen tenderar att bli ”gnällspikar” och i ett senare skede påpeka alla tänkbara problem som berör utformningen.<sup>138</sup>

<sup>134</sup> Johansson, 1984

<sup>135</sup> Säfsten, 2002

<sup>136</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>137</sup> Johansson, 1984

<sup>138</sup> Engström & Carlsson, 1983



## 4.2 Kartläggning av påverkande faktorer vid företaget/avdelningen

Utformningen av ett monteringsystem sker inom vissa ramar som måste identifieras på ett tidigt stadium. Ett monteringsystem ska anpassas till de begränsningar som företaget och den avsedda lokalen i sig inhyser. De fyra huvudkategorierna som påverkar utformningen av monteringsystemet är produkten, lokalen, befintlig utrustning och personal. Samtliga faktorer förekommer inte på alla företag/avdelningar men det är viktigt att vara medveten om dem som existerar.<sup>139</sup>

### 4.2.1 Påverkande faktorer beträffande produkten

#### MODELLER OCH VARIANTER

Om flera modeller är avsedda att monteras i samma monteringsystem måste detta vara utformat så att ställtiderna blir minimala.<sup>140</sup> Vid omställning till nya produkter måste monteringsplatsen ofta riggas om vilket innebär att nya fixturer, monteringsutrustning, hjälpmedel med mera måste plockas fram och riggas upp. Skillnaderna hos de produkter som ska monteras avgör behovet av erforderliga fixturer och därför kan antalet omriggningar antas stiga vid sats- och fästyckstillverkning.<sup>141</sup> Det finns också en social aspekt beträffande skillnaden i monteringsstid mellan olika varianter. Montören kan glömma, eller vet inte, hur en lågfrekvent variant ska monteras, alternativt anstränga sig vid monteringen av den komplexa varianten och därefter slappna av vid en enklare variant.<sup>142</sup>

#### TILLVERKNINGSVOLYMER OCH PERIODICITET

Partistorlekar och deras återkommande periodicitet är av central betydelse för utformningen av ett monteringsystem. Vid kontinuerlig montering av en produkt används ofta en lina eller monteringsverkstad med avancerad utrustning som är anpassad till produkten. Satsmontering däremot medför att det inte finns ekonomiska förutsättningar för specifika linor med avancerad utrustning för varje enskild produkt. Produkterna får istället samköras i samma flöde eller verkstad. Utformningen av ett monteringsystem för satsmontering bör därför föregås av en analys av produktmixen med avseende på satsstorlekar och frekvens. Skulle det visa sig att någon produkt belägger systemet avsevärt mer än övriga produkter bör systemet främst anpassas för montering av denna. Detta måste dock ske med hänsyn till övriga produkter i produktmixen så att samtliga produkter kan monteras i systemet. Om produkternas satsstorlekar är små men ofta förekommande bör monteringsystemet utformas så att omriggningstiderna hålls nere.<sup>143</sup>

#### PRODUKTERNAS VOLYM OCH VIKT

Utformningen av arbetsplatser och transportutrustning i ett monteringsystem där flera olika produkter ska monteras styrs av produkterna med de minst gynnsamma egenskaperna beträffande volym och vikt. Dock är en förutsättning självklart att utrustningen ska kunna montera och transportera samtliga produkter. Förutom produkternas volym påverkar även utrymmesbehovet för monteringsutrustningen, monteringshjälpmedel och erforderligt åtkomstsvängrum monteringsplatsens utrymmesbehov.<sup>144</sup> Vid utformningen av monteringsfixturen är det väsentligt att analysera såväl basobjektet som hela produkten för att få en uppfattning om de krav som basobjektet/produkten ställer på fixturen. På samma sätt

<sup>139</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>140</sup> Ibid

<sup>141</sup> Agervald, 1980

<sup>142</sup> Engström, 1983.

<sup>143</sup> Agervald, 1980

<sup>144</sup> Ibid

ställer fixturen krav på basobjekt/produkt och dessa motriktade krav ställer i sin tur krav på samordningen mellan konstruktion av fixtur och basobjekt/produkt.<sup>145</sup>

### PRODUKTERNAS KOMPLEXITET

Förutom själva hopfogningen av produkten påverkar även systemets material- och produktionsstyrning monteringskomplexitet. Ett stort antal detaljer försvårar försörjningen med rätt detaljer till rätt monteringsstation, i rätt antal och vid rätt tidpunkt. En produkts antal arbetsoperationer för hopfogning ökar i allmänhet också med fler ingående detaljer.

Graden av komplexitet hos en produkt bestäms av:

- Produktens konstruktion, det vill säga antalet ingående komponenter
- Produktens montering, då hänsyn tas till antalet ingående arbetsoperationer samt deras svårighetsgrad
- Materialstyrningen som påverkas av antalet ingående detaljer samt svårigheterna med monteringsupplägget beträffande balansering med mera<sup>146</sup>

Säfsten menar att antalet ingående komponenter är den viktigaste faktorn vid bestämmandet av en produkts komplexitet. Hon kategoriserar produktkomplexitet med antalet ingående komponenter.

Grupp 1: Enkla produkter	< 31 komponenter
Grupp 2: Medelkomplexa produkter	31- 500 komponenter
Grupp 3: Komplexa produkter	> 500 komponenter

En komplex produkt med ett stort antal komponenter behöver nödvändigtvis inte betyda att monteringen blir komplex. En produkt med ett stort antal komponenter som monteras med ett antal delmontage innan slutmonteringen, resulterar ofta i en lägre nivå av monteringskomplexitet än vad antalet komponenter från början indikerade.<sup>147</sup>

### FLEXIBILITET

Flexibiliteten i ett system avser dess förmåga att anpassa sig till olika förändringar. Anpassningsförmågan för ett monteringsystem gäller främst att kunna hantera förändringar beträffande tillverkningsvolym och produktvarianter.

#### *Flexibilitet med avseende på förändrade tillverkningsvolym*

Då en större mängd produkter ska monteras i ett linjeflödessystem kan monteringstiden utökas genom fler skift. En annan strategi är att sänka cykeltiderna genom att monteringen delas upp på ett större antal arbetsstationer. Detta leder dock till att linjen måste balanseras om, de förkortade cykeltiderna kan även skapa andra problem såsom tidsförluster eller ergonomiproblem. Genom ombalansering eller produktion med lägre kapacitet än den maximala kan en anpassning mot lägre tillverkningsvolym utföras. Ett parallellflödessystem anpassas enklast efter tillverkningsvolymen genom att öppna respektive stänga dess parallella flöden beroende på om kapaciteten ska höjas eller sänkas. I parallellflödessystemet uppstår varken behovet av ombalansering eller förändring av arbetsmetoder.<sup>148</sup>

<sup>145</sup> Johansson, 1984

<sup>146</sup> Agervald, 1980

<sup>147</sup> Säfsten, 2002

<sup>148</sup> Engström & Carlsson, 1983

*Flexibilitet med avseende på olika eller nya produkter*

Montering av olika produkter i ett linjeflöde innebär ofta att linjen måste balanseras om mellan varje produktbyte. Alternativet är att produkten med längst stationstid avgör cykeltiden vilket orsakar balanseringsförluster när övriga produkter monteras. I ett parallellflödessystem är inte parallella flöden direkt beroende av varandra och då uppstår inte balanseringsproblem vid montage av flera olika produkter.<sup>149</sup> Produktion mot kundorder med fler produktvarianter förekommer i mindre seriestorlekar och huvudsyftet med detta är att undvika överflödigt lagerhållning. Ett produktionssystem med många produktvarianter kräver kort omställningstid från en variant till en annan. Om produkternas livslängd dessutom är begränsad måste monteringsystemet också vara så pass flexibelt att det kan anpassas efter nya produkter eller vara så pass billigt att det kan kasseras och ersättas av ett nytt.<sup>150</sup>

**FÖR- OCH SLUTMONTAGE**

Vid utformningen av ett monteringsystem är det viktigt att identifiera hur stor del av produkten som kan förmonteras. Normalt resulterar förmontage i kortare total monteringsstid, men på en alltför överdriven nivå kan förmontering ge negativa effekter, till exempel hög andel PIA.<sup>151</sup> En större andel förmonteringen förkortar slutmonteringen, vilket för många produkter är fördelaktigt.<sup>152</sup>

**TESTSTATIONERNAS LOKALISERING**

Vid förmontage bör test utföras i sista steget så att justering enkelt kan ske efter behov. Om teststationen är förlagd till slutmonteringen bör den ligga som sista station innan packning.<sup>153</sup>

**MONTERINGSRIKTNING OCH SEKVENSBUNDENHET HOS MONTAGET**

Om en monteringsriktning är olämpligt vald innebär det att objektet måste vändas, vilket både är tidskrävande och kräver utrustning. Om hopfogningsmetoden varierar kommer hanteringen av verktyg att öka, vilket orsakar hanteringsförluster.<sup>154</sup>

**KVALITETSKRAV**

Produkten kan ha kvalitetskrav i form av specifika egenskaper som ytbehandling, högspänningstest etcetera och systemet måste medge att dessa krav kan uppfyllas. För att kunna utföra kvalitetskontroll måste eventuellt mätutrustning tillföras.<sup>155</sup>

**4.2.2 Påverkande faktorer beträffande lokalen**

Bland de restriktioner som lokalen sätter på monteringsystemet återfinns pelarindelningen som begränsar placeringen av linorna samt hur materialförsörjningen kan skötas. Lokalens form har också betydelse, till exempel kan en rektangulär respektive kvadratisk lokal begränsa basobjektsflödet. För att kunna utnyttja plats intill väggar som transportgångar bör kontor och pausrum lokaliseras i utbyggnader. Lokalens antal plan samt takhöjden påverkar lagerhöjden och vissa transportanordningar. Ombyggnadstiden ger restriktioner på utformningen då den fortlöpande produktionen gör att lokalen endast kan byggas om under semestertid, förändringar måste därför ibland ske stegvis under flera år.<sup>156</sup>

---

<sup>149</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>150</sup> Schary & Skjøtt-Larsen, 2000

<sup>151</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>152</sup> Engström, 1983.

<sup>153</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>154</sup> Ibid

<sup>155</sup> Ibid

<sup>156</sup> Ibid

### 4.2.3 Påverkande faktorer beträffande befintlig utrustning

När ett nytt monteringsystem ska utformas måste ställningstagande göras till vilken teknik som är mest lämplig ur såväl produktionsteknisk som ekonomisk synvinkel. Valet innebär i första hand en avvägning mellan befintlig teknik och utvecklingen av ny och förbättrad teknik. Med teknik avses hopfogningsmetoder, transport- och arbetsplatsutrustning, monteringshjälpmedel, styrsystem et cetera.<sup>157</sup> Befintlig utrustning kan begränsa möjligheterna till ett effektivt flöde men om den ska flyttas eller skrotas måste en lägre produktionskostnad kunna betala denna.<sup>158</sup>

### 4.2.4 Påverkande faktorer beträffande personalen

Kvalifikationsnivån hos den tillgängliga personalen, både inom företaget och eventuella nyanställningar, påverkar utformningen av monteringsystemet. Det är till exempel enklare att utforma monteringsystemet mindre bundet då det finns tillgång till kompetenta montörer som kan utföra ett större antal kvalificerade arbetsmoment. Vid komplettmontering ökar behovet av kvalificerade montörer med produkternas komplexitet. Om montörerna inte har någon eller ringa utbildning och erfarenhet, kan en ökad automatisering eller finare uppdelning av monteringen bli nödvändig.<sup>159</sup> En lösning är att ge varje gruppmedlem en individuell utbildning och därefter låta var och en lära ut sina kunskaper till övriga gruppmedlemmar. Det är då viktigt att utbildningsnivån anpassas till personens arbetsuppgifter och att dessa begränsas till de mest nödvändiga.<sup>160</sup>

När många olika produkter monteras i ett och samma monteringsystem fordras att montörerna kan hålla isär arbetsmomenten som skiljer de olika produkterna åt. Montörernas kvalifikationer har alltså stor inverkan på systemets flexibilitet. Vid kontinuerlig montering nöts monteringscykeln in och är enklare att hålla i minnet eftersom arbetsmomenten är ständigt återkommande. Många olika produkter tillsammans med ett omfångsrikt innehåll i arbetscykeln innebär att det tar lång tid för montörerna att lära sig samtliga arbetsmoment. En annan viktig aspekt som inte får åsidosättas är att arbetsinnehållet, men vi hänvisar till kapitel tre för en utförligare beskrivning av detta.<sup>161</sup>

Montörernas varierande fysiska förutsättningar måste också beaktas vid utformningen av ett monteringsystem. Till exempel gör kvinnors lägre kroppsstyrka att lyfthjälpmedel i större utsträckning kan bli aktuellt. Monteringsystemet måste också utformas med hänsyn till montörernas individuella arbetstakt. Valet av monteringsystem påverkas även av arbetstidens form, det vill säga flextid, deltid, olika skiftsystem med mera. Monteringsystemets flexibilitet är ofta beroende av vilka arbetstidsformer som samtidigt kan tillämpas i systemet. Personalen har dessutom ofta önskemål om formen på arbetstiden och detta ska aldrig nonchaleras<sup>162</sup>

---

<sup>157</sup> Agervald, 1980

<sup>158</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>159</sup> Agervald, 1980

<sup>160</sup> Engström & Carlsson, 1983

<sup>161</sup> Agervald, 1980

<sup>162</sup> Engström & Carlsson, 1983

### **4.3 Bestäm mål för det nya systemet**

Eftersom ett monteringsystem ska utformas med utgångspunkt i företagets aktuella situation varierar målsättningen från företag till företag. Engström & Carlsson ger exempel på sex olika mål som är rimliga att uppnå med ett nytt monteringsystem.

- Lägre produktionskostnad än nuläge
- Möjlighet till kundorderstyrd produktion
- Flexibilitet beträffande produktionsvolym
- Meningsfulla arbetsuppgifter
- God ergonomi
- Fungerande arbetsorganisation

Ovanstående mål är översiktliga och måste brytas ned i delmål för att enklare kunna hanteras. Delmålen kan i sig vara av olika betydelse beroende på den funktion som det nya monteringsystemet ska fylla. En uppdelning som innebär att målen sorteras i kategorierna ”önskvärda mål” och ”måste- mål” kan vara av ekonomisk, teknisk, ergonomisk eller social karaktär. Vid utvecklingsarbetet gäller det att prioritera efter behov, vilket innebär att vissa önskvärda mål ibland måste prioriteras ner till förmån för måste- målen. Detta är ibland svårt och resultatet kan bli ett system som är mer flexibelt än vad som finns behov för. Av denna anledning kan utvecklingen av systemet också bli dyrare än nödvändigt. För att en framgångsrik utformning ska bli möjlig måste nedbrutna mål för monteringsystemet ställas upp på ett formellt sätt. Företagsledning, arbetsledare, verkstadsingenjörer, berörda montörer och fack bör därför på ett tidigt stadium sätta sig ned och förhandla fram dessa mål.<sup>163</sup>

### **4.4 Kriterieutformning**

Kriterieutformningen sker parallellt med skissningen av systemlösningar och för att erhålla en så allsidig kriteriesammanställning som möjligt bör en grupp med representanter från olika befattningskategorier utföra denna. Arbetsgruppen bör bestå av såväl produktionsledare, produktionstekniker, logistik, konstruktörer som montörer. Kriterierna som formuleras delas in i ekonomiskt kvantifierbara och icke- ekonomiskt kvantifierbara kriterier och ska helst inte vara för närbesläktade med varandra för att undvika snedbelastning i utvärderingen. Nedan ges exempel på ett antal ekonomiskt kvantifierbara kriterier.

- Arbetsplatsutrustning
- Materialhanteringsutrustning
- PIA
- Arbetsstyrka
- Antal skift

Icke- ekonomiskt kvantifierbara kriterier innebär att den ”ekonomiska nyttan” inte är möjlig att kvantifiera. Dessa faktorer kan delas in i produktionstekniskt beroende respektive individberoende kriterier och exempel på dessa ges nedan.

Produktionstekniskt beroende kriterier

---

<sup>163</sup> Engström & Carlsson, 1983

- Flexibilitet med avseende på ändrade tillverkningsvolym
- Flexibilitet med avseende på förändring av produkt/variant
- Effektivt monteringsflöde

#### Individberoende kriterier

- Möjlighet till arbetsutvidgning
- Varierande arbetsinnehåll
- Ergonomi<sup>164</sup>

### 4.5 Skisserande av nya system

Det ställs tekniska, ekonomiska och sociala krav på det nya monteringsystemet och dessa överlämnas till utformningsgruppen monteringsystemet. Utformningsgruppen utvecklar därefter ett stort antal förslag som i största möjliga mån ska uppfylla intressentkraven. För att inte utvecklingsarbetet ska begränsas av de mål som ställs upp är det viktigt att skisserande av nya idéer sker parallellt med kriterieutformningen. Eftersom kostnaderna för att skissera principlösningar är relativt låga kan utformningsgruppen kosta på sig att låta idéerna flöda och använda såväl konventionella som okonventionella upplägg. Förslagen kan visualiseras i en modell för att visa hur monteringslinan kommer att fungera flödesmässigt och ur arbetsorganisatorisk synvinkel.<sup>165</sup>

### 4.6 Viktning av kriterier

För att det ska vara möjligt att ge de icke- ekonomiskt kvantifierbara kriterierna ett inbördes förhållande efter graden av angelägenhet genomförs en viktning av de olika kriterierna. Viktningen är också nödvändig för att en jämförelse mellan de olika systemlösningarna skall vara möjlig. Vid viktningen av kriterierna finns ett antal metoder att tillgå, till exempel viktning efter en skala 1- 10 beroende på kriteriets angelägenhetsgrad. Denna metod kräver dock god omdömesförmåga eftersom differensen mellan två kriterier av olika angelägenhetsgrad är svårt att uppskatta. En enklare metod som eliminerar svårigheten att välja riktiga viktsfaktorer är viktning genom parvis jämförelse. Kriterierna ställs upp i en matris där respektive kriterium ges både rad och kolumn och varje kriterium jämförs en gång med varje annat kriterium. Det kriterium som anses viktigast erhåller 2 poäng och det ”förlorande” kriteriet erhåller 0 poäng. Skulle de två kriterierna anses vara lika viktiga erhåller båda kriterierna 1 poäng vardera. När en parvis jämförelse är utförd summeras poängen i varje kriteriums matrisrad och denna summa utgör kriteriets vikt, se figur 4.2.

Kriterium	1	2	3	4	5	6	Viktsfaktor
1 Flexibilitet m a p tillverkningsvolym		2	1	2	2	1	8
2 Flexibilitet m a p produkt/variant	0		2	2	1	0	5
3 Monteringsflöde	1	0		2	2	1	6
4 Arbetsutvidgning	0	0	0		1	0	1
5 Arbetsinnehåll	0	1	0	1		0	2
6 Ergonomi	1	2	1	2	2		8

Figur 4.2 Exempel på beräkning av viktsfaktorer

<sup>164</sup> Agervald, 1980

<sup>165</sup> Engström & Carlsson, 1983

För att viktfordelningen bli rättvisande bör gruppens samtliga medlemmar först genomföra viktningen individuellt, därefter sammanställs den slutgiltiga viktningen. På detta viset får alla medlemmar möjlighet att hävda sin åsikt. För de kriterier som har stora skillnader i bedömningarna genomförs en diskussion där var och en motiverar sin åsikt och förhoppningsvis ska detta leda fram till en rättvisande viktsfördelning.<sup>166</sup>

#### 4.7 Uppfyllnadsanalys

I uppfyllnadsanalysen värderas de framtagna systemalternativen med utgångspunkt från de formulerade kriterierna. Ekonomiskt kvantifierbara kriterier behandlas på traditionellt sätt med hjälp av investeringskalkyler medan icke- ekonomiskt kvantifierbara kriterier utvärderas med hjälp av betygssättning. Här bedöms hur väl systemlösningarna uppfyller respektive kriterium genom att ge dem betyg enligt skalan 1- 10. På samma sätt som för viktningen bör betygssättningen först utföras individuellt, därefter kan diskussioner leda fram till en rättvis bedömning av betygssättningen.

Efter betygssättningen multipliceras betyget med viktsfaktorn och produkten av detta utgör en delpoäng. Delpoängen summeras därefter och den totala summan utgör systemlösningens relativa uppfyllnadspoäng av ställda kriterier enligt figur 4.3. Resultatet av de olika systemlösningarnas uppfyllnadspoäng sammanställs därefter lämpligen i ett överskådligt diagram. Det systemförslaget som uppnår högst uppfyllnadspoäng är bäst anpassat till de kriterier som ställts upp.

Kriterium	Viktsfaktor	System 1		System 2	
		Betyg	Delpoäng	Betyg	Delpoäng
Flexibilitet med avseende på tillverkningsvolym	8	4	32	7	56
Flexibilitet med avseende på produkt/variant	5	8	40	3	15
Monteringsflöde	6	3	18	9	54
Delsumma			<b>90</b>		<b>125</b>
Arbetsutvidgning	1	3	3	5	5
Arbetsinnehåll	2	5	10	8	16
Ergonomi	8	9	72	1	8
Delsumma			<b>85</b>		<b>29</b>
<b>Monteringsystemets uppfyllnadspoäng</b>			<b>175</b>		<b>154</b>

Figur 4.3 Exempel på beräkning av uppfyllnadsgrad<sup>167</sup>

#### 4.8 Val av koncept

Utgångspunkten för valet av systemförslag blir resultatet i uppfyllnadsanalysen. Beslutet ska dock inte enbart grunda sig på resultatet av uppfyllnadsanalysen utan måste, för att bli ett komplett investeringsbeslut, även ta hänsyn till ett antal yttre faktorer som nämns nedan.

- Teknisk utveckling
- Marknad
- Finansieringsmöjligheter

<sup>166</sup> Agervald, 1980

<sup>167</sup> Ibid

- Företagsstrategi
- Interna policybeslut

I de fall då alternativen är otillräckliga eller behöver kompletteras innan ett beslut fattas finns möjligheten att skissera nya systemförslag. Det är dock viktigt att även dessa alternativ genomgår en uppfyllnadsanalys. För att valet av koncept ska bli rättvisande måste även de ekonomiskt kvantifierbara kriterierna vägas in i de situationer som de utgör en tydlig skillnad.<sup>168</sup>

---

<sup>168</sup> Agervald, 1980



## 5 Empiri

*Kapitlet inleds med en allmän beskrivning av Produktverkstad B och produkterna som tillverkas där. Därefter beskrivs hur monteringsystemet är uppbyggt, på PVB i sin helhet och i synnerhet inom de tre utvalda monteringslinor som genomgår en djupare undersökning. De senare avsnitten beskriver de processer som påverkar det kontinuerliga arbetet och behandlar materialförsörjning, arbetsorganisation och ergonomi.*

### 5.1 PVB

PVB är en av fem produktverkstäder på ITT Flygt i Emmaboda och monterar pumpar till framförallt byggnads- och gruvinindustrin. Sortimentet består av Ready- och Bibo- serierna och varierar i såväl material, vikt och kapacitet som användningsområde. PVB monterar 22 olika modeller som omfattas av totalt 31 versioner<sup>169</sup> och monteras i en eller flera varianter som till exempel lågtrycks-, mellantrycks-, högtrycks- och superhögtryckspumpar. Ytterligare uppdelning görs dessutom i olika kombinationer av spänning, frekvens och faser. Pumparna är uppbyggda enligt ett modulsystem som visar vilka kombinationer som är möjliga. Det stora antalet varianter är en följd av att PVB tillgodoser det globala behovet av pumpar där många olika krav och önskemål ställs på pumparnas egenskaper och prestanda. För att PVB ska kunna er hålla tillräckligt höga tillverkningsvolymmer måste de kunder som vill ha enklare och standardiserade produkter kunna få detta. Samtidigt vill PVB behålla de kunder som vill ha kundanpassade produkter och är redo att betala för den extra kostnaden som det medför.

Pumparna monterades ursprungligen enligt löpandebandprincipen där färdigmonterade pumpar transporterades med conveyor till en gemensam provningsanläggning och vid godkänt test, vidare för packning och leverans. Idag monteras pumparna på 10 stycken monteringslinor där olika slutmonteringsätt nyttjas beroende på pumpens egenskaper och utformning. Totalt arbetar 19 män och 6 kvinnor på monteringsavdelningen inom PVB och varje enskild montör är ansvarig för sin egen pumporder genom hela monteringsförloppet. Monteringen sker på ett antal stationer inom en monteringslina som vanligtvis bemannas med två till fyra montörer och batchens storlek bestäms efter vilken pump som monteras samt orderstorleken. Merparten av de ingående artiklarna i PVB:s produkter köps in från externa leverantörer efter en prognos som uppdateras kontinuerligt under året. Undantaget är ett fåtal artiklar som tillverkas/bearbetas på enhetsmonterings- och bearbetningsavdelningen.

Målsättningen beträffande leveranssäkerhet är för Flygt 95 % men ligger i dagsläget på mellan 85 och 90 % främst beroende på logistikproblem. Eftersom PVB:s åtaganden upphör när pumpen är packad och färdig för utleverans används, istället för leveranssäkerhet, begreppet packningsservicegrad och denna ligger på 97- 98 %. En försening från PVB beror oftare på en försening från leverantör snarare än en kapacitetsbrist hos PVB. Uppskattningsvis beror mindre än 5 % av PVB:s förseningar till kund på brister i PVB, resterande förseningar har uppstått efter det att PVB har lämnat ifrån sig pumpen.

#### 5.1.1 Produkterna

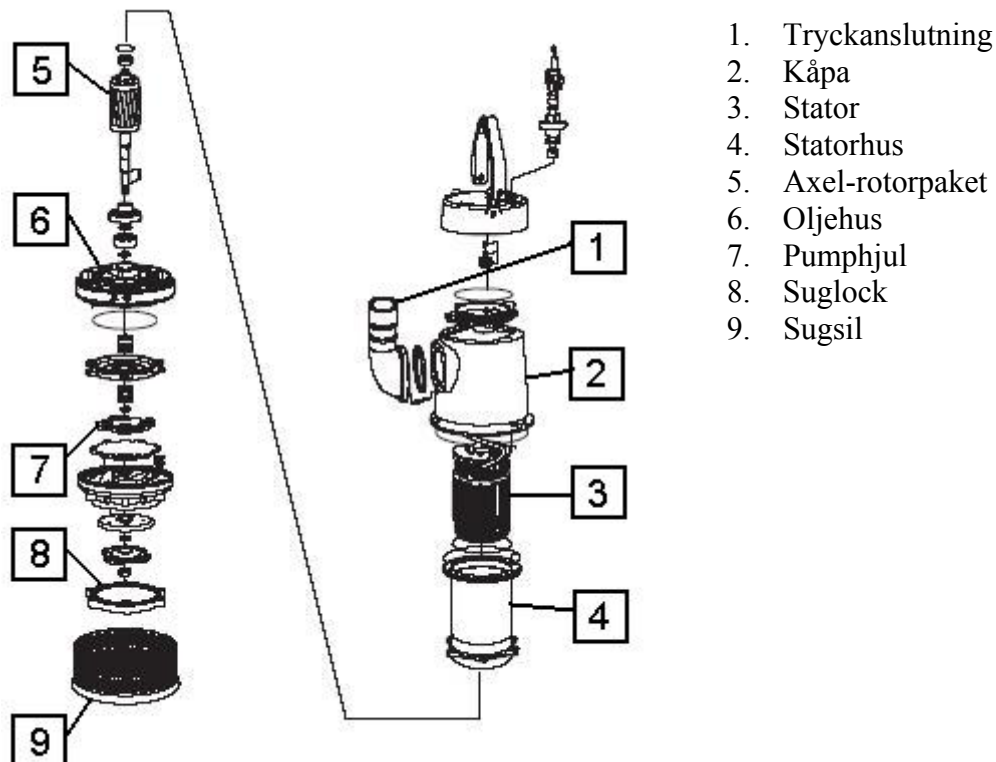
Sortimentet kan som ovan nämnts delas in Ready- och Bibo- pumpar och benämns B-pumpar. Båda pumptyperna hör till Flygts lättare sortiment men skiljer sig åt beträffande användningsområde och marknad. Bibo- pumparna levereras ofta för fast installation och säljs

<sup>169</sup> På varje modell finns ofta flera versioner beroende på om de är explosionssäkra och på tillverkningsmaterial.

på offert till företag inom bygg- och gruvbranschen medan Ready- pumparna är lätta att förflytta och avsedda för enklare applikationer såsom för räddningstjänst eller dylikt. Historiskt sett har B- pumparnas komponenter konstruerats unikt för B- pumparna, likadant gäller för övriga produktverkstäders pumpar. Detta betyder att snarlika detaljer som skulle kunna användas gemensamt med andra produkter är unika för B- pumparna, till exempel tätningar och kabelgenomföringar. Tanken med en gemensam detaljkonstruktion har funnits i företaget under en längre tid, men ingen har gjort ”slag i saken”.

### SÅ FUNGERAR EN PUMP!

Även om PVB:s pumpar utformas i olika storlekar och material beroende på användningsområde är alla pumparnas strukturella uppbyggnad relativt lika, se figur 5.1. De dränkbara pumpar som monteras på PVB fungerar översiktligt på så sätt att en stator (spole) genererar ett magnetfält som gör att en axel (fast magnet) roterar (principutformning för en elmotor). Statorn sitter i ett statorhus som i sin tur täcks av en kåpa. På den roterande axeln sitter ett pumphjul som i och med sin rotation pressar ut vattnet mellan kåpan och statorhuset. Vattnets enda väg ut är uppåt mot tryckanslutningen som kopplas till en slang. Pumpens prestanda avgörs därefter genom dimension, material och kvalitet på ingående artiklar.



Figur 5.1 Sprängskiss av Bibo- 2125

### BIBO- SERIEN

Flygts länsmpumpar är byggda för att pumpa vatten och andra vätskor med hög koncentration av slitande föroreningar som till exempel lera och sand vid större byggnationer, gruvarbeten eller snarlika miljöer. Pumparnas hårda användningsområden kräver att pumphjulen och andra ingående artiklar tillverkas av ett slitstarkt material. Pumparna, som började produceras 1948, hör till Flygts mindre produktserie och levereras i fyra olika material: Aluminium, gjutjärn, rostfritt stål och aluminiumbrons. År 2003 producerades över 13000 pumpar i olika modeller

som markant skiljer sig åt beträffande material, vikt, storlek och kapacitet. Bibo- pumparna har en effekt på upp till 90 kW och pumpar 300 liter per sekund med en tryckhöjd upp till cirka 80 meter. I en Bibo- pump ingår omkring 120 olika komponenter. Monteringstiden för en Bibo- pump kan enkelt beskrivas vara fördelad på en tredjedel elkoppling, en tredjedel trimning och en tredjedel ”vanlig” montering. Det tar runt två timmar att montera en genomsnittlig Bibo- pump men monteringsstiden skiljer sig avsevärt beroende på vilken typ av modell och version som ska monteras.

#### READY- SERIEN

Ready- pumparna är mindre läns-pumpar avsedda för enklare användning på till exempel byggarbetsplatser, industrier, och för uthyrningsföretag som hyr ut dem till byggföretag et cetera. Pumparna har tillverkats sedan 1996 och varje år produceras runt 10000 pumpar på i huvudsak en lina. Ready- serien var från början avsedd att vara ett billigare alternativ till Bibo- pumparna och tanken var att det till merparten av alla Bibo- pumpar skulle finnas en kompletterande Ready- pump. Ready- pumparna är i sin konstruktion trimfria vilket innebär att pumphjulet inte behöver justeras för att ändra prestandan och har därför kortare monteringsstid. Efterfrågan på några av modellerna har dock varit låg och har därför börjat fasas ut ur produktfloran. På grund av förändringarna i sortimentet beaktar vi i undersökningen endast de tre pumptyperna Ready 4, 8 och 12 som benämns efter respektive motors effekt.

Ready- pumparna har runt 75 ingående artiklar, pumpar upp till 12 liter per sekund och kan nå en tryckhöjd på upp till 22 meter. Pumparna väger mellan 9- 11,5 kg men till Ready 12 medföljer ett 3 kg tungt startskåp. Ready 4 och 8 är ITT Flygts minsta pumpar storleks- och viktmässigt och saknar motsvarigheter i Bibo- serien. Ready 12 liknar i alla avseenden Ready 8 men är försedd med en starkare motor och ett tillhörande startskåp. Ready 12 är en relativt ny pump som ännu inte tagit några marknadsandelar men anses ha potential i framtiden. Alla Ready- pumpar är tillverkade i kompositmaterial och rostfritt stål och är anpassade för att kunna arbeta i en tämligen hård miljö.

## **5.2 Monteringsystem**

PVB och de flesta andra produktverkstäderna på ITT Flygt i Emmaboda monterar pumparna på monteringslinor. Alla linor är individuellt anpassade efter de modeller som tillverkas där och om en viss pumpmodell behöver tillverkas med större volym roterar montörerna mellan linorna. Växling är också ett sätt för PVB att säkerställa kompetensen inom avdelningen. På PVB består de tio linorna av ett antal stationer där del- och slutmontage, provning samt packning utförs. Stationerna ligger på monteringslinan och varierar i antal beroende på utformningen av linan och vilken pumpmodell som monteras. Gemensamt för samtliga monteringslinor i monteringsystemet är att utrymmet är litet och att alternativen för monteringsupplägg därför begränsas. På varje lina monteras minst två modeller som skiljer sig åt beträffande utförande i såväl montering som prestanda. Omställningstiden mellan olika pumpar inom en lina betraktas som obefintlig eftersom den enda skillnaden är artiklarna som ingår i pumpen. Den enda omställningen berör testprogrammen för provtryckning och eltest, vilka tar ringa tid i anspråk. Fixturerna påverkas inte av omställningen eftersom alla basobjekt som monteras på samma lina är av samma storlek. När en montör lämnar arbetsplatsen ska vederbörande markera på monteringskortet vilket moment som senast genomfördes. Tanken är att om denna montör inte är närvarande dagen efter ska en annan montör kunna veta var i monteringsprocessen som pumpen befinner sig.

### 5.2.1 Monteringsprocess

Nedan följer en kort beskrivning av pumparnas gemensamma delmoment som ingår i monteringsprocessen.

#### STATION 1 – STATORKRYMPNING

Statorkrympningen är ett delmontage där statorn placeras i ett statorhus av metall för att skyddas mot vatten och kunna fixeras i pumpen. Detta delmontage kan utföras på två olika sätt, antingen genom uppvärmning av statorhuset eller genom pressning av statorn i statorhuset. Vid tillvägagångssättet värmning hettas statorhuset upp med hjälp av gasolbrännare, värmeugn eller genom elektromagnetisk induktion så att det expanderar och statorn kan sättas på plats. Efter upphettning åtgår en del tid för avsvälning. Antingen kyls statorpaketet i ett kylaggregat eller monteras pumparna med en sådan cykeltid att montörerna utför uppvärmningen åt nästkommande montör så att statorpaketet hinner svalna. Om statorn monteras på fel sätt måste statorpaketet återupphetas för att statorns position ska kunna justeras. Vid den andra metoden, pressning av stator i statorhus, placeras statorn och statorhus i ett stativ och statorhuset pressas sedan ner över statorn. Metoden med pressning utnyttjas alltmer i produktionen med motiven att den både är snabbare, ger bättre arbetsförhållanden och inte kräver avsvälning. Pressning kan dock inte alltid tillämpas eftersom statorhusen och statorernas konstruktion ibland inte är anpassade för metoden. Vissa material tillåter heller inte pressning eftersom de skrynklar sig, vilket till exempel är fallet med aluminium.

#### STATION 2 – MONTAGE AV AXEL - ROTORENHET

Axeln som skall placeras i statorpaketet monteras oftast separat på en fixtur som är anpassad till samtliga axlar på varje monteringslina. På rotern monteras bland annat kullager, lagerlock, tätningsenhet, O- ringar och lagerhus.

#### STATION 3 – SLUTMONTERING

Axeln monteras i statorpaketet antingen vid stationen för slutmontering eller i ett tidigare skede. Vid slutmonteringen sker större delen av monteringsarbetet och denna är utformad på olika sätt för de flesta linorna inom PVB. Pumparna monteras från båda hållen och måste ibland vändas flera gånger under monteringen. Efterhand som monteringen fortskrider hämtas alla ingående delar ur plocklagret i pallställen vid sidan om linan. I vissa fall måste artiklarna hämtas med truck från ett lager som är beläget på avstånd från linan.

Axel- och statorpaketet monteras i en uppochnervänd kåpa som sitter på en fixtur eller ett lyftbord. Innan pumpen vänds monteras lagerhuslock, ledskeneskiva, ledskenedel, pumphjul, suglock samt en sugsil på basobjektet. När pumphjulet monteras på basobjektet ska avståndet mellan suglock och pumphjul optimeras för att uppnå kraven på pumpen. Justeringen av detta avstånd kallas trimning och utförs varje gång en Bibo- pump monteras. För att justera pumphjulet används metallbrickor och det krävs ibland ett flertal justeringar.

När pumpen till stor del är färdigmonterad trycktestar montören utrymmet för olja för att försäkra sig om att inte oljehuset läcker olja in i motorn eller ut i pumphuset, täthetsprovet sker automatiskt med antingen undertryck eller övertryck. Vid godkänt täthetsprov fylls oljehuset upp med på förhand anpassad mängd olja, vilket sker med en knapptryckning som startar processen. Ibland måste pumpen dock roteras eller vändas på grund av att skruven för oljepåfyllning är olämpligt placerad på oljehuset.

#### STATION 4 – HÖGSPÄNNINGSTEST

Samtliga pumpar måste genomgå ett högspänningstest där montören kontrollerar att motorn roterar åt rätt håll och att elektriska funktioner är intakt samt att pumpen inte är strömförande. Idag sker dessa tester manuellt direkt på statorledarna i slutmonteringen men i skrivandets stund införs provhytter där högspänningstestet utförs automatiskt inom ett avgränsat område. För att öka säkerheten kommer testförfarandet senareläggas och utföras precis innan leveransprovningen. Senareläggningen av testet innebär att eventuella fel kommer ta längre tid att åtgärda, men man anser att det är värt den extra tid som åtgår eftersom testet blir mycket säkrare för montörerna.

#### STATION 5 – LEVERANSPROVNING

När pumpen är färdigmonterad leveransprovns den som en försäkring för att den ska fungera i drift. Nästan alla linor har en egen provningsanordning i anslutning till linan, men i de fall en sådan inte finns måste montören transportera pumpen till annan lina för provning. Eftersom Ready- seriens monteringsproces betraktas som säker testas endast en pump per batch medan samtliga pumpar i Bibo- serien provas. Leveransprovning utförs i de flesta fall av samma montör som monterat pumpen. Anledningen till detta är att montörerna föredrar att själva prova den pump som de har monterat och att det dessutom uppfattas vara det mest effektiva sättet att genomföra leveransprovningen. Tidigare utfördes leveransprovningen centralt för samtliga pumpmodeller, men eftersom detta då var en flaskhals decentraliserades leveransprovningen. En annan anledning till att leveransprovningen strukturerades om är att produkterna är förhållandevis lätthanterliga. Detta sker också i enlighet med produktverkstadens strävan efter att låta montörerna ha fullt ansvar för pumpen inklusive leveransprovning och packning. En generell åsikt bland samtliga respondenter är att kvaliteten främjas av att varje montör kontrollerar sin egen pump.

Vid leveransprovning provas pumpen nedsänkt i vatten vid minst tre olika driftpunkter; stängd ventil, området för maximalt effektuttag samt området för öppen ventil. Provnings jämförs med Flygt Performance Curve (FPC), en kravkurva enligt ISO standard som omfattar test av tryck, flöde, inmatad effekt och ström vid specificerad spänning. Förutom detta kontrolleras även att pumpen inte överskrider märkström och/eller märkeffekt vid någon av de punkter som provas. När samtliga krav är uppfyllda kvitterar den ansvarige montören tillverkningskortets kontrollruta. Uppfylls inte samtliga krav justeras pumpen av montören som monterat denna. Om en pump av någon anledning inte godkänns på leveransprovningen och montören inte hinner åtgärda denna innan utleverans, monteras en ny pump. Om fel uppstår som montören själv inte kan åtgärda finns alltid möjligheten att rådfråga experthjälp i form av kvalitetspersonal och produktionstekniker. Eftersom montören monterar sin egen pump vet han/hon oftast vad felet beror på och kan själv åtgärda detta. De systematiska felena diskuteras på samrådsmöten som hålls var fjärde vecka.

Idag sker all provning manuellt vilket innebär att montören aktivt sköter leveransprovningen genom att ändra flödet vid de olika driftpunkterna. Leveransprovningen är dock på väg att automatiseras så att ett knapptryck blir tillräckligt för att genomföra varje prov. Till varje pump medföljer ett monteringskort med streckkod som avläses och berättar för testapparaturen vid vilken spänning och tryck som testet ska utföras samt vilken kurva testet ska jämföras med. Tiden för leveransprovningen kommer vid automatiserad provning uppskattningsvis att reduceras med 4- 5 minuter per pump.

## STATION 6 – RAPPORTERING OCH PACKNING

Rapportering sker efter färdigställandet av varje pump och då räknas ingående material av från lagersaldot. Undantaget är pumptyperna Ready 4/8/12 där rapportering sker efter varje batch vilken oftast består av tre till sex pumpar. Det sker ingen delrapportering under monteringen, om pumpen av någon anledning inte färdigställs rapporteras den heller inte och materialet finns alltså kvar i saldot. När pumpen rapporterats skrivs packningsetiketter automatiskt ut, varefter pumpen märks med etiketter och varningstext. Efter det packas pumpen ned i en låda av trä eller wellpapp med eventuella tillbehör, med pumpen följer även en bruksanvisning för respektive land och ett personligt kort som berättar för kunden vem som har monterat pumpen. Idag sampackas inga orders vilket innebär att såväl slutmonterade enstycksorders som flerstycksorders placeras i anslutning till linan, färdiga för utleverans.

### 5.2.2 Slutmonteringsupplägg

Som tidigare nämnts förekommer flera typer av slutmonteringsupplägg, det vanligaste är arbetsplatser med höj- och sänkbara bänkar som är utrustade med ett antal fasta fixturer. Ibland sker slutmonteringen på vagnar som utrustas med en eller två roterbara fixturer, men då påbörjas slutmonteringen tidigare än vid montering på bänkar. Montering sker också på pelarstativ med en fixtur på vardera sidan om en höj- och sänkbar pelare. Fixturerna kan automatiskt roteras så att pumpen blir mer lättåtkomlig för montören. Det fjärde alternativet som används vid slutmonteringen är lyftbord som är fixerade i golvet. Monteringen sker utan fixturer med pumpen stående på lyftbordet och den vänds med hjälp av travers. Det förekommer även kombinationer av dessa metoder. En stor andel av montörerna upplevs vilja behålla bänkmonteringen eftersom de då har sin egen arbetsplats och kan arbeta i sitt eget tempo. I jämförelse med montering på en vagn slipper man känna sig ”jagad”. Flera av montörerna har dock aldrig monterat enligt detta upplägg och jämför därför detta med löpandebandet där alla är tvungna att arbeta i samma takt.

### 5.2.3 Utveckling av monteringsssystem

Idag genomförs utformningen av nya monteringslinor i projektform av en produktionstekniker tillsammans med en eller flera erfarna montörer. Eftersom montörerna ska arbeta vid dessa arbetsplatser anses delaktighet vid utformningen vara en självklarhet bland montörerna. I samband med utformningen studerar projektgruppen Flygts övriga produktverkstäder och hur deras montering av liknande komponenter utförs. Erfarenhet anses vara den viktigaste egenskapen vid utformningen av ett nytt monteringsssystem. En fysisk uppbyggnad av en provisorisk monteringslina sker i en extern lokal. När linan ur flödesmässigt och ergonomiskt perspektiv bedöms fungera väl, förflyttas linan till monteringshallen. Målsättningen vid utformningen är att man i monteringsprocessen undviker alla moment som inte tillför något värde för kunden, till exempel demontering av produkter och söka efter material eller verktyg.

När ett nytt monteringsupplägg utvecklas är tidsbristen ofta det största problemet. Produktspecifikationen förändras kontinuerligt under utvecklingsprocessen, ofta på grund av bristfällig marknadsundersökning vilket orsakar problem för utformningen av monteringsssystemet. När en ny lina utformats och monteringen påbörjats dröjer det ofta en tid innan förbättringsförslag lämnas in. Det uppges vara viktigt att göra rätt från början men det finns alltid ”barnsjukdomar” i alla monteringsupplägg. Ombyggnad av linorna kan ske när som helst under året, ofta monteras lagerpumpar som täcker efterfrågan under den period som byggnationen sker. I största möjliga mån eftersträvar PVB att behålla befintlig utrustning vid förändring av en monteringslina.

För att i undersökning kunna genomföra utformningen enligt den modell som beskrivs i kapitel 4, har en insamling av individuella åsikter angående kriterieviktningen från personal inom PVB genomförts och resultaten redovisas i bilaga 3.

#### LOKALENS FYSISKA BEGRÄNSNINGAR

Byggnaden i vilken PVB monterar sina pumpar är den verkstad där samtliga pumpar i Flygts sortiment ursprungligen monterades. Verkstaden byggdes för ungefär femtio år sedan och är anpassad efter den tidens behov och förutsättningar. Byggnadens fysiska egenskaper utgör därför begränsningar både beträffande ergonomi och utformning av olika monteringsupplägg och layouter.

Byggnadens takhöjd är relativt låg, vilket innebär att *djuplagret* har placerats under den del av taket som är något högre än resterande delar av lokalen. Pelarraden som löper längs med lokalen utgör en begränsning beträffande produktverkstadens layout. Pelarna innebär att linorna inte kan placeras fritt efter egna önskemål utan måste förläggas vinkelrätt mot långsidan av byggnaden. Vidare är lokalen ytmässigt otillräcklig, vilket innebär att linorna har pressats ihop och att gångbredden i lokalen inte uppfyller de krav som ISO- certifieringen ställer.

#### 5.2.4 Nya Bibo- serien

Många av pumparna i dagens Bibo- sortiment kommer efterhand att fasas ut och ersättas av en ny Bibo- serie. Även om varje ny Bibo- modell fortfarande kommer att utföras som hög- och mellantryckspumpar ersätter den fem till sex nuvarande pumpvarianter. Den huvudsakliga skillnaden ligger i att antalet komponenter kommer att reduceras från cirka 120 till 70 vilket är en följd av att många detaljer som i det nuvarande sortimentet är separerade sitter i det nya systemet ihop som moduler. Reduktionen av artiklarna förkortar monterings tiden från cirka 2,5 timmar till ungefär 1,5 timmar. Den nya Bibo- serien är dessutom trimfri eftersom konstruktionen inte tillåter att pumphjulet placeras längre ner än mot botten på oljehuset. Konstruktionen är alltså anpassad för att montören inte ska kunna göra fel. Den tid som idag fordras för att montera pumphjulet inklusive trimning, kommer uppskattningsvis reduceras med 60 % när trimningen elimineras. En annan fördel med det nya Bibo- sortimentet är att anslutningsanordningen vid leveransprovet är anpassad för samtliga pumptyper. Leveransprovet planeras i framtiden att, precis som i nuläget, utföras av varje enskild montör. Samtliga pumpar kommer att leveransprovas, men om processen kan konstateras vara säker kommer leveransprovet att ske mindre frekvent.

I framtiden kommer ett antal komponenter att kunna användas gemensamt för B- och C-pumpar<sup>170</sup> samt mixers<sup>171</sup>. Framför allt gäller detta statorer och statorhus men även i viss utsträckning tätningar och kabelgenomföringar. De nya Bibo- pumparna har ungefär samma diameter och effekt men en annorlunda konstruktion med effektivare lösning tvingar montören till en mer sekvensbunden montering. Dessa pumpar monteras till skillnad från det nuvarande sortimentet endast från ett håll och pumparna behöver därför inte vändas vid påfyllning av olja. Genom en effektivare användning av direkt arbetstid ska den smartare lösningen göra att standardkostnaden blir lägre och att nya marknadsandelar på så sätt kan vinnas.

<sup>170</sup> C- pumpar benämns den produktserie avloppspumpar som monteras på produktverkstad C och S

<sup>171</sup> Mixerpumparna är omrörare som monteras på produktverkstad X

## 5.3 Monteringsystem Lina 39

### 5.3.1 Produkterna

På monteringslina 39 tillverkas Ready- pumparna 4, 8 och 12, samtliga utrustade med enfasmotorer. Pumparnas respektive vikt och genomsnittlig monterings tid redovisas i figur 5.2 och tillverkningsvolymerna för åren 1998 till 2003 i figur 5.3.

Produkt	Vikt (kg)	Genomsnittlig monterings tid (min) <sup>172</sup>	Övrigt
2004.210	9	41,58	
2008.210	11.5	41,58	
2012.210	14.5	55,73	Startskåp ingår

Figur 5.2 Vikt och genomsnittliga monterings tider för pumparna på lina 39

Produkt	1998	1999	2000	2001	2002	2003 (prognos)
2004.210	5136	4920	6366	6629	5685	5500
2008.210	3184	3476	3755	3781	3791	3500
2012.210	-	-	-	-	55	400
<b>Totalt</b>	<b>8320</b>	<b>8396</b>	<b>10121</b>	<b>10410</b>	<b>9476</b>	<b>9400</b>

Figur 5.3 Tillverkningsvolymerna under åren 1998- 2003 för pumparna på lina 39

Det är i sammanhanget värt att nämna att marknadsavdelningen på ITT Flygt, tack vare nya försäljningsmetoder, förutspår ökad efterfrågan av Ready- pumparna. Detta kommer dock inte visa sig i några prognoser förrän om tidigast ett år.

### 5.3.2 Monteringsupplägg

Slutmonteringsstationen utgörs av fyra arbetsplatser med höj- och sänkbara monteringsbänkar som vanligtvis bemannas med fyra montörer med ett mål att per montör montera 12 pumpar om dagen. Bänkarna är utrustade med 6 monteringsfixturer där pumparna monteras uppochner vända. Statormonteringen liksom axelmonteringen sker på separata bänkar i anslutning till de fyra monteringsbänkarna.

Det ursprungliga monteringsupplägget var en form av löpandeband där 4- 5 montörer skulle arbeta vid stationer och endast utföra ett moment vardera. Detta förslag avfärdades dock, främst eftersom montörerna ogillade det. Istället infördes vagnar med tre fixturer vardera, men inte heller detta upplevdes som bra eftersom montörerna "hann ikapp" varandra när de arbetade i olika tempon. Dessutom upplevdes hög grad av stress och det åtgick mycket tid bara för att förflytta vagnen framför sig för att kunna plocka ned nästa artikel från hyllan. När samtliga inblandade insåg att detta inte fungerade, infördes, efter montörernas önskemål, bänkar utrustade med sex fixturer vardera. Det nuvarande upplägget upplevs vara det mest produktiva och eftersom alla trivs med upplägget ses, bland montörerna på linan, ingen anledning att förändra det.

### ERGONOMI

Det råder bland montörerna delade meningar kring ergonomin på arbetsplatsen, men den anses generellt behöva förbättras. Detta gäller främst de upprepade tunga lyften av pumpen från slutmonteringsbänken till bassängen för leveransprovningen. Produktens konstruktion orsakar också ickeergonomiska arbetsmoment eftersom vissa artiklar måste tryckas fast med fingrarna. En betydande del av personalfrånvaron upplevs vara relaterad till arbetsskador,

<sup>172</sup> Montering inklusive kabel, provning, packning som baseras på uppmätta tider



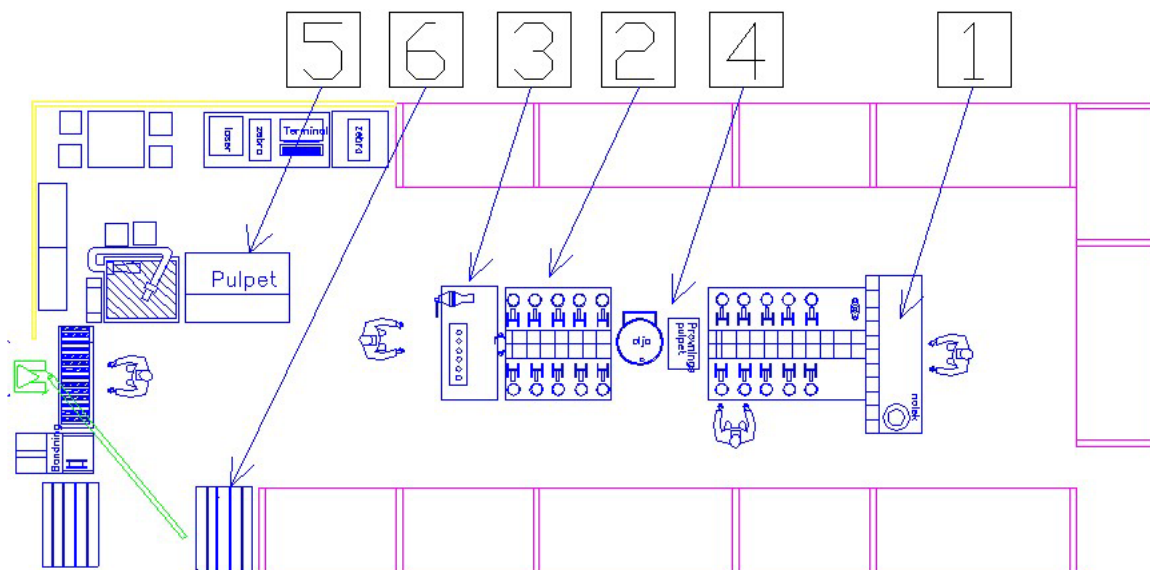
framför allt rygg- och axelskador. Många av dessa skador kan dock ha uppkommit i ett tidigare skede innan linan 39 utformades. Vidare anses linan vara trång när montörerna ska passera varandra med färdiga pumpar.

### KAPACITET

En plötslig ökning av orderingen löses med hjälp av övertidsarbete och/eller att linan bemannas med ett större antal montörer. Det finns egentligen bara fyra arbetsplatser, men det är möjligt att bemanna linan med så många som sex montörer. Detta innebär att en eller två montörer leveransprovar och packar medan övriga monterar, men på grund av utrymmesskäl upplevs detta som produktionshämmande. Det händer ibland att två montörer samarbetar vid en bänk, men på grund av utrymmesbrist upplevs inte heller detta fungera bra. Med nuvarande upplägg är uppfattningen att det endast är möjligt med en mindre ökning av tillverkningsvolymen.

### 5.3.3 Processbeskrivning

När statorn är monterad ansluts den med hjälp av kabelstift till kablarna för matningsspänningen, därefter placeras axeln i statorpaketet och pumphjulet monteras på basobjektet. Pumpen spänns- och tryckprovas innan den fylls på med olja och montören kontrollerar att pumphjulet roterar åt rätt håll. Därefter leveransprovas en pump per batch i en bassäng och vid godkänt märks och packas pumpen, se figur 5.4. För att kunna upptäcka trender som indikerar att pumparna faller utanför ramen för godkänd prestanda sparas mätvärdena i ett exceldokument och jämförs med FPC.



Figur 5.4 Översikt av monteringslina 39

1. Statormontering
2. Slutmonteringsstation
3. Axelmontering
4. Högspänningstest, oljepåfyllning och täthetsprovning
5. Leveransprovning
6. Packning, märkning

Monteringslina 39 har samma artiklar på två platser i pallställen, en på vardera sidan av linan. När en av platserna har ett stort antal artiklar samtidigt som den andra inte har några artiklar uppstår problem då lagerpersonalen inte larmas eftersom saldotalen fortfarande visar att erforderligt antal artiklar finns i lagret.

## 5.4 Monteringsystem Lina 44

### 5.4.1 Produkterna

På Lina 44 monteras Bibo- pumparna 2125 och 2140 som båda utrustas med 3-fasmotorer. Modellen 2125 monteras i flera versioner där samtliga kan utföras i en mängd varianter. Pumparnas respektive vikt och genomsnittliga monteringstid åskådliggörs i figur 5.5 och tillverkningsvolymerna för åren 1998 till 2002 i figur 5.6.

Produkt	Vikt (kg)	Genomsnittlig monterings- tid (min) <sup>173</sup>	Övrigt
2125.051	82	240,47	
2125.181	83	143,50	
2125.220	89	139,18	
2125.320	170	231,15	Gjutjärn
2125.690	170	231,15	EX- pump
2140.010	85	146,41	

Figur 5.5 Vikt och genomsnittliga monteringstider för pumparna på lina 44

Produkt	1998	1999	2000	2001	2002	2003 (prognos)
2125.051	145	77	64	140	124	120
2125.181	1177	1132	1140	1071	1006	975
2125.220	-	-	-	-	41	50
2125.320	18	25	25	20	23	15
2125.690	125	170	3	18	7	10
2140.010	184	130	178	216	210	220
<b>Totalt</b>	<b>1649</b>	<b>1534</b>	<b>1410</b>	<b>1465</b>	<b>1411</b>	<b>1390</b>

Figur 5.6 Tillverkningsvolymerna under åren 1998- 2003 för pumparna på lina 44

### 5.4.2 Monteringsupplägg

Pumparna monteras på ett antal stationer som omfattar såväl delmontage som slutmontage. Efter slutmonteringen högspänningstestas pumpen för att sedan leveransprovas, märkas och paketeras. På arbetsplatsen utförs slutmonteringen på en anordning som är en kombination av pelarstativ och bänkmontering och benämns LINAK- pelare. Vid monteringen angörs pumpen, i en fixtur, på i ett höj- och sänkbart stativ. Pumpen kan inte vinklas mot montören men manuellt roteras runt den horisontella axeln så att undersidan av pumpen ändå blir åtkomlig. På vardera av de tre slutmonteringsstationerna kan endast en pump monteras åt gången och en montör ska per dag i genomsnitt montera cirka 3,5 pumpar. Vid arbetsplatsen finns plockartiklar som används frekvent i monteringen, resterande material hämtas i pallställen vid båda sidorna av linan efter hand. Vid montering av gjutjärnspumpar i modellen 2125 hämtas vid varje tillfälle materialet från djuplagret.

#### ERGONOMI

Montörerna upplever inte arbetsplatsen som ergonomiskt bra utformad, men de har hittills skonats från problem med arbetsskador. Såväl bänkarna som fixturerna på dessa skulle behöva förändras, men problemet är att linan måste anpassas till en begränsad yta. Ur montörernas synvinkel hade en bågformad arbetsplats med närhet till verktyg och hinkartiklar varit önskvärt. Ljuset vid monteringslinan upplevs kunna förbättras medan ljudnivån är acceptabel när hörselskydd används. För att erhålla en ljusare och öppnare arbetsplats föreslår montörerna att nivån på pallställen ska sänkas från tre till två.

<sup>173</sup> Montering inklusive kabel, provning, packning som baseras på uppmätta tider

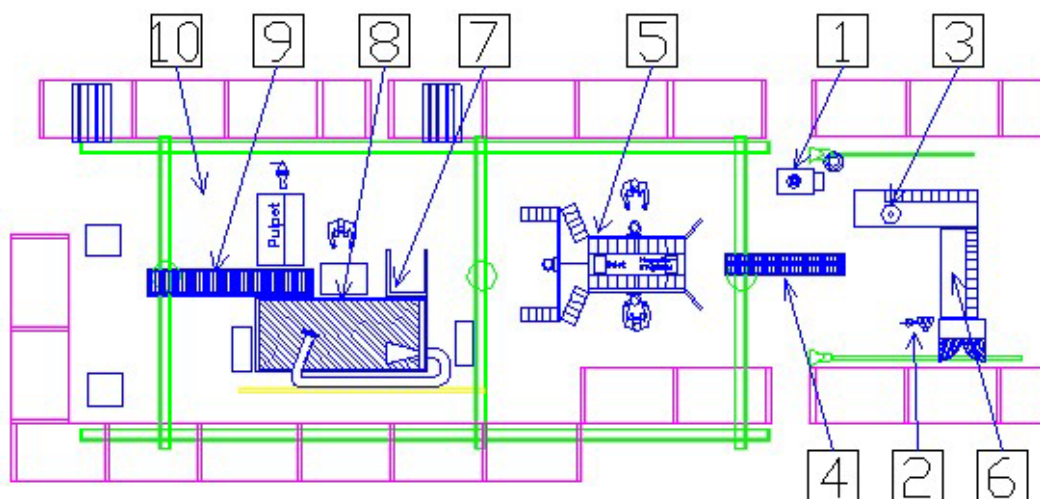
## KAPACITET

Det upplevs vara fullt möjligt att montera fler pumpar på lina 44 än vad som görs idag. Linan är normalt bemannad med en eller två montörer, men har kapacitet för tre montörer. Vid en hög ordergång kan linan bemannas med ytterligare en montör. Så fort linan bemannas med fler än två montörer minskar produktiviteten på den tredje eftersom det uppstår flaskhalsar på grund av väntetider. Teoretiskt är det möjligt att bemanna linan med fyra montörer men detta skulle leda till väntetider i ännu större omfattning och har därför aldrig provats. Bristen på material är oftare en begränsning än bristen på monteringskapacitet, även om motsatsen också förekommer.

### 5.4.3 Processbeskrivning

Vid statorkrympningen värms statorhuset upp genom elektromagnetisk induktion och statorn placeras manuellt i statorhuset. Eftersom det bara finns en station för statorkrympningen utförs detta arbetsmoment för nästkommande montör så att statorpaketet ska hinna svalna. Axel- rorenheten utrustas med lagerlock och en plantättningsenhet och lyfts sedermera manuellt ned i statorpaketet. Basobjektet förflyttas därefter med traverser och rullbana till en fixtur där det fastgörs. Montören går därefter tillbaka till samma bänk som statormonteringen utfördes på och monterar övre lagerhus. Tillbaka vid fixturen monteras detta på basobjektet varpå det vänds uppochner och undre lagerhus, plantättningsenheter, oljehusbotten, pumphjul, ledskeneskiva samt ledskenedel monteras på basobjektet. Avslutningsvis monteras suglock och sugsil på basobjektet.

Pumpen trycktestas med undertryck i både oljehus och pumphus, varpå pumpen roteras till horisontellt läge och oljehuset fylls med olja. Pumpen roteras återigen till vertikalt läge för att göra ovansidan tillgänglig för montering av kopplingsplintenhet, införingslock och bygel. Slutligen förflyttas pumpen till en separat station för högspänningstest och leveransprovning. Vid godkänt prov monteras tryckanslutning på pumpen som märks och packas, därefter är pumpen färdig för leverans, se figur 5.7.



Figur 5.7 Översikt av monteringslina 44

1. Uppvärmning av statorhus
2. Montering av axelenhet
3. Insättning av stator i statorhus, vilket placeras i kåpan och axeln placeras i statorn
4. Förflyttning till nästa monteringsstation via rullbana och två traverser
5. Slutmonteringsstation, oljepåfyllning, täthetsprovning

6. Montering av övre lagerhus
7. Högspänningstest
8. Leveransprovning
9. Montering av anslutningsanordning
10. Packning, märkning

## 5.5 Monteringsystem Lina 46

### 5.5.1 Produkterna

PVB:s största och tyngsta pumpar, 2201, 2250 och 2290, monteras på lina 46 och är några av de få Bibo- modeller som det nya Bibo- sortimentet i nuläget inte ska ersätta. De två förstnämnda modellerna kan monteras i olika utföranden men gemensamt för dem är att alla utrustas med 3- fasmotorer. Pumparnas respektive vikt och genomsnittliga monterings- tid åskådliggörs i figur 5.8 och tillverkningsvolymen för åren 1998 till 2002 i figur 5.9.

Produkt	Vikt (kg)	Genomsnittlig monterings- tid (min) <sup>174</sup>
2201.011	240	325,21
2201.030	240	325,21
2250.011	540	389,03
2250.030	540	389,03
2290.010	540	389,03

Figur 5.8 Vikt och genomsnittliga monterings- tider för pumparna på lina 46

Produkt	1998	1999	2000	2001	2002	2003 (prognos)
2201.011	243	233	300	249	257	260
2201.030	-	5	-	3	8	0
2250.011	147	215	130	134	151	130
2250.030	-	8	-	5	-	0
2290.010	9	31	16	20	11	10
<b>Totalt</b>	<b>399</b>	<b>492</b>	<b>446</b>	<b>411</b>	<b>427</b>	<b>400</b>

Figur 5.9 Tillverknings- volymer under åren 1998- 2003 för pumparna på lina 46

### 5.5.2 Monterings- upplägg

Två montörer monterar gemensamt en till fyra pumpar i varje batch och beroende på vilka pumpmodeller som monteras innebär det i genomsnitt 1,5 pumpar per montör och dag. Eftersom pumpen monteras från ovansidan placeras basobjektet uppochner på ett lyftbord i början av monterings- processen. Många av artiklarna som ingår i pumparna är för tunga för att lyftas manuellt och därför utnyttjas en travers som löper parallellt över linan. Nuvarande upplägg har begagnats i ett stort antal år, den enda större förändringen är att ett lyftbord har tillkommit. Även om det inte ingår i montörernas arbets- uppgifter hämtar de även materialet om det inte finns tillgängligt. Endast ett fåtal artiklar finns tillgängliga i direkt anslutning till monterings- linan samtidigt som merparten av de ingående artiklarna är tunga och måste hämtas med truck från pallställ som finns utspridda över en stor del av lokalen.

#### ERGONOMI

Arbetsplatsen anses bland montörerna vara ergonomiskt bra utformad. Möjligheten till lyfthjälpmiddel finns alltid, men på grund av tidspress och slarv händer det att tunga lyft ibland genomförs utan lyfthjälpmiddel. Montering- en sker, som ovan nämnts, till största delen på ett

<sup>174</sup> Montering inklusive kabel, provning, packning som baseras på uppmätta tider

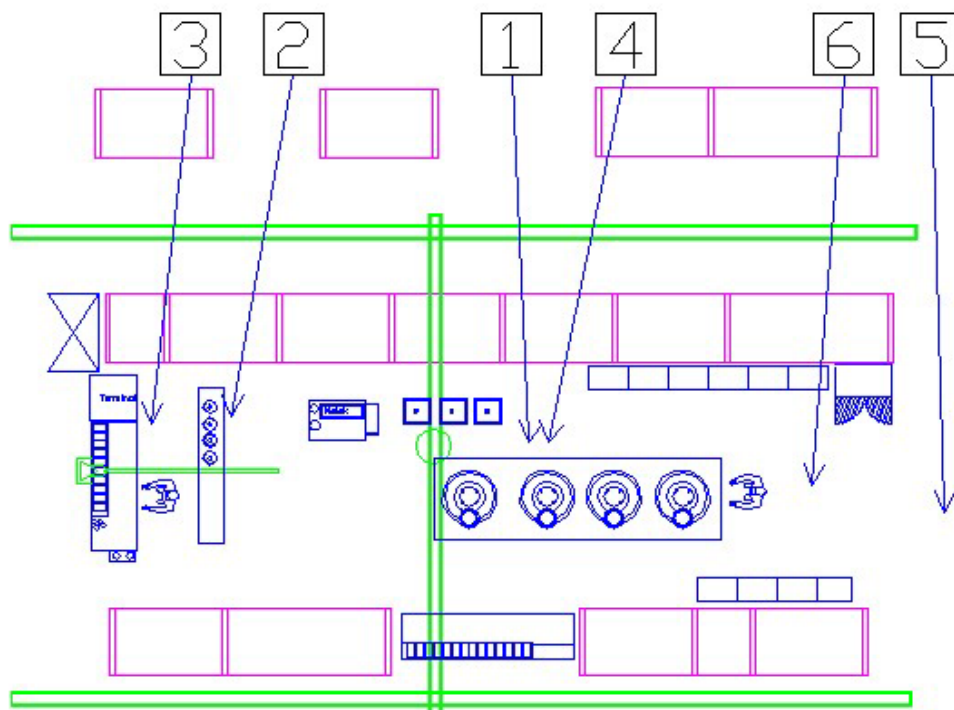
hög- och sänkbart lyftbord och kan justeras för att montören ska kunna arbeta utan att utsättas för några obekväma arbetsställningar.

### KAPACITET

Montörerna anser inte att kapaciteten kan höjas med det nuvarande monteringsupplägget, men de har heller inga konkreta förslag eller önskemål på hur upplägget skulle kunna förändras för detta ändamål. På grund av att tre typer av pumpar monteras på linan anses det svårt att genomföra en förändring som fungerar för samtliga modeller. Idag löses de flesta problemen med en tillfällig ökning i orderingen genom övertid eller ökad bemanning. Det finns dock en begränsning för antalet montörer på linan, montörerna på lina 46 anser att två är ett lämpligt antal.

### 5.5.3 Processbeskrivning

Monteringen inleds med att en montör monterar axel- rorenhet på en speciellt anpassad arbetsbänk i anslutning till lyftbordet. Därefter värms lagerhus och kullager upp dessa monteras sedan på axelenheten. Lagerlock, lagerhuslock, plantätningar samt O- ringar monteras också på axelenheten. Samtidigt monterar den andre montören statorpaketet genom att först pressa ned statorn i ett uppvärmt statorhus som är placerat på lyftbordet. Statorpaketet förs därefter ned i kåpan med hjälp av en travers. Axelenheten lyfts ned i statorpaketet och ledskeneskiva, slitskydd, ledskenedel och pumphjul monteras på basobjektet. Därefter placeras suglocket på basobjektet och justeras i höjddled för att svara mot FPC. En sugsil monteras på basobjektet och pumpen trycktestas med övertryck i både oljehus och pumphus. Vid godkänt trycktest läggs pumpen ned och fylls med olja. Pumpen ställs därefter upp och kopplingsenhet med tillhörande delar monteras på pumpen. På grund av sin storlek provas de vikt- och volymmässigt största pumparna i Bibo- serien externt i PVS provningsanläggning, benämnd provning 1, tillsammans med pumparna från linorna 38 och 41, se bilaga 5. PVS kommer dock snart att flytta ut ur PVB:s lokaler och leveransprovningen av dessa pumpar kommer då att ombesörjas av PVB:s egen personal. Efter leveransprovning skickas pumpen tillbaka till monteringslinan för märkning och packning, se figur 5.10.



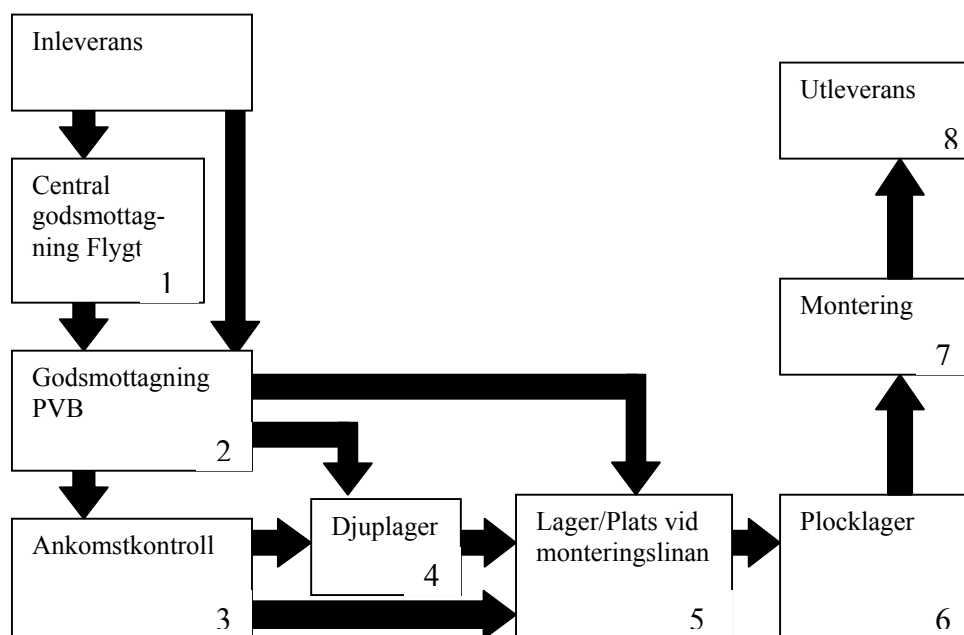
Figur 5.10 Översikt av monteringslina 46

1. Uppvärmning av statorhus, isättning av stator
2. Axelmontering
3. Uppvärmning av kullager
4. Slutmoneringsstation, högspänningstest, oljepåfyllning, täthetsprovning
5. Avlämning till separat leveransprovning
6. Packning, märkning

## 5.6 Materialförsörjning

### 5.6.1 Materialflöde

Nedan följer en beskrivning av materialflödet från inkommande gods till utleverans, se figur 5.11.



Figur 5.11 Materialflödet på PVB från inleverans till utleverans

1. Godset ankommer till Flygts centrala godsmottagningsenhet, kallad ”splitten”. Här fördelas godset till de olika produktverkstäderna. Alla produktverkstäderna beställer material gemensamt och när en order måste delas upp sker det här.

2. Godset ankommer till PVB:s godsmottagning från splitten eller direkt från leverantören där PVB:s materialhanterare lossar lastbilen. Godset placeras på ankomsttorget där det rapporteras, här avgörs också huruvida det ska kvalitetskontrolleras eller inte. Affärssystemet beräknar om inkommande material ska placeras i djuplagret eller skickas direkt ut till plocklagret vid monteringslinan<sup>175</sup>. Materialet placeras därefter i det lager som affärssystemet anger.

3. Vid ankomstkontrollen kontrollerar materialhanterare godsets mängd och kvalitet, varefter det förflyttas till djuplagret eller till linan. Ingående artiklar är märkta med antingen grön, gul eller röd färg. Vid ankomstkontrollen kontrolleras de gulmärkta artiklarna, främst de artiklar

<sup>175</sup> I affärssystemet finns siffror för artiklarnas max- och miniminivåer inmatade för respektive monteringslina

som tillhör EX- pumparna<sup>176</sup>. Artiklar på grönmärkta pallar ska vara kontrollerade och godkända av leverantörerna och kan transporteras direkt in i monteringen, dessa kontrolleras endast genom stickprov. Röd färg indikerar att en artikel har underkänts och därför lagts undan tills vidare. Om en leverantör brister i kvalitet vid upprepade tillfällen försöker kvalitetsavdelningen tillsammans med logistikavdelningen att finna orsaken till felet, om detta inte är möjligt byts leverantören i nästa skede ut. Kvalitetsbrister på materialet rapporteras i första skedet till ankomstkontrollen, är felet av större dignitet tas det felaktiga materialet till kvalitetschefen som beslutar om ett parti behöver återsändas till leverantören.

4. I djuplagret lagras artiklar som redan finns ute på linorna, men även enstaka artiklar som inte används frekvent utan endast tas fram vid behov. Om det vid en monteringsbeordring inte finns erforderligt material vid linan sker en förflyttning från djuplager.

5. Allt material som förflyttas utanför linorna ska ombesörjas av materialhanterare som även ansvarar för förflyttning av tompallar, hinkartiklar (skruv, mutter, bricka) samt färdiga produkter. När lagersaldot för en artikel når en viss nivå skickar affärssystemet ett larm till lagerpersonalen som då fyller på lagret. Om påfyllningen av någon anledning dröjer eller inte sker, står montören inför valet att antingen själv hämta materialet eller att påkalla en materialhanterares uppmärksamhet. Bland montörerna upplevs det åtgå mindre tid att själv hämta materialet, men detta förfarande är varken avsiktligt eller önskvärt. När material levereras till linan placeras det artikelvis i antingen plocklagret eller ovanför i ett mellanlager. De två nedersta hyllorna i pallställen kallar vi plocklager eftersom montörerna med enkelhet kan plocka dessa artiklar. Våra benämningar på lagret vid linan är inga vedertagna begrepp på PVB men vi väljer, för att ge läsaren ökad förståelse, att i rapporten separera plocklager och mellanlager. Efter avlämnandet i aktuell lagerplats upphör materialhanterarnas ansvar för materialet.

6. Förflyttning av material från mellanlager till de två lägsta hyllnivåerna, plocklagret, sköts av montörerna själva, likväl förflyttar de tompallar från dessa hyllplan. Från plocklagret, som löper parallellt med monteringslinan, plockas efterhand artiklar till pumpen. I plocklagret lager finns alla artiklar som krävs för att montera respektive linas pumpmodell.

7. Pumpen monteras, testas och rapporteras av ansvarig montör, ingående material räknas av från lagersaldot, se kapitel 5.2. Den ordningsföljd i vilken pumparna ska monteras bestäms i första hand av deras leveransdatum under förutsättning att materialet finns tillgängligt, därefter väljer montörerna valfritt vilken order som ska monteras.

8. Den färdiga pumpordern hämtas av materialhanterare som kör den till utlastningen eller lagret. Materialhanteraren kan inte se i affärssystemet hurvida en pall är färdig för utleverans, detta sker visuellt genom att en leveransklar order sätts ut i gången där truckarna förs fram, se bilaga 5. Lagerpersonalen upptäcker på så sätt att ordern är klar för leverans och transporterar bort den.

### 5.6.2 Lagerhållning

I PVB:s sortiment finns cirka 3500 olika artiklar och denna siffra har tenderat att öka efterhand som det har tillkommit fler produkter än vad som försvunnit ur sortimentet. Verkstadschefen menar att problemet med de många artiklarna innebär att den redan trånga

---

<sup>176</sup> EX- pumpar är explosionssäkra pumpar som förekommer i miljöer där inga gnistor från pumpen får komma ut till omgivningen

lokalen ansträngs ännu mer när gamla artiklar inte kan användas i nya produkter. Såvida PVB inte får expandera till andra lokaler får heller inga nya produkter tillkomma utan att andra produkter tas ur sortimentet. PVB har även ett centralt lager med så kallade 1N- artiklar, hinkartiklar, som är gemensamma för de flesta linorna. Detta lager är utformat som ett buffertställ där montörerna själva hämtar erforderligt material. När 1N- artiklarna tar slut beställer den senaste hämtande montören nytt enligt ett *kanban- system* som indikerar för lagerpersonalen när material behöver fyllas på.

Logistikernas huvuduppgift är hålla den löpande kontakten med leverantörer så att erforderligt material alltid finns i lager så att monteringen inte störs av materialbrist. Logistikerna har även det övergripande ansvaret för vilka monteringsorders som läggs ut på de linor som har en orderplaneringsansvarig montör. Vid materialbrister kan logistikerna utifrån sina bristlistor avgöra om gods som saknas på PVB finns tillgängligt i annat lager inom företaget. Om så är fallet sker en överföring av materialet, till exempel är överföringar av material från avdelningen för reservdelar till PVB tämligen vanlig. Verkstadsledningen menar att överföringarna många gånger är resultatet av en instabil process i materialflödet och det är önskvärt att hålla antalet överföringar så lågt som möjligt eftersom det är kostsamt och inte genererar något värde åt kunden. Materialinköp administreras och ställs samman med resterande produktverkstäder genom företagets egenutvecklade affärssystem. Affärssystemet är i skrivande stund på väg att bytas ut mot ett som är bättre anpassat till företagets behov.

### **5.6.3 Samplockning**

Samplockning har provats för vissa produkter, det vill säga lagerpersonalen plockar ihop pumpens komponenter redan vid djuplagret och transporterar dessa till den aktuella linan. Ibland vill kunden i efterhand göra ändringar på pumpen och det kan då visa sig att denna förändring inte är möjlig att utföra. Pumpen måste då backas in i systemet igen och materialet måste köras tillbaka till djuplagret. När pumpen sedan beordras igen ska materialet transporteras ut igen, men eftersom komponenterna redan är plockade uppstår problem för lagerpersonalen som ska återplacera materialet på rätt hyllplats och därefter plocka ut det igen.

## **5.7 Arbetsorganisation**

Arbetsorganisationen på PVB kan beskrivas som platt och med få formella chefsnivåer. De flesta kontakter mellan verkstadsledning och operatörer sker muntligt vid möten och i det dagliga arbetet. Även om informationskanalerna är korta känner vissa montörer ändå att det kan vara svårt att få gehör för sina åsikter beträffande förändringar.

### **5.7.1 Monteringsgruppen**

Produktionsledaren ansvarar tillsammans med logistikerna och montörerna för bemanningen av respektive monteringslina, men i grund och botten är det produktionsläget som bestämmer antalet montörer i respektive grupp. PVB strävar efter att arbeta i flödesgrupper där samtliga montörer kan utföra flera arbetsuppgifter. Idag ansvarar samtliga montörer för montering, provning, packning och intern materialhantering och vid vissa linor ansvarar någon montör även för en del planeringsarbete. De orderplanerande montörerna arbetar som backup och avlastning till logistikerna och tanken är att detta planeringsarbete ska ”smitta av sig” på resterande linor. Orderplaneringen ska i framtiden fullt ut skötas vid linorna och dagens logistiker ska arbeta mer med utveckling av leverantörssamarbetet. Eftersom montörerna befinner sig närmre artiklarna och oftast känner till deras lagerplats och lagersaldo anses en



decentralisering av denna funktion leda till effektivare orderplanering. Det ökade planeringsansvaret kommer att kräva en kompetenshöjning genom utbildning. Generellt ses ett ökat arbetsinnehåll som positivt bland de yngre montörerna medan den äldre generationen är trygg i den befintliga situationen.

#### ARBETSVÄXLING

Merparten av montörerna på PVB har kompetens att montera flera pumpmodeller och detta ligger i såväl verkstadsledningens som den enskilde montörens intresse. För montören resulterar utökade arbetsuppgifter i högre lön och variation i arbetet medan det för verkstadsledningen innebär att arbetskraften kan växla mellan linorna och montera de pumpar som för tillfället har högst efterfråga. Omfattningen av montörernas växling mellan monteringsgrupperna varierar i stor utsträckning, likaså viljan att växla. Detta anses ha mycket att göra med att vissa montörer behärskar fler pump typer än andra samtidigt som beläggningen på vissa linor har stor variation. Växlingens omfattning avgörs emellertid gemensamt av montörer och produktionsledare som tillsammans tar ett beslut. Den montör som är planeringsansvarig vid en lina tenderar att rotera i mindre omfattning än övriga eftersom alla montörer inte ännu har utbildats i orderplaneringsarbetet. Montörerna upplever att en för stor andel rotation mellan linorna har en kvalitetssänkande effekt då arbetsmomenten kan förväxlas eller glömmas bort. Det råder delade meningar om huruvida ett rotationssystem enligt PVC:s filosofi, se bilaga 4, där montörernas arbetsuppgifter varierar veckovist är att föredra. Det upplevs som positivt att rotera mellan olika arbetsuppgifter men samtidigt avskräcker tanken med montering på obundna vagnar.

#### KOMPETENSNIVÅ

En nyanställd montör går som lärling hos en rutinerad montör och får kontinuerligt lära sig att montera någon eller några av produkterna. Även om vikten av att den nyanställda har samma handledare under upplärningstiden har konstateras, finns det ingen huvudansvarig för utbildning av ny personal utan oftast tar en slumpmässigt utvald montör hand om utbildningen. Efterhand checkas den nyanställda av mot en lista som indikerar hur stor del av monteringen som vederbörande har lärt sig. När montören anses behärska monteringsförfarandet avslutas lärlingstiden och montören kan arbeta under eget ansvar.

#### FÖRÄNDRINGAR I ORGANISATIONEN

I den senaste verksamhetsplanen framgår att PVB lider av en begränsad förändringsvilja. Många av de anställda är konservativa vid förändringssituationer och de upplevs ofta behöva övertygas om att förändringen leder till något positivt, först då kan förändringen genomföras. Det har i undersökningen framkommit att montörerna vid en förändring är uppdelade i tre läger där en grupp är positiv till förändringen, en annan är nöjd med dagens situation medan den tredje gruppen är direkt ovillig att genomföra förändringen.

### 5.7.2 Arbetsinnehåll

Generellt uppskattar den yngre generationen ett större arbetsinnehåll än den äldre. De som inte vill ha större arbetsinnehåll anser att många arbetsuppgifter skapar oordning och därför resulterar i sämre kvalitet på pumparna. Den grupp av montörer som vill ha ett större arbetsinnehåll vill framför allt att utökningen av arbetsuppgifterna ska innebära nya typer av arbetsuppgifter som till exempel planering eller lagerhantering. Ökat arbetsinnehåll som innebär montering av fler pumpmodeller anses varken vara stimulerande eller utvecklande. Nästan alla montörer anser det viktigt att pumpen komplettmonteras eftersom monteringsarbetet då blir mer kärnfullt. Även ur kvalitetssynpunkt anses det positivt att varje montör komplettmonterar och korrigerar de eventuella fel som uppstår. Montörerna känner då

ett personligt ansvar för sin produkt och vill prestera så bra som möjligt. I arbetsuppgifterna ingår förutom monteringen även truckkörning och kabelklippning. Kabelklippningen anses enformig men kan ändå ge variation i arbetet om man inte arbetar där under en för lång tidsperiod. PVB serverar även andra produktverkstäder med kabel och uppgiften ska rotera mellan montörerna enligt ett schema, men detta efterlevs inte. Tidigare utförde lagerpersonalen alla materialtransporter, men eftersom de har fått fler arbetsuppgifter sköter montörerna själva förflyttningen av materialet inom pallställen. Det upplevs som positivt att ha möjligheten att variera arbetet med truckkörning och därför inget problem för montörerna att själva utföra denna förflyttning.

### **5.7.3 Visualisering**

Anslagstavlan innehåller information beträffande bland annat produktionsutfall, kassation och packningsgrad. Information på tavlorna i för stor omfattning anses inte bra, utan tanken är att montörerna själva ska söka viss information. Montörerna anser att informationen på anslagstavlan i stort sett är densamma varje vecka, till exempel förblir packningsgraden nästan alltid på samma nivå och skapar därför inget intresse för att söka information. Vidare ses informationen som krånglig och svårbegriplig. En stor del av den information som finns på anslagstavlan, till exempel beträffande aktuell orderstock, inkommande order under senaste veckan och servicegraden, finner montörerna i de veckobrev som verkstadsledningen skickar ut. Veckobreven ger också information om aktuella händelser som kommande besök, kundorderförseningar, materialbrister och dessa läses betydligt oftare. Anslagstavlan ses alltså bland montörerna som en bra informationskanal men överflödigt i dagens utformning. Antalet claims (reklamationer från kunden) är något som montörerna påverkar utan att de får reda på dess omfattning, detta är också en typ av information som montörerna saknar. Information beträffande arbetet med att genomföra ständiga förbättringar finns heller inte med på anslagstavlan.

### **5.7.4 Förslagsverksamhet**

Förbättringsförslag går antingen via förslagsverksamheten, tas upp i samrådsmöten eller genomförs direkt av montören. Förslagsverksamheten ska generera en belöning om förslaget genomförs, men istället för att lämna in ett förslag till förslagsverksamheten genomför montörerna ibland förändringarna själva. Det rör sig då oftast om något som förbättrar den egna situationen, till exempel ett verktyg eller ett sätt på vilket en artikel monteras. De förändringar på verktyg som förenklar monteringen men inte skadar eller förändrar pumpen är för montörerna fullt tillåtna att själva genomföra. Vid mindre förändringar kontaktas produktionsledaren som går till underhållsavdelningen som tillverkar önskad fixtur eller detalj. Det är dock inte tillåtet att genomföra alla förändringar själv, de förslag som innebär en förändring av produkten eller investeringar i utrustning måste genomgå förslagsverksamheten.

Generellt anser montörerna att de inte får tillräckligt med gehör för de förslag som lämnas in till förslagsverksamheten, framförallt upplevs belöningen vara alltför ringa och heller inte speciellt rättvist fördelad. Många av montörerna ser flera brister i förslagsverksamheten, mycket beroende på att den baseras på subjektiva bedömningar och att det tar lång tid innan förslagskommittén fattar ett beslut. Eftersom förslagsverksamheten upplevs som byråkratisk anser flera montörer att det går fortare att genomföra förändringen själv, varför många förändringar genomförs utan att förslaget gått genom förslagsverksamheten. En av anledningarna till att montörerna upplever att det tar lång tid för ett förslag att bli behandlat är att tekniska förbättringsförslag måste utredas av teknikavdelningen i Solna och denna har inte tillräckliga resurser.

Ett flertal av montörerna är idag alltså inte nöjda med förslagsverksamheten och för att förändra denna inställning har verkstadsledningen i verksamhetsplanen utformat en målsättning angående förslagsverksamheten. Målsättningen innebär en förändring i regelverket för förslagsverksamheten så att det tydligt framgår vem som kan lämna förslag i vilket ärende. Detta anses i synnerhet vara viktigt i samband med framtagningen och inkörningen av nya produkter. Vidare ska alla uppmuntras att föra fram idéer och synpunkter och genom kampanjer med olika teman som ergonomi och sortimentsbegränsning ska detta stimuleras. Vidare är ett av delmålen att införa en tidsbegränsning på två månader för internt utredningsarbete av inlämnade förslag. Undersökningen visar att montörerna på PVB under år 2002 lämnade in 19 förslag som avslutades samma år och av dessa renderade 8 i personlig belöning på sammanlagt 10200 kronor. Vidare avslutades 29 av de 35 förslag som lämnades in under år 2002. Av de förslag som härstammar från monteringsavdelningen har något fler än hälften av montörerna varit förslagsställare. Vidare förekommer merparten av dessa endast en eller två gånger som förslagsställare medan ett fåtal har lämnat in förslag vid upprepade tillfällen.

### 5.7.5 Lönesystem

Lönesystemet på PVB baseras på en grundlön med ett påbyggnadssystem. Lönen justeras efter vilka arbetsuppgifter som montören behärskar, till exempel materialhantering, kabelklippning och planering, men även på hur många pumpmodeller som montören kan montera. För varje kompetens erhålls en markering som leder uppåt på en lönetrappa med sju steg där varje steg är värt ett visst belopp.

Till hösten 2003 kommer ITT Flygt att ta i bruk ett nytt lönesystem som istället för trappor är uppbyggt med utvecklingssteg. Stegen utgörs av kompetensen att kunna montera ett större antal pumpmodeller men även andra arbetsuppgifter, till exempel inventering, materialhantering, orderplanering, kabelklippning och produktionstekniska uppgifter. Utöver detta finns en målsättning att alla montörer ska kunna utföra visst arbete på en annan produktverkstad exempelvis bearbetning eller montering. Alla utvecklingssteg kommer inte att vara lika mycket värda, grundtanken är att det finns en koppling mellan betalningen och den tid som det tar att lära sig ett nytt steg. Varje utvecklingssteg har tre nivåer som symboliseras med färgerna röd, gul och grön. Röd färg innebär att montören överhuvudtaget inte behärskar steget, gul innebär att upplärning pågår eller att kunskapen börjar bli inaktuell och grön färg innebär att montören är fullärd på just det utvecklingssteget. Systemet ska stimulera montörerna till att lära sig nya arbetsuppgifter och att montera nya pumpmodeller, men samtidigt värna om att befintlig kunskap bibehålls.

### 5.7.6 Produktrevision

ITT Flygt är kvalitetscertifierade enligt *ISO 9001* och kvalitetsstaben placerar därför en fristående produktrevidör i respektive verkstad. Produktrevidören har till uppgift att kontrollera produkternas kvalitet och väljer slumpmässigt ut 2 % av produkterna för granskning. PVB betraktar produktrevidören som en intern kund och är tacksam för att de fel som upptäcks på produkterna inte når den riktiga kunden. Produktrevidören deltar också i de kvalitetsmöten som hålls var 14:e dag på PVB. Han visar då statistik över antalet reviderade pumpar, antal fel och på vilka monteringslinor som felen föreligger. Monteringsfel kan vara av fyra typer och när revidören upptäcker allvarliga fel på en pump returneras hela batchen till montören som justerar denna.

- A- fel: Funktions- eller säkerhetsfel som gör att produkten inte fungerar eller är farlig att använda/hantera, sannolikheten för reklamation = 100 %
- B- fel: Latent funktionsfel som gör att produktens funktion kan komma att upphöra eller att den kan bli farlig att använda/hantera, sannolikhet för reklamation = 100%
- C- fel: Ej funktionshinder fel som sannolikt inte leder till reklamation
- Ö- fel: Detaljfel som inte leder till någon claim

De olika typerna av fel ges poäng enligt skalan A=100, B=50, C=10 och Ö=0 poäng. Målsättningen är att antalet poäng dividerat med antalet reviderade produkter ska vara färre än två. En sammanställning över felen hamnar slutligen hos produktionsledaren som analyserar vilka de generella felen är, varför felen uppkommer och hur ofta de uppkommer. Detta kan leda till att en monteringsinstruktion behöver skrivas om eller att en åtgärd till varför tekniska fel uppkommer behöver lokaliseras. Det bästa sättet beskrivs vara att låta montören själv inse att han/hon har gjort fel för att därefter ge denne möjligheten att själv lösa problemet. Målsättningen beträffande antalet claimer från kunder är noll fel, vilket montörerna uppfattar som orealistiskt. En claim beror oftast på brister i konstruktionen och mindre ofta på felaktigt utförd montering, dessutom förekommer även claimer som beror på kundens felaktiga handhavande av pumpen.

## **5.8 Ergonomi**

### **5.8.1 Brister**

Eftersom vissa delar av pumpen monteras på separata stationer krävs en del lyft från delmontering till slutmontering. Pumpen måste också förflyttas till leveransprovning och packning. Eftersom Flygts gränser för lyft utan hjälpmedel är 12 och 15 kg för kvinna respektive man ska travers användas vid merparten av alla lyft. Detta efterlevs dock inte av alla montörer som istället väljer att lyfta såväl komponenter som färdiga pumpar manuellt. Anledningen till att lyft genomförs utan hjälpmedel är att montörerna ibland har bråttom med att färdigställa en order på till exempel en fredagseftermiddag. Trots att vissa montörer vid upprepade tillfällen utför tunga lyft är sjukfrånvaron låg.

Samtliga montörer anser att ventilationen är bristfällig och att bullret från provning 1 är en störande faktor. Överlag anses ljudnivån vara något hög, vilket till stor del beror på radioapparaternas höga volym och ljud som härstammar från provning 1. Det förekommer även buller som inträffar oregelbundet och som inte är en naturlig del i monteringsarbetet. Detta buller anses vara speciellt störande eftersom man sällan är förberedd på att det inträffar och därför inte bär hörselskydd vid tillfället.

### **5.8.2 Kontrollåtgärder**

När en ny arbetsplats ska tas i bruk filmar en skyddsingenjör arbetsplatsen i drift och undersöker huruvida det existerar några onödiga lyft, risker för snedbelastning eller liknande problem. Därefter granskar avdelningen för Environment, Safety and Health (ESH), tillsammans med verkstadsledningen, produktionstekniker och montörer, filmen och avgör om arbetsplatsen fungerar tillfredsställande eller inte. Ibland identifieras inte alla kritiska moment vid en videoanalys utan upptäcks först vid senare tillfällen. Arbetsmoment med lyft som befinner sig i gränzonen mellan att kunna utföras utan hjälpmedel eller med hjälpmedel, kan uppstå. I dessa fall anser produktionsteknikern att komponenten bör utformas så att den antingen blir så tung att den inte är möjlig att bära eller så lätt att den utan vidare kan bäras

utan hjälpmedel. Det senare anses dock inte att föredra eftersom ett så litet antal komponenter i produkten som möjligt eftersträvas.

Ergonomisk sett upplevs arbetsmiljön på PVB ha blivit betydligt bättre. Detta beror framförallt på att redskap som till exempel nya pressar, höj- och sänkbara arbetsbänkar samt traverser har införskaffats. De nya pressverktygen har även förenklat monteringen, bland annat har axelpressen gjort att alla kullager inte längre behöver värmas. Samtliga fästelement på komponenterna i PVB:s pumpar består av skruvförband och muttrarna fästs med hjälp av momentdragare som drivs med tryckluft. Momentdragarna kommer i framtiden antagligen att drivas av elektricitet och på det viset kan pysande luftslangar som ger högfrekventa ljud undvikas. Den stora fördelen med dessa verktyg är att de är tysta, pålitliga och minimerar risken för att göra fel. En annan stor fördel är att den eldrivna momentdragaren ersätter 4- 5 tryckluftsdrivna eftersom denna kan förprogrammeras med särskilda moment för varje enskilt förband medan de nuvarande skruvförbanden har en maskin för varje moment. På detta viset elimineras också risken för att fel momentdragare används på skruvförbanden och man slipper även att tillgripa en lista för att se vilken momentdragare som ska användas vid det specifika skruvförbandet.

## 6 Analys

*I kapitlet analyseras den empiri som redovisas i kapitel fem baserat på de bakomliggande teorierna i kapitel tre. Avsnitten inleds med allmän analys av monteringsystemet på PVB och avslutas med ingående analys som berör de tre utvalda monteringslinorna och detta benämns genomgående "Fördjupning i utvalda monteringslinor". Avslutningsvis genomförs en utformning av monteringsystemet på PVB med utgångspunkt från den i kapitel fyra presenterade utformningsmodellen.*

### 6.1 Monteringsystem

De 10 monteringslinor som monterar pumpar av typen B är ett monteringsystem. PVB är ett produktionssystem som omvandlar inköpta artiklar till färdiga produkter och detta innefattar såväl logistiska aktiviteter som bearbetning och enhetsmontering. ITT Flygt är likvärdigt med ett tillverkningssystem eftersom företaget har centrala enheter för marknadsföring, forskning och utveckling, strategiska inköp, ekonomi med mera och dessa är kritiska för avsättningen av produkter på marknaden. Ovanstående struktur illustreras i teorikapitlet, figur 3.1.

Samtliga personer i undersökningen menar att montering av en komplett pump från början till slut inklusive testning och packning leder till bättre kvalitet än när montören endast utför vissa monteringsmoment under varje monteringscykel. Argumentet för detta är att montören behöver utföra samtliga moment genom hela monteringsförloppet för att känna personligt ansvar sin egen pump. Personalen på PVB anser alltså att den höga kvaliteten på pumparna till stor del skapas tack vare komplettmonteringen. Kvaliteten på flera andra produktverkstaders produkter är dock lika hög utan att produkterna komplettmonteras. Detta indikerar att synvinkeln inte är rättvisande och att komplettmonteringen alltså inte bidrar till att kvaliteten blir bättre på PVB än på andra avdelningar. Komplettmonteringsprincipen frångås dessutom vid flera tillfällen, bland annat på linor där två eller fler montörer fördelar uppgifter sinsemellan, för att erhålla en effektivare montering. Ingenting tyder på att pumparna på dessa linor skulle vara av sämre kvalitet än övriga. Att leveransprovning ingår i komplettmonteringen anses även underlätta trimningen när resultatet från leveransprovningen inte kan svara mot FPC. För tre av monteringslinorna utförs leveransprovningen separat och detta beskrivs varken göra att trimningen försvåras eller att dessa pumpar skulle vara av sämre kvalitet. Ovanstående visar att argumentet för att komplettmontering är nödvändigt för att bibehålla den höga kvaliteten på pumparna upplevs som ihåligt och att andra monteringsflödesprinciper därför både utnyttjas och kan bli aktuella i utformningsfasen.

Monteringsupplägget för den första linan som ska montera pumpar ur det nya Bibo-sortimentet utvecklas genom ett samarbete mellan produktionsteknikern och en montör. Eftersom samme montör i framtiden antagligen kommer att bemanna just den linan är det positivt att denne på förhand har deltagit i utformningen och gett sina synpunkter på upplägget. Att ta hänsyn till montörernas värderingar är i enlighet med teorin mycket viktigt eftersom montörerna i PVB besitter lång erfarenhet av monteringsystem och vad som är viktigt när de bemannas.

#### 6.1.1 Konstruktionsanalys

Beträffande pumparnas konstruktion är skillnaderna mellan Ready- och Bibo- pumparna stora. Ready- pumparna, som utvecklats på mitten av nittio-talet, har en relativt hög konstruktionsgrad och monteringsförfarandet följer ett sekvensbundet schema som säkrar

kvaliteten i monteringen. Bibo- pumparna är däremot konstruerade för många år sedan, då begrepp som ergonomi och konstruktionsgrad inte var utvecklade, vilket förmodligen är anledningen till varför konstruktionen i monteringsavseende känns ogenomtänkt. Uppfattningen är att pumpkonstruktionen har utvecklats utan någon som helst tanke på hur pumpen ska monteras. Det finns flera faktorer som indikerar en låg konstruktionsgrad på Bibo- pumparna vilket gör att såväl monteringstiden som inläringstiden blir onödigt lång.

- Många pumpmodeller måste angripas med så kallade "monteringstricks", framför allt vid kabelmonteringen.
- Antalet ingående artiklar med många fästelement är omfattande.
- Modulmontering utnyttjas överhuvudtaget inte trots att många fördelar på det viset kan erhållas. Detta har gjort att väldigt få komponenter kan användas i olika pumptyper och att artikelantalet därför är onödigt stort. Beroende på att varje pump är konstruerad av olika konstruktörer som inte samarbetat sinsemellan omöjliggör pumpens konstruktion ofta användningen av moduler.
- Samtliga pumptyper har en hög sekvensbundenhet och detta är, enligt teorin, fördelaktigt ur ett inlärningsperspektiv då endast "rätt" komponent kan monteras på pumpen. Pumparnas konstruktion är dock ibland utformad så att en felaktig komponent av misstag kan monteras på pumpen.
- Eftersom varje pump och dess ingående artiklar har olika egenskaper utförs trimningen på olika vis varje gång en pump monteras. Trimningsförfarandet kräver att montören har stor erfarenhet och är troligtvis den del i monteringen som har den lägsta konstruktionsgraden.

I skrivandets stund är ett nytt Bibo- sortiment, som ska ersätta många av de äldre Bibo-modellerna, på väg att utvecklas och de flesta av ovanstående punkter tas i det nya sortimentet i beaktande.

## **6.2 Monteringsflöde**

Monteringsystemet som på PVB är uppdelat i tio monteringslinor kan beskrivas vara en kombination av två principer, dels ett variantspecialiserat system men även ett komplettmonteringsystem. Systemet har dragit fördel av det variantspecialiserade systemets uppdelning i produktfamiljer som monteras på respektive lina och detta bidrar till att balanseringsförlusterna generellt är låga. Eftersom pumparna är bundna till vissa linor försämrar flexibiliteten med detta system. I dagsläget tillgodoser dock den befintliga kapaciteten på respektive lina oftast efterfrågan av varje enskild pumpmodell. En annan fördel som PVB drar med ett variantspecialiserat system är att det endast fordras en typ av fixtur per monteringslina eftersom pumparnas basobjekt, kåpan, har samma dimension. Omställningstiden mellan pumpmodellerna blir därför försumbar.

Pumparna monteras i ett komplettmonteringsystem där montören följer pumpen genom flödets samtliga stationer. Detta monteringsupplägg ger arbetet mer omväxling och ett större innehåll, vilket ökar montörernas motivation samtidigt som risken för belastningsskador minskar. En annan fördel är att monteringen i detta system, till skillnad från ett drivet linjeflöde, kan fortgå utan att samtliga montörer är närvarande då alla behärskar de ingående

momenten. Eftersom antalet montörer kan varieras efter behov är systemets flexibilitet med avseende på förändrade tillverkningsvolymerna hög. Arbetet kan vid komplettmonteringsystem ske i egen takt och på mer flexibla arbetstider, vilket höjer arbetsvärdet.

Det har i undersökningen framkommit att monteringen på PVC, PVX och Arjo, se bilagor 4, 5 och 6, i viss omfattning är uppbyggd på vagnmontering och att detta arbetssätt uppskattas av de inblandade. Förutsättningarna för PVB skiljer sig inte från dem i tidigare nämnda avdelningar/företag, vilket talar för att montering på vagnar även skulle kunna fungera på några av monteringslinorna i PVB. Montörerna på PVB är stora förespråkare av bänkmontering där man har en fast arbetsplats. Det finns dock ingenting som säger att en monteringsvagn inte kan betraktas som en egen arbetsplats bara för att den är flyttbar. Genom att placera en höj- och sänkbar bänk på en vagn som även kan fixeras och använda en annan benämning än just vagn kan den mentala spärren mot att inte ha en fast arbetsplats vid slutmonteringen kringgås.

### 6.2.1 Förluster i monteringsystem

De förluster som förekommer i PVB:s monteringsystem är främst hanteringsförluster som uppkommer när montörerna hämtar material i plocklagret och förändrar basobjektets placering i monteringsfixturen. Teorin beskriver ren monterings tid som ungefär 10- 15 % av den totala monterings tiden och detta förmodas vara ett rimligt antagande även för PVB:s produktion. Med en obunden flyttbar monteringsfixtur, som till exempel vagn där arbetsplatsen (vagnen) förflyttas till materialet istället för tvärtom, kan en stor del av den tiden som åtgår för hämtning av detta reduceras. En förutsättning för att förflyttningen ska vara möjlig är att pumpen inte väger för mycket samtidigt som tillräckligt med utrymme finns.

Ett av de moment som orsakar stora hanteringsförluster är vändningen av pumpen som vid montering av vissa modeller måste utföras upprepade gånger och är en tidsödande aktivitet. En förbättrad konstruktion som möjliggör montering från endast ett håll skulle radikalt minska hanteringsförlusterna. Den frekventa användningen av traverser på samtliga monteringslinor är ur ergonomisk synvinkel nödvändig men gör i vissa fall, på grund av dess placering, att hanteringen av pumpen tar onödigt lång tid. Tack vare komplettmonteringen är beroendet av andra montörer litet och detta bidrar till att balanseringsförlusterna är så gott som obefintliga. Hög montörstäthet kan leda till systemförluster när montörerna inte alltid arbetar i samma takt, vilket dock kan kompenseras genom att man under väntetiden påbörjar montering av en ny pump. Trängseln på linorna är en bidragande orsak till systemförluster, speciellt eftersom vissa linor är så trånga att montören ibland måste flytta sig under montering när en annan montör ska passera eller hämta material. Trängseln orsakar inte bara systemförluster utan är också ett irritationsmoment för montörerna, speciellt när tiden till leverans är kort.

Kapaciteten är linjärt beroende av antalet montörer på en lina tills det att montörerna överstiger antalet slutmonteringsstationer. När en lina bemannas med ytterligare montörer ökar fortfarande kapaciteten, men på grund av montörstätheten måste flera montörer utnyttja samma slumonteringsstation alternativt endast utföra förmontage eller eventuellt leveransprovning/packning och då sjunker den relativa kapaciteten.

Driftstörningar framkommer främst som oplanerade störningar när en pump inte motsvarar kravkurvan vid leveransprovningen och därför måste justeras. En annan störning förekommer när någon förändrar en gemensam arbetsbänk efter eget önskemål, till exempel placering av verktyg eller annan utrustning. Monteringsystemet bygger på en frekvent rotation mellan



linorna och det kan då åtgå tid enbart för att finna ett verktyg. Detta är förmodligen också en av anledningarna till att merparten av montörerna föredrar egna arbetsbänkar. Eftersom det, bortsett från raster, inte förekommer några omställningar av monteringsystemet förekommer det heller inga planerade störningar. Införandet av buffertar för att lindra de oplanerade störningarna är en drastisk åtgärd som framförallt underlättar flödet i ett linjesystem och därför inte är aktuellt för PVB.

## 6.2.2 Fördjupning i utvalda monteringslinor

### Lina 39

Komplettmontering innebär att basobjektet inte behöver lämnas över till någon annan montör och denna självständighet gör att balanseringsförlusterna på linan är försumbara. Bortsett från slutmonteringsstationerna utnyttjar montörerna samma arbetsstationer och det uppkommer ibland väntetider vid dessa. Hög montörstäthet i kombination med att montörerna inte alltid arbetar i samma takt leder också till systemförluster. Det förekommer även oplanerade driftsstörningar när material endast finns tillgängligt på en sida av monteringslinan. I dessa fall måste montören engagera sig i sysslor som ligger utanför hans/hennes arbetsuppgifter, antingen genom att själv hämta material eller också kontakta lagerpersonalen. Eftersom monteringen på linan sker på ett begränsat utrymme samtidigt som montörstätheten är hög uppstår hanteringsförluster vid förflyttning av färdigställda pumpar som ska förflyttas till en annan station.

### Lina 44

Slutmonteringen på Lina 44 följer inget naturligt flöde till exempel måste montören, vid montering av övre lagerhus lämna slutmonteringsstationen och utföra detta moment på en separat station som är lokaliserad i början av flödet. För det första leder det onaturliga flödet till att montören varje gång måste göra en onödig förflyttning och för det andra riskerar han/hon att ”stå i vägen” för andra som utför stator- eller axelmontering.

Liksom på Lina 39 medför komplettmonteringsystemet att balanseringsförlusterna är låga. När montörerna utför statorkrympningen åt nästkommande montör orsakas i nuläget inga större problem, men vid ökad beläggning kommer systemförluster att uppstå när montörerna inte arbetar i samma takt. Ökad efterfrågan skulle antagligen leda till att man måste frångå komplettmontering till förmån för stationsmontering. På grund av den befintliga pelarindelningen används idag två traverser och en rullbana för att förflytta pumpen tio meter, från statorkrympningen till slutmonteringsstationen. Den stora variantfloran gör att antalet pallställ är stort och montören måste vid flera tillfällen förflytta sig långa sträckor för att hämta material. Båda dessa faktorer orsakar hanteringsförluster som endast kan reduceras med ett annorlunda monteringsupplägg.

### Lina 46

Lina 46 skiljer sig från resterande linor i avseendet monteringsflödesprincip eftersom detta är utformat som ett kollektivsystem där oftast två montörer tillsammans slutmonterar pumparna på ett lyftbord. I kollektivsystemet är det viktigt med god kommunikation för att båda montörerna ska veta vilka moment som har genomförts. Kommunikationen vid Lina 46 blir ofta lidande på grund av den generellt höga ljudnivån som kräver att montörerna måste använda hörselskydd. Problem blir mest påtagligt när en av montörerna hämtar material ur lagret som befinner sig på avstånd från linan och inte är medveten om vad den andre montören gör under tiden.

I ett kollektivsystem uppstår ofta systemförluster när någon montör väntar på att den andra ska slutföra ett moment och så är även fallet på denna monteringslina. När linan bemannas med två eller fler montörer innebär sekvensbundenheten att nästkommande moment inte kan utföras förrän bådas uppgifter är slutförda, varför den montör som först är klar med uppgiften blir tvungen att vänta. Ett exempel på detta är att tiden för statorkrympning i princip alltid är kortare än tiden för axelmontering vilket leder till att mycket monteringsstid går förlorad i enbart väntetid. Monteringslinans lager är utspritt över stora delar av lokalen och vid varje monteringscykel orsakar materialtransporten stora hanteringsförluster. Monteringsupplägget är heller inte anpassat för de returflöden och driftsstörningar som uppstår varje gång en pump underkänns vid leveransprovningen och returneras till linan. Om ett antal basobjekt redan befinner sig på lyftbordet, alternativt upphängd i traversen, försvåras möjligheten att genast åtgärda felet på den returnerade pumpen.

### **6.3 Materialförsörjning**

Den materialförsörjningsmetod som används i PVB är en kombination av två, i teorin beskrivna, metoder och tillämpas beroende på vilken typ av artikel som det rör sig om. 1N-artiklar, det vill säga hinkmaterial, finns alltid tillgängliga vid respektive monteringslina medan övriga artiklar transporteras till förbrukningsplatsen i bestämd kvantitet av lagerpersonalen. I första hand initieras en internorder av affärssystemet men montörerna kan även visuellt se ett underskott på en komponent och beordra framkörning av denna. Detta är en brist som förmodligen beror på affärssystemet eller dess användare och kommer förhoppningsvis att åtgärdas vid införandet av det nya affärssystemet.

När en pump är slutmonterad och godkänd placeras den på en pall i gången, vilket indikerar att den är färdig för utleverans. Denna föråldrade sätt att kommunicera är riskabel och kan påverka leveranssäkerheten negativt om inte kommunikationen mellan montör och materialhanterare är god. Denna information bör istället förmedlas av ett affärssystem som berättar för lagerpersonalen när en order är färdigmonterad. På så sätt ökar möjligheten att snabbt transportera bort färdiga pumpar som ska levereras, pumparna behöver då heller inte placeras i gången där de utgör hinder för övriga materialtransporter. Ett alternativ är att som PVX, se bilaga 6, placera samtliga slutmonterade pumpar på ett drivet transportband som förflyttar dem till zonen för utleverans eller till en gemensam leveransprovnings- och packningsstation. Transportbandet löper vinkelrätt mot monteringslinorna för att möjliggöra för merparten av pumparna att placeras på bandet. En stor fördel med ett separat flöde är att slutmonterade pumpar direkt når zonen för utleverans och inte blir stående i väntan på transport. Dessutom frigörs värdefull tid för lagerpersonalen som istället kan koncentrera sig på att försörja linorna med material.

#### **GEMENSAMT PLOCKLAGER**

Eftersom artikelantalet i nuläget fortfarande är stort kan inte materielförsörjningen utnyttja de fördelar som finns med att ett variantspecialiserat monteringsystem genererar ett litet antal materialadresser. Ett sätt att förenkla en tämligen komplex materialförsörjning är att ha ett gemensamt plocklager för flera monteringslinor. Detta är fallet med 1N-artiklarna men skulle även kunna tillämpas för fler typer av artiklar. Det stora problemet är det omfattande antalet artiklar och den mycket låga synkroniseringsgraden mellan pumpmodellerna. Med det nya Bibo-sortimentet kommer antalet artiklar drastiskt reduceras, först då kan materialförsörjningen fullt ut utvinna fördelarna med ett variantspecialiserat system. Detta

möjliggör också användandet av ett större gemensamt plocklager, vilket minskar komplexiteten i materialförsörjningen.

### **6.3.1 Samplockning**

Samplockning används vid montering av bland annat EX- pumpar, men är en utrymmeskrävande försörjningsmetod eftersom monteringsatsen måste kunna placeras någonstans utefter monteringslinan. Metoden är därför mest lämplig för försörjning av en monteringscell som främst monterar pumpversioner med låg periodicitet och avvikande monteringsstid. Eftersom samtliga artiklar lagras i plocklagret gör detta att linorna i nuläget är längre än vad som är nödvändigt. En förflyttning av pumpar med låg periodicitet från linorna gör att specifika artiklar för just dessa varianter inte längre behöver lagras där. Dessa lagerplatser kan då elimineras och linorna göras kortare. Samplockningen av monteringsatsen ställer dock krav på lagerpersonalen eftersom monteringen förutsätter att artiklarna plockas ned i vagnen i rätt ordningsföljd. Med hjälp av plocklistor som detaljerat beskriver ordningen i vilken artiklarna ska plockas, kan dock en monteringsats tämligen enkelt plockas samman på en kragförsedd pall. 1N- artiklarna behöver inte ingå i monteringsatsen utan kan enligt det nuvarande upplägget placeras fritt i cellen. Under utfasningsperioden av det befintliga Bibo- sortimentet är montering i en monteringscell ett utmärkt komplement till de befintliga monteringslinorna.

### **6.3.2 Integrering av materialförsörjnings- och monteringsfunktion**

Det finns på PVB en mer eller mindre omedveten integrering av materialförsörjnings- och monteringsfunktionerna. När det råder materialbrist i plocklagret hämtar montörerna ofta artiklar i djuplagret eftersom det beskrivs gå fortare på det sättet. Detta fenomen uppstår antingen när lagerpersonalen har mycket att göra eller när använt material inte har räknats av från lagersaldot. För att undvika dubbelarbete eller att lagersaldon blir felaktiga är det i denna situation viktigt att lagerpersonalen är medveten om vilka uttag som görs i djuplagret och vilka kvantiteter det rör sig om. Det enklaste är förmodligen att PVB bestämmer sig för ett förhållningssätt och strikt håller sig till detta. Antingen kan funktionerna integreras fullt ut, det vill säga att montörerna sköter all materialhantering från djuplagret, eller förbjuds montörerna från att göra uttag ur djuplagret utan att lagerpersonalen medverkar.

### **6.3.3 Fördjupning i utvalda monteringslinor**

#### **Lina 39**

På Lina 39 ligger problemet med materialförsörjningen i att varje artikel finns på två olika ställen, ett på vardera sidan av linan. När materialet tar slut på ena sidan upptäcker lagerpersonalen inte detta eftersom affärssystemet inte ger någon indikation på brist. Konsekvensen blir att montören måste engagera sig i att finna rätt artiklar, antingen genom att kontakta lagerpersonalen eller själv förflytta materialet från en sida av linan till den andra. Oavsett vilket alternativ som väljs går värdefull monteringsstid till spillo och orsakar ett irritationsmoment. Dubbla materialadresser innebär dessutom en mer komplex materialförsörjning och är utrymmeskrävande.

#### **Lina 44**

Problemet på Lina 44 är i grund och botten att antalet versioner och varianter är så omfattande att antalet pallställ blir stort och måste spridas över en stor yta. Vid monteringen av en pump måste montören lämna stationen flera gånger för att hämta material som på grund av antalet pallställ ofta är lokaliserat på avstånd från slutmonteringsstationen. Materialhämtandet är mycket tidsödande och minskar avsevärt tiden för direkt montering.

**Lina 46**

Den monteringslina som i undersökningen har störst problem med materialförsörjningen är Lina 46 där materialet är utspritt över en stor yta med komponenter på mycket stort avstånd från linan, se bilaga 5. Under monteringsprocessen måste montörerna kontinuerligt hämta material med en truck som är väldigt tidsödande och minskar andelen direkt monterings- och montörstid. Eftersom de ingående artiklarna i produkterna på denna lina är volymmässigt stora samtidigt som produkterna utförs i ett relativt stort antal varianter är det svårt att hålla hela plocklagret i närheten av linan. Materialet är så utrymmeskrävande att det bara ibland får plats två stycken artiklar på samma pallplats vilket innebär att montering av två likadana pumpar tömmer pallstället på artiklar. I dessa fall går man miste om nyttan med mellanlager och skapar endast merarbete för lagerpersonalen eftersom pallställen är lokaliserade så långt bort att montören inte förlorar någon tid om han istället hämtar artiklarna i djuplagret. En möjlighet är att endast hålla de mest frekventa artiklarna i plocklagret och låta övriga artiklar samlockas direkt från djuplagret när en order initieras. Montörerna sparar på detta viset värdefull monterings- och montörstid och för lagerpersonalen är merarbetet marginellt eftersom de ändå ska transportera materialet till plocklagret. Svårigheten med detta alternativ är att finna den plats i djuplagret som artiklarna kräver. En annan möjlighet är att materialhanterarna varje morgon levererar artiklar för dagens tillverkning.

**6.4 Arbetsorganisation****6.4.1 Monteringsgrupper**

PVB organiserar monteringen i flexibla monteringsgrupper där majoriteten av montörerna kan växla mellan olika linor och följaktligen montera flera olika pumptyper. Gruppens kapacitet är känd för ett bestämt antal montörer men oftast inte begränsad eftersom det förekommer rotation mellan grupperna så att kapaciteten kan anpassas till aktuell produktion. Inom gruppen sker ingen rotation mellan stationer eller arbetsuppgifter eftersom monteringsystemet bygger på att montörerna komplettmonterar samtliga pumpar och då utför samtliga monteringsmoment.

**ARBETSVÄXLING**

Det förekommer viss arbetsväxling inom PVB, dock är växlingen främst knuten till byten mellan två till tre olika monteringslinor där arbetsuppgifterna bara omfattar montering. Arbetsväxling är ett utmärkt sätt att höja kompetensen hos personalen som då blir flexibel och behärskar flera olika uppgifter. När arbetsrotationen leder till ett utökat arbetsinnehåll upplevs det monotona arbetet inte lika betungande att utföra. I enlighet med teorin menar dock många av montörerna att rotationen mellan linorna gör att det ibland blir svårt att hålla isär vissa arbetsmoment, vilket kan leda till att det uppstår monteringsfel som gör att pumpen måste demonteras och sedermera monteras på nytt. Omfattande växling mellan för många pumpmodeller i arbetsuppgifterna resulterar i bristande kvalitet, växling bör istället ske mellan ett väl avvägt antal linor. En berikning av arbetsinnehållet bör därför riktas mot uppgifter av olika karaktär som till exempel materialhantering, orderplanering, kabelklippning, leveransprovning och packning, kontroll och hantering av inkommande gods. Detta är arbetsuppgifter som oftast ett fåtal operatörer ägnar sig åt men skulle lika gärna kunna utföras av fler än just dessa utan att någon omfattande utbildning fordras.

Det är viktigt att påpeka att arbetsväxlingen inte ska utföras med för korta intervall, för att undvika ”spring” måste växlingen mellan arbetsuppgifterna istället ske efter ett schema där ett begränsat antal moment ingår. Tidsrymden för ett arbetsintervall kan exempelvis vara en till

två veckor. Arbetsväxlingen ska inte ske under tvång utan bör endast beröra dem som önskar mer varierande uppgifter och monteringsarbetet ska under alla omständigheter utgöra kärnan i arbetsuppgifterna. Haldex Hydraulics använder sig av arbetsväxling på ett liknande sätt, se bilaga 7, och detta beskrivs fungera tillfredsställande.

#### KOMMUNIKATION

Kommunikationen med andra funktioner hanteras av samtliga i monteringsgruppen och detta är en förutsättning då alla ska kunna utföra varandras uppgifter. Det märks dock att montörerna efterlyser utökad kommunikation med verkstadsledningen, då främst i form av mer frekventa möten. En tät, kontinuerlig kontakt mellan verkstadsledning och montörer är viktig och bör upprätthållas, annars uppstår lätt en ”vi mot dom” känsla vilket innebär att samarbetet kan bli lidande. Uteblivna möten gör också att montörerna känner sig åsidosatta och motivationen minskar.

#### KVALITETSANSVAR

Montörerna har idag, precis som teorin förespråkar, kvalitetsansvar för monterade produkter och detta är en av anledningarna till att produkterna är av hög kvalitet. Kvalitetsansvaret innebär också att montörernas produktkännedom är ingående och tiden för att justera ett fel är därför kort. Avdelningen för produktrevision, som gör stickprov och kontrollerar pumpens kvalitet, informerar montörerna om de fel som upptäcks vilket ytterligare ökar deras kvalitetsmedvetenhet.

#### KOMPETENS- OCH KUNSKAPSNIVÅ

Utbildningen av nyanställda montörer sker internt men det saknas på förhand bestämda normer för vad som ska ingå i utbildningen. Eftersom utbildningen sköts av olika personer blir nyanställda montörer upplärda på skilda sätt. I ISO 9001 finns regler beträffande hur utbildningen ska genomföras och dessa bör tillämpas på PVB. En plan för vilka moment som ska ingå i utbildningen kan upprättas för att montören inte ska gå miste om någon del i utbildningen.

#### FÖRÄNDRINGAR I ORGANISATIONEN

I enlighet med teorin möts alltid en förändring av motstånd, men då den kan motiveras väl kommer berörd personal till insikt med att förändringen leder till någonting positivt. I förändringsarbetet är det viktigt att alla parterna får göra sin röst hörd och att man är lyhörd för varandras argument.

I empirin beskrivs montörerna vara uppdelade i tre ”läger” som har olika förhållningssätt till förändringar. Den grupp av montörerna på PVB som oftast är positiv till förändringar och ser dessa som en utmaning, kan man med fördel låta aktivt delta i förändringsarbetet. Den grupp, inom PVB, som generellt är motståndare till förändringar är svåra att övertyga om att det finns ett behov av förändring. Möjligheten att påverka denna grupp ökar om den grupp som anser att nuläget fungerar tillfredsställande kan övertygas om att förändringen kommer att leda till ett positivt resultat. Lyckas man engagera merparten ur denna grupp kan dessa personer tillsammans med den förstnämnda gruppen komma att fungera som språkrör för förändringen och förhoppningsvis påverka motståndarna. När en förändring ska genomföras är det därför viktigt att identifiera de olika grupperna och att påvisa för framförallt den neutrala gruppen att förändringen kan ge ett önskvärt utfall.

Undersökningen visar att många personer som arbetat på PVB under en längre tid oftast tillhör motståndarna till förändringar. Antagligen har det begränsade antalet förändringar under åren gjort att dessa personer vant sig vid nuvarande situation och därför blivit bekväma och rädda för nya saker. För att motverka den konservativa inställningen till förändringar kan en övre gräns för antalet år inom en och samma avdelning inom företaget införas. På detta viset får man en omsättning av personal vilket förhindrar att det bildas grupper av personer som arbetat alltför länge inom samma avdelning. Förmodligen är denna situation inte unik för PVB utan existerar säkert inom övriga produktverkstäder. En företagslösning är att låta personal byta mellan produktverkstäderna efter ett visst antal år. Det är dock viktigt att poängtera att antalet år inte får bli för litet eftersom alltför omfattande personalomsättning kan orsaka en ”orolig” stämning samtidigt som kompetensnivån urholkas.

Teorin förespråkar att en organisatorisk förändring bör ske i samband med en teknisk förändring och då faller sig införandet av det nya Bibo- sortimentet som ett naturligt tillfälle för omorganisation. Införandet av det nya Bibo- sortimentet kommer att ske långsamt och då ges tid att förankra dessa tankar hos samtliga berörda.

#### FYSISK ÅTERFÖRING

Den fysiska återföringen av felaktiga pumpar ger, enligt teorin, monteringsgruppen ett viktigt kvalitetsansvar och genom att själv åtgärda felet ökar insikten om vilka monteringsmoment som kräver större noggrannhet. Ett bra exempel på detta är pumphjulet som ofta behöver justeras och efter att ha trimmat om pumphjulet ett flertal gånger har montören oftast lärt sig hur detta ska utföras för att bli korrekt från början.

#### ÅTERRAPPORTERING

Idag återrapporteras endast resultaten från produktrevision via kvalitetsmöten som ska hållas varannan vecka. För att montören ska kunna relatera produktens fel till monteringen av densamma bör istället återrapportering ske så fort ett fel upptäcks, enligt teorin helst inom tre dygn för att montören ska kunna relatera till händelsen. Åtterapportering till affärssystemet sker enbart efter det att en godkänd pump har slutmonterats och tack vare kombinationen av korta ledtider och att ingen separat förmontering förekommer upplevs inte en mer frekvent rapportering nödvändig.

#### 6.4.2 Arbetsinnehåll

Tack vare komplettmonteringen av pumparna erhåller montörerna stor kunskap om produkten i sin helhet. Med anledning av detta får montörerna även en större förståelse för nödvändigheten i sitt arbete vilket leder till ett produktionsmässigt helhetstänkande. Vidare uppskattar montörerna komplettmonteringen eftersom de anser att den innebär mer betydelsefulla arbetsuppgifter och detta måste finnas med i åtanke vid utformning av ett nytt monteringsystem. Vissa linor har en montör som utför planeringen för produkterna på aktuell lina och detta är något som verkstadsledningen vill ska sprida sig på monteringsavdelningen. Lyhördheten för planeringsansvar är stor bland montörerna och detta borde verkstadsledningen uppfatta som en signal för att genast påbörja utbildning av fler montörer inom detta område. Planeringsarbetet ger omväxling som är berikande för individen och kan vara ett behagligt avbrott i monteringsarbetet. Haldex Hydraulics, se bilaga 7, nyttjar detta system och när fler montörer behärskar orderplaneringen kan denna aktivitet rotera mellan montörerna och dagens beroende av just dessa montörer blir då inte lika stort. På detta viset kan logistikerna avlastas och istället koncentrera sig på kommunikationen med leverantörerna för att förvissa sig om att rätt material levereras i rätt tid.

Det har i undersökningen framkommit att packningen av pumparna inte tillför något värde för montören och att detta därför skulle kunna ske separat från linorna. En centralisering av packningen frigör tid som kan ägnas åt direkt montering, samtidigt som linorna förkortas när all packningsutrustning finns på ett samma ställe, fristående från linorna. Packningen bör ske på en plats där samtliga emballage, dekalering, manualer med mera förvaras och flödet av dessa artiklar behöver då inte störa övriga materialflödet. Stationen för packning bör företrädesvis placeras i nära anslutning till platsen för utleverans och, för att ge variation, bemannas med montörer enligt ett schema. Detta upplägg för packningen återfinns på PVC och Arjo, se bilagor 4 och 7, och bedöms där vara det mest effektiva sättet att hantera packningen på.

Kabelklippningen uppfattas som enformig men är samtidigt ett välkommet avbrott i monteringsarbetet om det inte utförs i för långa intervall. Eftersom kabel även klipps för fler produktverkstäder än just PVB är en logisk följd att detta utförs centralt på företaget och på grund av utrymmesbristen utanför PVB:s lokaler. Samtliga produktverkstäder skulle då kunna stå för bemanningen av kabelklippningen i olika perioder. Eftersom kabelklippning är en relativt enkel uppgift fodras ingen omfattande utbildning och kan vara ett delmoment i arbetsväxlingen för att berika arbetsinnehållet. Som tidigare nämnts kan på samma sätt materialhanteringen ingå i ordinarie arbetsuppgifter eftersom detta, bland montörerna, uppfattas som positiv variation till monteringsarbetet.

### 6.4.3 Multistrukturerad arbetsorganisation

Den organisationsform som idag finns i monteringsgrupperna är likvärdiga med målstyrda grupper där samtliga gruppmedlemmar kan utföra alla arbetsuppgifter inom respektive lina. När det istället gäller antalet pumpar som var och en kan montera kan den totala arbetsstyrkan på PVB liknas vid en form av matrisgrupp. Vissa medlemmar behärskar pumparna på flera linor medan andra endast kan montera pumparna på ett fåtal, se figur 6.1.

Monteringslina	Montör			
	A	B	C	D
1	X	X		
2	X	X		
3	X		X	
4		X	X	
5	X			X

Figur 6.1 PVB:s monteringsavdelning som en matrisgrupp

Ett alternativ till denna organisationsform är att behålla de enskilda monteringsgrupperna som målstyrda grupper men att, enligt figur 6.2, låta hela monteringsavdelningen likna en nätverksgrupp där montörerna fokuserar på pumparna på endast två monteringslinor. På det här viset kan det spring som flertalet montörer beskriver stora monteringen undvikas och monteringsgruppen blir mer sammansvetsad. Utgångspunkten är alltid en monteringslina men på grund av flexibilitetsbehovet beträffande kapacitet på kort sikt, behärskar samtliga montörer pumparna på ytterligare en annan lina. För att ansvaret ska vara delat bör rollen som gruppens samordnare rotera mellan samtliga medlemmar på ett sätt som liknar det på PVC, se bilaga 4.

Monteringslina	Montör			
	A	B	C	D
1	X			
2		X		X
3			X	
4		X	X	
5	X			X

Figur 6.2 Monteringsavdelningen på PVB som en nätverksgrupp

Detta går delvis i linje med det nya lönesystemet men skillnaden ligger i att istället för att belöna kompetensen att kunna montera ett stort antal pumpar begränsas detta till att endast omfatta pumparna på två olika linor. Lönesystemet kan dessutom bli svårt att realisera eftersom det kommer att kräva omotiverad växling mellan monteringslinorna som endast genomförs för att bibehålla kompetensnivån. Eftersom ingen tillfrågad montör upplever det inspirerande att lära sig nya pumpmodeller utan föredrar andra uppgifter, till exempel orderplanering, kan nätverksgruppen vara en lämplig organisationsform för detta ändamål.

#### **6.4.4 Visualisering**

Teorin beskriver visualisering som ett utmärkt sätt att sprida information i en organisation. De metoder som PVB använder för att sprida informationen till monteringsavdelningen är veckobrev per e- post, möten samt informationen på anslagstavlor. Idag läser merparten av montörerna aldrig den information som presenteras på PVB:s anslagstavlor och de bör därför omstruktureras eller tas bort. Orsaken till att informationen inte läses beror på flera orsaker. För det första får montörerna till stor del samma information i de veckobrev som skickas ut direkt till arbetsplatsen. Den information som presenteras är delvis svårbegriplig och dessutom tenderar viss data vara i stort sett konstant från vecka till vecka. För att öka intresset för anslagstavlorna bör informationen vara unik och ha betydelse för montörerna samt uppdateras frekvent. Arjo, se bilaga 8, använder tv- monitorer som visualiseringsverktyg och detta har förbättrat såväl gruppkänslan som tävlingsandan på företaget och är något som även PVB kan begagna sig av.

Det finns ett stort utbud av olika visualiseringsverktyg, men oavsett vilket som används ska målsättningen tydligt framgå och informationen ska kontinuerligt uppdateras för att gruppen ska veta hur mycket som återstår tills det att målsättningen är uppnådd. Om det existerar ett bonussystem ska detta visualiseras för att locka personalen till att ägna mer tid till att söka information. Eftersom verkstadsledningen formulerar målsättningen är det viktigt att denna engagerar sig i utformningen av informationen som ska visualiseras.

#### **6.4.5 Förslagsverksamhet**

Förslagsverksamheten som är ett bra sätt att främja uppfinningsriktighet och framåtanda beskrivs fungera dåligt och detta gör att många montörer inte lämnar in förslag vilket betyder att företaget går miste om värdefulla idéer från dem som dagligen ägnar sig åt monteringen och är medvetna om eventuella problem. Flera montörer hävdar att det är enklare och snabbare att själva genomföra sina idéer och då förbättras endast den egna arbetssituationen. Detta innebär att förbättringsförslagen varken når fram till övriga montörer eller verkstadsledningen. När förslaget inte går via förslagsverksamheten blir det inte dokumenterat och då kan heller inte övriga produktverkstäder ta del av en lösning som kan förbättra situationen även på deras avdelningar. Montörerna anser att det tar lång tid för många förslag att bli behandlade och att de sällan renderar i någon belöning. Av de 35 förslag som lämnades in av montörer och tjänstemän under år 2002 avslutades 29 stycken av dessa samma år. 8 av de 19 inlämnade förslagen som härstammade från montörerna renderade i en total belöning på 10200 kronor. Detta innebär att drygt 40 % av montörernas inlämnade förslag belönats och att dessa förslag belönats med lite mer än 1000 kronor vardera. Ovanstående data visar att åsikten om att förslagsverksamheten skulle vara långsam och orättvis är felaktig.

Även om förslagsverksamheten fungerar tillfredsställande saknar det betydelse så länge montörerna upplever motsatsen. Montörernas inställning visar sig i det faktum att bara drygt hälften någon gång varit förslagsställare. För att i större utsträckning kunna dra nytta av montörernas kompetens och erfarenheter fordras att fler montörer deltar i



förslagsverksamheten. Belöningen kan, som nu, i första hand vara individuell men för att samtliga anställda på PVB ska samarbeta måste det finnas ett kollektivt incitament. Förslagsverksamheten skulle därför kunna utformas som en tävling mellan de olika produktverkstäderna, där vinnaren varje år erhåller någon form av bonus. Tävlingen kommer att inspirera de anställda till att samarbeta och att lämna in förslag på hur den nuvarande verksamheten kan förbättras. Eftersom förslagen dokumenteras blir personalen på samtliga produktverkstäder medvetna om att de existerar. Förutom att verksamheten på den produktverkstad från vilken förslaget härstammar förbättras, bidrar alltså tävlingen till att förslag kan genomföras på samtliga produktverkstäder. Trots att tanken är att produktverkstäderna ska dela information görs detta inte, tävlingsmomentet är därför den katalysator som behövs för att få igång informationsdelningen. Resultatet i tävlingsmomentet ska kontinuerligt följas upp och kan visualiseras på till exempel en tv- monitor på en gemensam samlingsplats för de anställda på ITT Flygt. Visualiseringen av tävlingsmomentet väcker då ett intresse för att ta reda på den aktuella ställningen gentemot de övriga produktverkstäderna. Man vill då även ta reda på hur den ledande produktverkstaden har gått tillväga för att nå det bästa resultatet och plötsligt skapas ett incitament för att vilja förbättra situationen. På samma sätt kan tävlingsmomentet även tillämpas inom andra områden, till exempel på kvalitetsavdelningen beträffande antalet claimer.

## **6.5 Ergonomi**

Ergonomi ges överlag stort utrymme och utvecklas ständigt på PVB. En del ergonomiskt kritiska moment är svåra att komma åt och kräver ibland stora investeringar eller omorganisation. Det är dock viktigt att PVB fortsätter att sträva efter en bra arbetsmiljö och inte gör avkall på de önskemål som montörerna har beträffande ergonomin. En möjlighet att undvika tunga lyft är att redan på konstruktionsstadiet anpassa komponenternas vikt, antingen så att de utan vidare kan bäras utan hjälpmedel eller så att de inte kan bäras utan hjälpmedel. Genom att på ett tidigare skede sammanföra komponenter kan modulerna erhålla en vikt som gör att de inte är möjliga att lyfta utan hjälpmedel. På det viset undviks den gränzon som kan generera skador på grund av för tunga lyft.

### **REPETITION**

Tack vare att montörerna har uppgifter utöver den direkta monteringen, uppstår inte moment av repetitiv karaktär alltför ofta. Vid centralisering av aktiviteter, till exempel leveransprovning och packning, kan repetition uppstå, men eftersom dessa aktiviteter i sin tur består av ett tämligen stort antal delaktiviteter förefaller denna risk vara liten. Ofta monteras dessutom enstycksorders vilket gör att samma arbetsmoment inte återkommer förrän vid nästa arbetscykel och då minskar risken för arbetsskador på grund av repetition. Arbetsväxlingen på PVB används idag endast i syfte att anpassa kapaciteten till det aktuella produktionsläget på respektive linja, men kan även utnyttjas i andra syften till exempel för att förhindra förslitningsskador på grund av repetition. Växling mellan linorna är nödvändig och ger viss variation i monteringsarbetet, men för att förhindra förslitningsskador krävs omfattande omväxling beträffande arbetsuppgifterna. För att detta ska vara möjligt krävs en arbetsutvidgning, till exempel i form av orderplanering eller materialhantering.

### ANSTRÄNGANDE ARBETSSTÄLLNING/MOMENT

På samtliga monteringslinor förekommer flera moment när komponenter måste tryckas fast i basobjektet eller i varandra. Detta måste ofta göras med fingrarna då det idag inte finns lämpliga verktyg för denna funktion. För att få bukt med problemet kan konstruktionen modifieras, men ett betydligt billigare alternativ är att helt enkelt tillverka verktyg för detta ändamål.

### ÅTERHÄMTNINGSTID

Montören har stora möjligheter att på eget initiativ förebygga uppkomsten av arbetsskador. Montörerna bestämmer i stor utsträckning själva över återhämtningstiden, det vill säga hur ofta raster tas och hur lång tid dessa varar. Under förutsättningen att rätt antal pumpar monteras har montörerna frihet att själva bestämma över sina raster. Detta är också en förutsättning för att relationen verkstadsledning- montörer ska fungera friktionsfritt.

### ÖVRIGA FAKTORER

Ett antal faktorer som inte rör just monteringsssystemet men som ändå påverkar arbetsmiljön är ljud- och ljusnivån samt ventilationen. Bullret från provningsanläggning 1 och tryckluftsskruvdragarna tillsammans med en del andra monteringsmoment gör att hörselskydd alltid måste användas på flera av monteringslinorna. När PVS flyttar ut ur lokalerna kommer beläggningen på provningsavdelningen minska vilket innebär att ljudnivån förmodligen sjunker. Ljusförhållandena anses överlag vara fullt godkända men vissa linor känns dunkla på grund av att de omgärdas av höga pallställ som hindrar ljuset från att nå arbetsplatsen. Några montörer föredrar en lägre nivå på pallställen vilket hade underlättat ljusproblematiken, men på grund av att en viss kvantitet av artiklarna måste vara tillgängliga i plocklagret kan hyllor inte bara tas bort. Den bristfälliga ventilationen däremot förbättras helt enkelt genom att investera i en ny ventilationsutrustning och med stöd av teorin betalar sig denna investering genom en förhöjd arbetsmoral och -motivation hos montörerna.

## 6.5.1 Fördjupning i utvalda monteringslinor

### Lina 39

Arbetsförhållandena på monteringslinan, där PVB:s lättaste pumpar monteras, är de sämsta för de utvalda linorna inom PVB. På Lina 39 monteras bland andra pumptyperna Ready 8 och 12 och dessa väger ungefär 11.5 kg. Detta innebär alltså att vikten ligger precis under företagets gräns för vad som får lyftas av kvinnor utan lyfthjälpmiddel. Eftersom travers saknas på linan måste montörerna upprepade gånger bära pumparna utan hjälpmedel varje gång en pump monteras. Avsaknaden av lyfthjälpmiddel är främst kritiskt för de kvinnliga montörerna men i längden även för de manliga. Med Ready 12 -pumpen tillkommer även ett externt startskåp med en vikt på runt tre kg och då överstiger den totala vikten gränsen för vad kvinnor tillåts lyfta utan hjälpmedel samtidigt som de manliga montörerna befinner sig i farozonen. Monteringen av Ready- pumparna strider alltså mot ITT Flygts centralt uppsatta ergonomiska krav. Eftersom monteringen, av utrymmesskäl, i dagsläget inte kan utföras på vagnar eller liknande mobil enhet, måste någon form av travers eller annat lyfthjälpmiddel installeras.

### Linorna 44 och 46

Det förekommer främst på Lina 46 men även på Lina 44 arbetsmoment där tunga artiklar ska lyftas från plocklagret till basobjektet. Ofta handlar det då om lyft där montören har möjlighet att använda traverser men ändå lyfter materialet manuellt eftersom det då åtgår mindre tid. Dessa lyft är inte repetitiva men däremot väldigt tunga, långt över de uppsatta gränsvärdena. För att undvika att montören utför dessa lyft krävs information till de enskilda montörerna

angående vilka artiklar som inte får lyftas utan hjälpmedel samt kontroll av att detta efterlevs. På majoriteten av monteringslinorna ges även möjlighet att, under monteringen, samtala med varandra och detta är en förutsättning för att monteringen ska fortskrida på ett friktionsfritt sätt. Montörerna på dessa två linor är dock, på grund av ljudnivån, tvungna att bära hörselskydd och detta är ur social synpunkt inte bra eftersom möjligheten till spontan kontakt mellan medarbetarna försvinner, vilket sänker arbetsmoralen. Direktkontakt med andra individer i monteringen är nödvändig och denna försämras på grund av svårigheten att kommunicera vid högt bakgrundsljud.

## **6.6 Utformning av utvalda monteringslinor**

Samtliga respondenter i undersökningen är överens om att ett annorlunda upplägg på monteringen i PVB skulle leda till att fler pumpar per tidsenhet kan monteras. Detta är centralt för undersökningen eftersom det indikerar att montörerna är medvetna om att en förändring av monteringsystemet kan leda till ökad produktivitet. Ingen montör ger dock något konkret förslag på hur ett nytt upplägg kan utformas och detta har förmodligen sin förklaring i oviljan till förändringar. Det upplevs viktigare att förmedla hur ett monteringsystem inte ska se ut snarare än hur det ska se ut. Inställningen till att inte vilja genomföra förändringar kan bara påverkas genom att påvisa att förändringarna ger ett förbättrat resultat.

Erfarenhet beskrivs vara den viktigaste faktorn vid utformningen av ett nytt monteringsystem och något strukturerat tillvägagångssätt existerar inte. Samma fenomen har i undersökningen även kunnat konstateras finnas på samtliga produktverkstäder inom Flygt i Emmaboda och detta är ett bevis på att samtliga monteringsystemen på ITT Flygt har utformats med utgångspunkt i företagskulturen. Även om detta system för utveckling av monteringsupplägget eventuellt medför ett gott resultat, föreligger det en risk när endast ett fåtal personer besitter viss kunskap. Den dag nyckelpersonerna lämnar företaget försvinner erfarenheten eftersom individen tar kompetensen med sig. Om ett strukturerat tillvägagångssätt för utformningen istället utvecklas kan denna kunskap dokumenteras och bevaras inom företaget. Ett förslag på metodik för detta tillvägagångssätt redovisas i kapitel 4 och genomförs praktiskt, senare i detta kapitel. Utformningsmodellen är, med bakgrund av den studerade teorin i ämnet, utvecklad av författarna själva och bör efter behov redigeras av berörd personal för att ytterligare anpassas för aktuell situation. Utformningsmodellen används på en systemkonceptuell nivå och resulterar inte i detaljerade förslag på hur ett enskilt monteringsupplägg ska se ut. Snarare ger modellen möjlighet att bestämma ramvillkoren för hur monteringsupplägget bör anpassas efter produkternas olika egenskaper, såsom vikt, tillverkningsvolym och flexibilitet.

Med stöd av teorin kommer utformningen inte att baseras på matematiska beräkningar utan endast resonemang kring olika alternativ. Det förekommer dock undantag där enklare beräkningar fungerar som stöd för såväl kapacitetsberäkningar som kriterieviktning och uppfyllnadsanalys. För att illustrera hur modellen kan användas har vi valt att applicera den på de tre utvalda monteringslinorna i PVB:s monteringsystem. När modellen tillämpas i ett framtida projekt bör utformningsgruppen bestå av representanter från olika avdelningar inom PVB, men i denna studie kommer utformningsgruppen endast att utgöras av författarna. Vissa steg, som till exempel kriterieviktning, har dock utförts i samråd med såväl montörer som verkstadsledning.

Utvärderingsmodellen saknar begränsningar och skulle därför kunna användas även vid utformningen av andra typer av tekniska system, till exempel ett materialförsörjningssystem. Detta ligger dock utanför projektets gränser och är därför ingenting som vidare kommer att behandlas.

### **6.6.1 Kartläggning av påverkande faktorer beträffande produkten**

Vid kartläggningen av påverkande faktorer behandlas monteringslinorna separat i de fall där det finns utrymme att särskilja dem, övriga faktorer kommer att behandlas gemensamt eftersom de tre monteringslinorna i många fall har likvärdiga förutsättningar.

#### MODELLER OCH VARIANTER

##### **Lina 39**

Eftersom fixturerna är anpassade för samtliga pumpmodeller sker i nuläget ingen omställning av monteringsutrustningen. Samma lösning beträffande fixturerna kan därför utnyttjas vid utformningen av ett nytt monteringsupplägg. Montering sker oftast i batcher om tre till sex produkter av samma variant, varför risken för att plocka fel artikel är förhållandevis liten. I dagsläget monteras aldrig olika pumpmodeller eller varianter i samma batch, men det finns inga restriktioner för att detta inte skulle kunna ske.

##### **Lina 44**

Pumpmodellernas basobjekt har samma dimension och monteringsfixturerna kan därför användas för linans samtliga produkter och varianter. Vid linan monteras dock ett stort antal versioner/varianter och eftersom slutmontering i dagsläget endast kan utföras på en pump åt gången, i vardera av de tre slutmonteringsstationerna, begränsas linans flexibilitet beträffande kapaciteten.

Linan har produkter som utförs i ett stort antal varianter och eftersom flera av dem har mycket låg periodicitet kan dessa med fördel monteras i en separat monteringscell. För att monteringscellen ska beläggas med tillräckligt stor tillverkningsvolym är det viktigt att den samlar upp ”slaskpumpar” från samtliga monteringslinor på PVB. Med slaskpumpar avses pumpar med låg periodicitet eller avvikande lång monteringsstid, till exempel EX- pumpar. En motsvarande monteringscell, i form av en monteringslina, finns på PVS, se bilaga 9, där en ensam montör monterar slaskpumparna och detta beskrivs fungera tillfredsställande. Monteringscellen kan utformas för att kunna montera samtliga pumptyper på PVB och då ges möjligheten att understödja monteringslinor med tillfälligt hög beläggning.

##### **Lina 46**

På linan monteras batcher om 1- 4 pumpar och dessa är alltid av samma modell men ofta i olika versioner och/eller varianter. Montering av olika versioner är på vissa andra linor ett problem för montörerna då de tycker att risken för att fel artikel hamnar i fel pump är stor. Det problemet finns inte på Lina 46 och tyder på att problemet på andra linor endast är en anpassningsfråga. Eftersom nästan inga artiklar i två pumpmodeller är gemensamma och dessutom är placerade i olika pallställ utspridda över en stor del av lokalen, är montering av två olika modeller inte tidsbesparande.

#### TILLVERKNINGSVOLYMER OCH PERIODICITET

Om PVB byter monteringsupplägg måste det antagas att detta beror på att monteringen ska förbättras ur någon synvinkel. Förändringar i ett monteringsystem bygger på att systemet ska ge en högre produktivitet med samma eller utökade resurser. När ett nytt systemförslag dimensioneras måste detta därför utformas med hänsyn till dagens erforderliga antal montörer

även om monteringstiden antagligen reduceras med effektivare upplägg. Likadant måste ett nytt monteringsupplägg dimensioneras så att det kan svara mot framtida förändringar i efterfrågan.

För att kunna bedöma antalet montörer som fordras på respektive monteringslina har kapacitetsberäkningar utförts. Strävan efter att fastställa ”worst case” har gjort att vi vid beräkningarna har använt den tillverkningsvolym som av de fem senaste åren och prognosen för år 2003 har varit högst, se figurerna 6.3, 6.4 och 6.5. Beräkningarna ger ett riktmärke över hur stort antal montörer som fordras på lång sikt fordras för att montera aktuella tillverkningsvolymen med dagens monteringsupplägg. Vi tar inte hänsyn till förändringar i beläggningen på kort sikt som till exempel säsongsvariationer.

### Lina 39

Produkt	Högsta tillverkningsvolym (st)	Monteringstid	Sammanlagd monteringsstid (min/år)
2004.210	6629	41.6	275766
2008.210	3791	41.6	157706
2012.210	400	55.7	22280
<b>Totalt</b>	<b>10820</b>	-	<b>455752</b>

Figur 6.3 Kalkylerade monteringsstider för lina 39

Antal arbetstimmar per år=1790.1

Erforderlig monteringsstid per år=455752/60=7595.9 timmar

Erforderligt antal montörer=7595.9/1790.1= 4.24 st

Idag bemannas Lina 39 normalt av fyra montörer och det verkar enligt beräkningarna vara ett något lågt antal, dock har tillverkningsvolymen sjunkit och det är inte rimligt att tro så många pumpar som 10820 pumpar kommer att tillverkas under ett år. För att försäkra sig om att det inte råder kapacitetsbrist på lång sikt bör därför linan dimensioneras för att utan svårigheter kunna bemannas med minst fem montörer.

### Lina 44

Produkt	Högsta tillverkningsvolym (st)	Monteringstid	Sammanlagd monteringsstid (min/år)
2125.051	145	240.5	34873
2125.181	1177	143.5	168900
2125.220	50	139.2	6960
2125.320	25	231.2	5780
2125.690	10 <sup>177</sup>	231.2	2312
2140.010	220	146.4	32208
<b>Totalt</b>	<b>1627</b>	-	<b>251033</b>

Figur 6.4 Kalkylerade monteringsstider för lina 44

Antal arbetstimmar per år=1790.1

Erforderlig monteringsstid per år=251033/60=4183.9 timmar

Erforderligt antal montörer=4183.9/1790.1= 2.34 st

<sup>177</sup> På grund av att pumpmodellen är på väg ur sortimentet används inte den högsta tillverkningsvolymen för denna period utan en prognostiserad sådan för år 2003 som är mer rimlig i sammanhanget

Idag bemannas Lina 44 normalt av två eller tre montörer och det är enligt beräkningarna ett lagom stort antal. För att undvika kapacitetsbrist i framtiden bör en ny monteringslina utformas så att det finns möjlighet att bemanna denna med tre montörer.

### Lina 46

Produkt	Högsta tillverkningsvolym (st)	Monteringstid	Sammanlagd monteringsstid (min/år)
2201.011	300	325.2	97560
2250.011	215	389.0	83635
2290.010	31	389.0	12059
<b>Totalt</b>	<b>546</b>	-	<b>193254</b>

Figur 6.5 Kalkylerade monteringsstider för lina 46

Antal arbetstimmar per år=1790.1

Erforderlig monteringsstid per år=193254/60=3220.9 timmar

Erforderligt antal montörer=3220.9/1790.1= 1.80 st

Linan bemannas oftast med en till två montörer och detta är enligt beräkningarna ett rimligt antagande. Av utrymmesskäl är det inte möjligt att använda sig av mer än ett lyftbord och eftersom ökad montörstäthet inte nämnvärt förbättrar produktiviteten bör linan heller inte bemannas med fler montörer.

## PRODUKTERNAS VOLYM, VIKT OCH KOMPLEXITET

### Lina 39

Pumptyperna som monteras på Lina 39 väger mellan 9 till 15 kg och orsakar ur ergonomisk synvinkel en restriktion eftersom Flygts gränsvärden för lyft utan hjälpmedel ligger på 12 och 15 kg för kvinnor respektive män. Detta innebär att alla manuella lyft av produkten i sin helhet bör undvikas. Artikelantalet för Ready- pumparna är ungefär 70 och de kategoriseras därför som medelkomplexa produkter. Svårighetsgraden i monteringen betraktas heller inte som hög och eftersom Ready- pumparna inte behöver trimmas är de undersökningens minst komplexa produkter.

### Lina 44

De restriktioner som beror på pumparnas vikt är att de inte under några omständigheter får lyftas manuellt vid något stadium i monteringsprocessen. Det innebär att lyfthjälpmiddel alltid måste finnas tillgängliga då pumpen ska förflyttas mellan olika stationer. Pumparna på Lina 44 innehåller ungefär 120 olika artiklar och kan enligt teorin betraktas som medelkomplexa produkter. Trimningen är dock ett kritiskt moment och fordrar erfarenhet, vilket gör att produkterna istället bör betraktas som tämligen komplexa.

Merparten av undersökningens mellanstora pumpar väger runt 90 kg och ger utrymme för förändringar av monteringsprincipen. En intressant jämförelse kan göras med PVC, se bilaga 4, vars pumpar väger ungefär lika mycket som pumptyperna 2125 och 2140 och samtliga monteras på en monteringsvagn. Eftersom monteringsprocessen beskrivs fungera bra vid vagnmontering anser PVC:s produktionstekniker att detta är en naturlig monteringsprincip för pumpar i denna viktklass. Pumparna 2125- 320 och 2125- 690 väger nästan dubbelt så mycket som övriga 2125- pumpar och vid ett eventuellt monteringsupplägg med monteringsvagnar bör dessa på grund av sin vikt monteras separat i en monteringscell.

**Lina 46**

Eftersom pumparna är besvärliga ur såväl volym- som viktmässig synvinkel reduceras alternativen för utformningen av denna monteringslina. Magnus Nordström som är produktionstekniker på PVC, se bilaga 4, menar att gränsen för vilken vikt en pump kan ha när den monteras på en manuell vagn är cirka 150 kg och för en elmotor driven vagn 500 kg, varför vagnmonteringsalternativet måste förkastas för denna lina. Eftersom komponenterna på Lina 46 måste lyftas till basobjektet med travers eller annat lyfthjälpmiddel går fördelarna med ställbara monteringsfixturer förlorade. Det lyftbord som montörerna har till sitt förfogande är nödvändigt eftersom arbetet förutsätter montering vid olika höjder från olika håll. De upprepade lyften med traverser är tidskrävande men nödvändiga på grund av artiklarnas tyngd. Liksom för pumparna på Lina 44 är pumpmodellerna på Lina 46 tämligen komplexa enligt samma resonemang som fördes ovan. Montörerna på Lina 46 leveransprovar dock inte sina egna pumpar vilket till viss del försvårar justeringen av trimningen.

På samma sätt som för Lina 44 tillverkas här ett antal udda produkter med låg periodicitet och dessa kan monteras i en separat monteringscell. Det är dock viktigt att ha i åtanke att produkterna skiljer sig från övriga produkter beträffande vikt och volym. Monteringscellen måste därför utrustas så att flera olika monteringsprinciper kan utföras och att omställningen dem emellan kan genomföras utan större tidsanspråk.

**FLEXIBILITET MED AVSEENDE PÅ FÖRÄNDRADE TILLVERKNINGSVOLYMER**

Variationen i efterfrågan är så pass omfattande att den ordinarie bemanningen på flera av linorna inte uppnår målsättningen beträffande packningsservicegraden vid ordertoppar. För att kunna variera kapaciteten på kort sikt kan en separat monteringscell, där samtliga pumpmodeller kan monteras, understödja den monteringslina där behovet finns. Monteringscellen bör endast vara avsedd att understödja linor med akut behov och skulle det visa sig finnas ett behov under en längre tidsperiod bör istället en större förändring av den aktuella monteringslinan övervägas.

**Lina 39**

Marknadsavdelningen på Flygt förutspår en ökad efterfrågan av Ready- pumparna och i sin nuvarande form visar beräkningarna ovan att linan inte kommer att kunna svara mot en alltför stor ökning. Om man däremot analyserar framtida efterfrågan genom att studera tillverkningsvolymerna bakåt i tiden kan slutsatsen dras att efterfrågan med stor sannolikhet inte kommer att förändras nämnvärt för Ready 4/8. Framtida efterfrågan på Ready 12 är däremot mer osäker på grund av att den är en relativt ny produkt. Under produktens första år tillverkades 55 pumpar men prognosen säger att orderingången för år 2003 kommer att vara ungefär 400 stycken. Totalt har årsproduktionen sedan ordertoppen år 2001 stangerat och detta innebär att kravet på flexibilitet, med avseende på tillverkningsvolym, inte nämnvärt behöver förbättras. Det kan dock uppstå en oväntad ökning av efterfrågan och eftersom kapacitetsökningen på Lina 39 endast kan göras i begränsad omfattning kan detta orsaka problem.

**Lina 44**

Linans monteringsupplägg orsakar i sin utformning låg flexibilitet eftersom endast en pump åt gången kan monteras på vardera slutmonteringsstationen. Idag är detta inget som behövs tas större hänsyn till eftersom efterfrågan har varit konstant avtagande de senaste fem åren samtidigt som en ökad efterfrågan kan mötas genom att den tredje slutmonteringsstationen bemannas. Flexibiliteten är alltså i dagsläget tillräcklig, men när dessa produkter kommer att ersättas av det nya Bibo- sortimentet behövs ett nytt ställningstagande göras.

**Lina 46**

Tillverkningsvolymen har varit stabil under de senaste fem åren och några större svängningar har inte förekommit. Tidigare beräkningar visar att monteringslinans kapacitet är tillräcklig för att kunna svara mot en mindre ökning av efterfrågan. Med ytterligare ett lyftbord på linan skulle flexibiliteten öka men bristen på utrymme i kombination med att ingående material endast kan levereras till linan från ett håll omöjliggör detta.

**MODULANVÄNDNING**

Även om Bibo- pumparnas föråldrade konstruktion innebär begränsningar beträffande användningen av moduler finns möjligheten att använda sig av modulindelning redan idag. Tanken bakom modularisering är dock att man redan på konstruktionsnivå utformar de ingående delarna i ”legobitar” som passar i varandra oavsett detaljutformning. Eftersom pumparna i sig inte är modulanpassade måste man angripa problemet från andra hållet och leta möjligheter i befintlig konstruktion. Går man bakvägen för att hitta områden där moduler kan användas hamnar man dock utanför modultänkandets gränser och befinner sig snarare under begreppet förmontage. Användning av moduler och förmontering ger likartade förutsättningar för monteringsupplägget och dess för- och nackdelar beskrivs nedan.

**FÖR- OCH SLUTMONTERING**

Monteringen av samtliga pumptyper på PVB sker vanligtvis på sex stycken stationer där två av dem, statorkrympningen samt monteringen av axelenheten, kan betraktas som förmontage. Eftersom monteringsystemet bygger på komplettmontering utförs dessa sysslor oftast av samma montör som sedermera slutmonterar pumpen. En större andel förmontering leder dock till kortare och mer flexibel slutmontering vilket är önskvärt ur flödesmässig synvinkel.

Idag sker all förmontering i ett flöde där förmonteringen utförs när behovet uppstår. Det är dock möjligt att lyfta ut en del arbetsmoment och placera dem i ett parallellflöde där man monterar mot prognos. Vid förmontering i ett parallellflöde blir linorna kortare och upptar mindre plats i lokalen, dock måste plats avsättas för förmonteringsstationen om man inte väljer att förlägga denna utanför PVB:s lokaler. Vidare blir antalet artiklar i plocklagret färre, vilket idag skapar problem på grund av det stora antalet versioner och varianter. Ett mindre plocklager gör att montörerna får ett mindre gångavstånd vid hämtningen av artiklarna och på så sätt ökar andelen direkt monteringsstid samtidigt som hanteringsförlusterna minskar.

Förmontering av statorn i statorhuset på en separat plats har tidigare diskuterats och detta är någonting som vidare borde undersökas. Detta skulle framförallt vara fördelaktigt vid montering av de pumptyper där statorn värms i statorhuset eftersom statorpaketets kylningsprocess tar tid i anspråk och montörerna då inte behöver planera med hänsyn till denna. Det nya Bibo- sortimentet med gemensamma statorer för B- och C- pumpar samt mixers innebär att förmontaget till och med skulle kunna flyttas ut ur PVB:s lokaler och utföras centralt för hela fabriken eller redan hos leverantören. Merparten av montörerna i undersökningen har ställt sig positiva till detta och menar att deras arbetsinnehåll inte utarmas av en eventuell omstrukturering vilket är en förutsättning för en bra arbetsmiljö.

**TESTSTATIONERNAS LOKALISERING****Lina 39**

Leveransprovningsen sker i nära anslutning till slutmonteringsstationerna och pumpen förflyttas dit manuellt. Eftersom monteringsprocessen anses vara så pass säker testas endast en Ready- pump per batch och då den är trimfri är det heller inte, ur kvalitetssynpunkt, nödvändigt att montören leveransprovar sin egen pump. Av denna anledning kan en och



samma montör leveransprova pumparna medan övriga utför monteringen. För att undvika att balanseringsförluster uppstår bör denna montör även utföra andra moment, till exempel packning.

#### **Lina 44**

Då pumptyperna på Lina 44 ska ersättas med pumpar ur det nya Bibo- sortimentet kommer den nuvarande leveransprovningstationen att ersättas av en automatiserad teststation. Om monteringsprocessen visar sig kunna betraktas som säker behöver endast en mindre andel pumpar testas, vilket gör det möjligt att utnyttja en gemensam teststation med pumptyper från andra linor. Förutsättningen är förstås att även de andra pumptypernas monteringsprocess kan betraktas som säker och i nuläget gäller detta endast processen för Ready- pumparna. Det nya Bibo- sortimentet är dessutom trimfritt och det behöver därför inte ur kvalitetsmässig synvinkel ställas krav på att montören ska leveransprova sin egen pump.

#### **Lina 46**

I nuläget leveransprovas pumparna separat av annan personal än den som bemannar monteringslinan. Pumpen lämnar då linan under en viss tid och om den inte godkänts vid leveransprovningen flyttas pumpen tillbaka till linan för justering. Detta innebär att om lyftbordet redan är fullbelagt måste montörerna avvakta med att åtgärda den underkända pumpen, då uppstår risk för leveransförsening. Eftersom pumparna på Lina 46 inte berörs av de nya Bibo- sortimentet kommer samtliga pumpar att även i fortsättningen behöva leveransprovas, vilket enklast sker i provning 1.

#### **Gemensam leveransprovning**

För att det tidsmässigt ska vara motiverat att utföra leveransprovningen centralt på PVB krävs en noggrann analys av hur stor andel av pumparna som efter leveransprovning måste justeras. Om andelen pumpar som måste justeras är alltför stor går tidsbesparingen med att all provning sker på en plats förlorad på grund av återtransport av underkända pumpar. Den centrala anläggningen för leveransprovning som tidigare användes på PVB beskrevs som en flaskhals i monteringen, men eftersom leveransprovningen idag kan automatiseras kommer den att kunna genomföras på betydligt kortare tid och behöver då inte bli någon flaskhals. Sett ur ett längre perspektiv finns det ytterligare fördelar med en central provningsavdelning. När det nya Bibo- sortimentet tas i bruk försvinner trimningsmomentet och produktionsprocessen kan då antagas bli så pass säker att det inte längre är nödvändigt att leveransprova samtliga pumpar. Vid provning av endast en pump per batch är det inte försvarbart att bibehålla en provningsanläggning per lina, främst på grund av det utrymme som en provningsanläggning tar i anspråk i en redan utrymmesmässigt begränsad lokal men också på grund av arbetsmiljömässiga skäl som hygien och ljudnivå. PVB borde ha som målsättning att göra monteringsprocessen så pass säker att det blir möjligt att kontinuerligt minska andelen pumpar som leveransprovas utan att göra avkall på kvaliteten. Om både leveransprovning och packning utförs centralt bör dessa aktiviteter utföras i nära anslutning till varandra och i närheten av den plats där utleveranserna sker.

#### **SEKVENSBUNDENHET HOS MONTAGET**

Pumparna kan endast monteras i en viss ordningsföljd och utformningen av ett nytt monteringsystem måste anpassas till denna. Eftersom många skruvförband fästes med olika vridmoment måste flera olika momentdragare användas. Bytet mellan två momentdragare med olika momentinställning gör att montören måste reflektera över vilken utav de två som ska användas för det aktuella förbandet och hanteringsförluster uppstår därför. Om konstruktionen kunde utformas så att endast ett fåtal olika vridmoment utnyttjades skulle

monteringen förenklas och hanteringsförlusterna reduceras. Detta skulle också leda till att det totala antalet momentdragare i monteringsystemet kan reduceras. För att slippa byta verktyg varje gång som skruvar med olika moment ska dras är det också möjligt att använda förprogrammerade momentdragare.

#### KVALITETSKRAV

ITT Flygt är certifierat enligt ISO 9001 och detta innebär för monteringsystemet att pumparna ska provas och jämföras med FPC. Utformningen begränsas i den bemärkelsen av att det inte får göras avkall på provningsrutiner och att erforderliga teststationer måste upprättas (teststationer behandlas separat nedan). För att kunna försäkra kunden om hög kvalitet på pumparna måste även utrustning för högspänningstest och täthetsprovning finnas tillgänglig i ett nytt monteringsystem. För att uppnå hög säkerhet krävs att högspänningstestet genomförs i slutskedet av monteringsprocessen, precis innan leveransprovnings, samt att det sker inom ett fysiskt avgränsat område. I nuläget använder PVB nästan uteslutande provhytter som är utrymmeskrävande och som är otympliga att placera pumpen i. Genom att istället som PVX, se bilaga 6, utnyttja sensorer som avbryter testet om de passerar kan värdefullt arbetsutrymme frigöras.

### 6.6.2 Kartläggning av påverkande faktorer beträffande lokalen

Monteringsavdelningen på PVB är utrymmesmässigt bristfällig då tio stycken monteringslinor är placerade på en tämligen liten yta där även kabelklippning och körutrymme för truckarna ryms. Pelarindelningen är ett stort problem som begränsar såväl antalet monteringslinor som hur dessa kan utformas och var de kan placeras. Av denna anledning blir även alternativen för materialförsörjningen begränsade.

#### Lina 39

Lina 39 lider av utrymmesbrist som till viss del begränsar antalet utformningsalternativ. När linan ursprungligen tog i bruk utfördes monteringen på vagnar med vardera tre fixturer, men på grund av utrymmesskäl fungerade inte upplägget tillfredsställande och detta måste tas hänsyn till vid en ny utformning.

#### Lina 44

Pelarnas placering innebär att transporten med travers längs med linan måste delas upp vid förflyttningen av basobjekten mellan linans olika stationer. I dagsläget används två traverser och en rullbana för att transportera basobjektet från stator/axelmonteringen till slutmonteringsstationerna. En möjlighet att kringgå detta problem via golvet transportera basobjektet för att reducera den hanteringstid som dagens förflyttning kräver.

#### Lina 46

Lina 46 har en begränsad yta som framförallt påverkar materialförsörjningen där vissa artiklar, främst på grund av att de är volymkrävande, befinner sig i ett plocklager med stort avstånd från arbetsplatsen. Eftersom en del av materialet måste placeras i anslutning till lyftbordet begränsas arbetsytan så mycket att ett ytterligare lyftbord inte är möjligt att placera på linan.

### 6.6.3 Kartläggning av påverkande faktorer beträffande befintlig utrustning

PVB har alltid för avsikt att behålla fungerande befintlig utrustning i så stor utsträckning som möjligt när en ny utformning genomförs. Detta gäller främst verktyg, bänkar och fixturer som är anpassade till det befintliga produktsortimentet. Denna policy har både för- och nackdelar, nyinvesteringar ofta är dyra och det finns heller inte någon anledning att investera i ny

utrustning när den befintliga fungerar tillfredsställande. Bestämmer man sig istället för att från början utnyttja befintlig utrustning i ett nytt monteringsystem kan det innebära att systemkonstruktören blir låst i utvecklingsskedet och försöker anpassa det nya systemet efter den gamla utrustningen. Om inte monteringsystemets delar kontinuerligt uppdateras är dessutom risken stor att vissa delar blir förlegade och att monteringsystemet blir mindre konkurrenskraftigt. Dagens utrustning är till största del gammal men den fungerar ändå tillfredsställande då monteringen uteslutande är manuell.

#### **6.6.4 Kartläggning av påverkande faktorer beträffande personalen**

Kompetensnivån bland personalen i PVB är överlag hög och montörerna behärskar ofta flera pump typer och produktkännedomen är hög. Monteringsprincipen är ungefär densamma för samtliga pumpmodeller varför en vidareutbildning kring monteringen inte är nödvändig. Monteringsavdelningen på PVB består av såväl manliga som kvinnliga montörer och därför måste hänsyn tas till de olika fysiska förutsättningarna som föreligger. För monteringen innebär detta att produkter/komponenter med en vikt på över 12 kg inte ska lyftas utan hjälpmedel. Eftersom både kvinnor och män ska kunna arbeta i samtliga monteringslinor måste dessa utformas för att ta hänsyn till denna restriktion.

De äldre montörerna skulle förmodligen inte uppskatta en förändring av monteringsupplägget eftersom denna grupp ofta tenderar att trivas med den befintliga situationen. Detta orsakas av att förändringar generellt ogillas och att montörer som behärskar en uppgift är ovilliga att lära sig nya uppgifter då det ökar risken för att någonting utförs felaktigt. Under förutsättning att en förbättring kan påvisas upplevs den yngre generationen montörer vara mer lyhörd för förändringar av monteringsupplägget. För att skapa en bättre attityd och motivation hos montörerna så att de ska kunna prestera bra vid införandet av ett nytt monteringsupplägg är en förändring, enligt Porter et al, av de anställdas kunskaper och attityder nödvändig i denna situation.

#### **6.6.5 Bestäm mål för det nya systemet**

Tillsammans med verkstadsledningen och montörer har målsättningen för vad som är viktigt vid utformningen av ett nytt monteringsystem diskuterats. Utifrån åsikterna har följande mål definierats:

*”Att utforma ett effektivt och flexibelt monteringsupplägg med ett enkelt monteringsflöde som samtidigt ger montören meningsfulla arbetsuppgifter och inte gör avkall på ergonomi.”*

Huvudmålet som har formuleras ovan är en väl fungerande helhet och den bryts ner i delmål som ligger till grund för kriterieutformningen. En del av målen behandlas som ”måste- mål” och andra som ”önskvärda- mål”. Vid utformningen har vi genom intervjuer och kriterieviktningen försökt göra en vägning av vilka mål som måste anses vara av störst vikt. När företaget väljer att sätta upp mål för ett nytt system bör detta göras med samtliga berörda parter som får delge sina åsikter.

#### **6.6.6 Kriterieutformning**

Teorin menar att kriterierna ska utformas av en grupp sammansatt av representanter från olika befattningskategorier men har i projektet utformats av författarna själva. Vi har också valt att inte ta hänsyn till de ekonomiskt kvantifierbara kriterierna eftersom de ligger utanför projektets ramar. För att kunna utvärdera systemförslagen på ett rättvist sätt, när utformningen sker skarpt, bör även dessa finnas med i ett beslutsunderlag. Nedan följer de tio kriterier, produktionstekniskt beroende såväl som individberoende, som valts ut som de kritiska

parametrar som ligger till grund för viktningen. Kriterierna är formulerade utifrån det definierade målet i föregående avsnitt. Varje kriterium har en efterföljande förklaring på respektive kriteriums innebörd och dessa har även delgivits de respondenter som har deltagit i viktningssfasen.

#### **Produktionstekniskt beroende kriterier**

1. Flexibilitet med avseende på tillverkningsvolym.
  - Möjlighet att anpassa tillverkningsvolym till efterfrågan
2. Flexibilitet med avseende på produkt/variant
  - Möjlighet att kunna tillverka olika produkter/varianter
3. Effektivt monteringsflöde
  - Enkelt flöde, kort genomloppstid
4. Säkerhet i monteringsprocessen
  - Genom att följa ett bestämt mönster minskar risken för att tillverka en felaktig pump
5. Produktivitet
  - Antalet monterade pumpar per montör och tidsenhet

#### **Individberoende kriterier**

6. Ergonomi
  - Möjligheten att tillverka en pump utan att utsätta sin kropp för felaktig belastning
7. Arbetstillfredsställelse
  - Tillfredsställande arbetsuppgifter
8. Självständighet i arbetet
  - Möjligheten att kunna arbeta oberoende av någon annan
9. Möjlighet till ansvarstagande
  - Ansvar som även kan påverka andra i gruppen, t ex orderplanering, materialhantering
10. Variation i arbetsuppgifterna
  - Arbetsuppgifter av olika karaktär

De kriterier som används är anpassade till utformningen av hela PVB:s monteringsystem och inte för en speciellt utvald monteringslina. Vid utformningen av endast en monteringslina kommer troligtvis andra kriterier att anses viktigare. Beroende på vad som ska utformas måste helt enkelt valet av kriterier anpassas till den aktuella situationen och noga övervägas för att vid uppfyllnadsanalysen uppnå rättvisande resultat.

### **6.6.7 Skisserande av nya system**

Genom brainstorming utformade vi ett antal systemalternativ och genom att jämföra dessa med de restriktioner som existerar föll ett antal av dem omedelbart bort. Skisserna är endast principlösningar och innehåller inga detaljer om vilka verktyg som ska användas eller den exakta placeringen av dessa. De två förslag för vardera berörda lina som sedermera genomgår uppfyllnadsanalysen presenteras nedan.

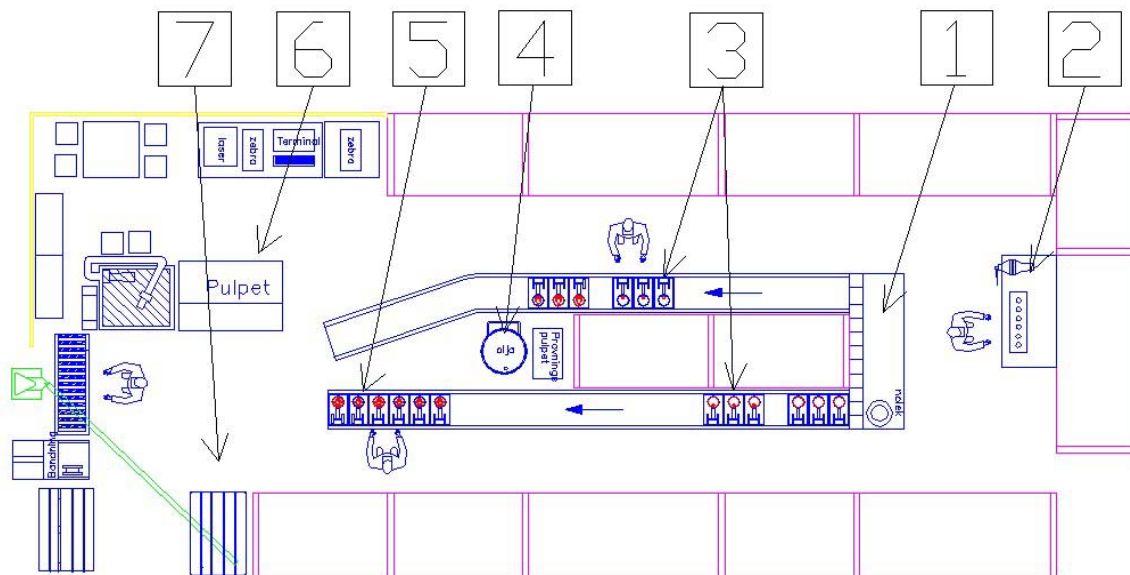
#### **Lina 39**

Pumparnas låga vikt och begränsade storlek möjliggör många olika typer av monteringsupplägg, den restriktion som framför andra begränsar systemalternativen är bristen på utrymme. Ready- pumparna har samma dimensioner på basobjekten, varför inga omställningar av fixturer är nödvändiga. När det gäller erforderlig kapacitet på lång sikt visar beräkningarna att dagens fyra montörer på lina 39 är något för få och för att minimera risken för kapacitetsbrist vid en oväntad orderuppgång bör Lina 39 utformas för att kunna bemannas med minst fem montörer.

*Systemförslag 1*

## MONTERINGSUPPLÄGG

Monteringsupplägget bygger på att statorkrympningen och axelmonteringen sker som separata montage och att slutmonteringen utförs på en *palett* som förflyttas på en bana tills det att basobjektet når leveransprovningen, se figur 6.6. Statorkrympningen lokaliserar på samma plats som idag och därefter placeras basobjektet i en fixtur som sitter på paletten. Slutmonteringen utförs på två skilda palettbanor med ett lämpligt antal paletter vardera. Palettbanorna sträcker sig från stationen för statorkrympningen ända fram tills det att den befintliga traversen kan lyfta ned pumparna från paletten till leveransprovning och packning. Upplägget kan liknas vid ett parallellgrupperat flöde där flödet divergerar efter axelmonteringen och konvergerar igen efter slutmonteringen. Upplägget ger upphov till hög grad av frihet att kunna variera flödet, men innebär primärt stationsmontering där montörerna utför ett antal moment vardera. Vid en lägre bemanning, till exempel på kvällstid eller helger kan montörerna, utan att störa varandra, följa med pumpen utefter flödet och då är det möjligt att komplettmontera pumpen inklusive leveransprovning och packning.



Figur 6.6 Systemförslag 1 för Lina 39

1. Statormontering
2. Axelmontering
3. Slutmontering på palett
4. Högspänningstest, oljepåfyllning och täthetsprovning
5. Pumparna färdiga för förflyttas med travers till leveransprovning
6. Leveransprovning
7. Packning, märkning

Konceptet skapar ett naturligt flöde i en riktning och eftersom paletten förflyttas i anslutning till materialet undviks det långa gångavståndet för hämtning av material och därmed minskar hanteringsförlusterna. Montering på paletter istället för på bänkar innebär att den fasta arbetsplatsen försvinner och detta kommer förmodligen att röra upp känslor hos flera montörer. Det är då viktigt att kunna belysa de positiva aspekterna med det nya upplägget för att kunna vinna deras förtroende. Palettbanorna är en relativt dyr investering men den högre produktiviteten ska förhoppningsvis kompensera denna investering. För att balanseringsförlusterna inte ska bli alltför omfattande krävs att linan balanseras innan fördelningen av arbetsuppgifterna görs. För att dessutom få variation i monteringen fordras växling mellan de olika arbetsuppgifterna.

## ERGONOMI

För att hålla hanteringsförlusterna nere hämtar montören i dagens monteringsupplägg 3- 6 komponenter per batch ur plocklagret. En stor fördel med systemförslaget är att montörernas närhet till plocklagret gör att han/hon kan plocka färre detaljer vid varje tillfälle och därför inte riskerar att utföra alltför tunga lyft. Ett annat problem med det befintliga upplägget på Lina 39 är lyften av pumparna från slutmonteringen till leveransprovningen och packningen. Lyften genomförs idag utan hjälpmedel, men med systemförslaget förflyttas basobjektet på paletten fram till en punkt där den befintliga traversen kan användas för att förflytta pumpen till leveransprovning och packning. På samma sätt lyfts pumparna bort till området för packning och inte heller då behöver några manuella lyft utföras. Det förekommer fortfarande lyft av statorpaket och axlar, men vikten för dessa delmontage är långt under företagets gränser för lyft utan hjälpmedel. Basobjektet som placeras i fixturen på paletten förflyttas antingen på en delvis driven bana eller manuellt.

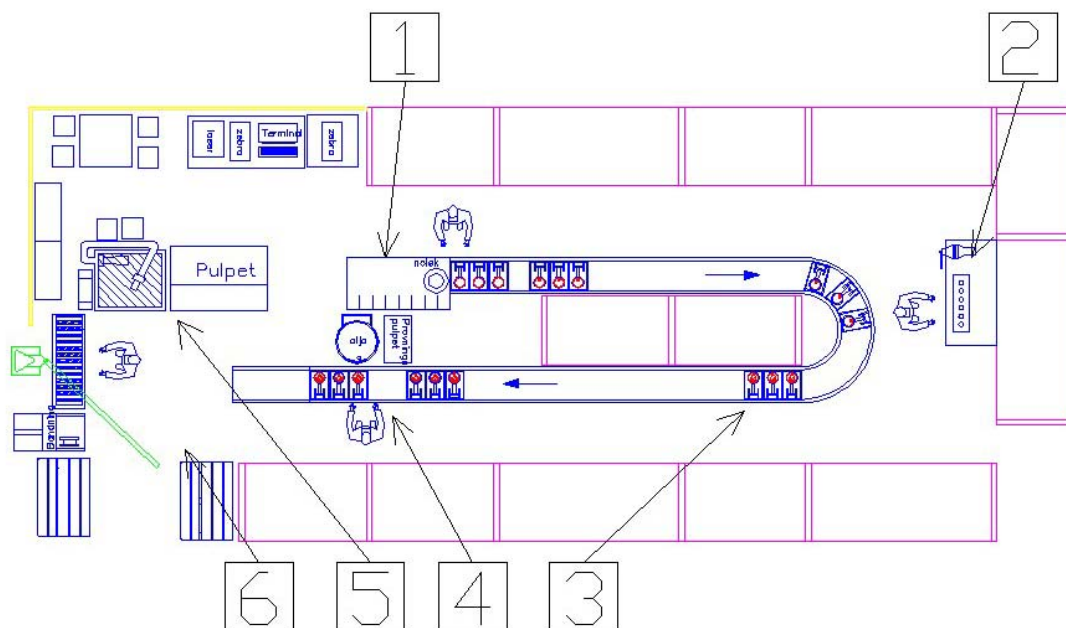
## KAPACITET

Vid behov av kapacitetsökning kan en femte montör tillsättas som har till uppgift att assistera de övriga med till exempel materialhantering eller understödja en station som har blivit en flaskhals i flödet. Om palettbanan dessutom utformas så att det är möjligt att föra tillbakapaletten utan att flödet störs, kan slutmonteringsstationen bemannas med ett ännu större antal montörer och följaktligen höja kapaciteten ytterligare. Det också fullt möjligt att frångå den individuella stationsmonteringen och istället komplettera pumparna. På detta sätt bibehålls arbetsinnehållet enligt montörernas önskan.

### *Systemförslag 2*

#### MONTERINGSUPPLÄGG

Systemförslaget bygger på ett naturligt linjeflöde där basobjektet fastgörs i en fixtur som sitter på en palett. Palletten rör sig i en ellipsformad bana, se figur 6.7, där varje montör bemannar en station och endast utför ett visst antal moment. Eftersom materialet finns lättillgängligt i närhet till samtliga stationer och endast förekommer på en lagerplats är upplägget fördelaktigt ur materialförsörjningssynpunkt. Närheten till materialet gör att gångavstånden minskar drastiskt och därmed sjunker hanteringsförlusterna. Eftersom artiklarna med detta systemförslag dessutom endast finns på en plats i linan elimineras problemet att lagra materialet på två platser där en av platserna plötsligt står tom utan att det upptäcks i affärssystemet.



Figur 6.7 Systemförslag 2 för Lina 39

1. Statormontering
2. Axelmontering
3. Slutmontering på palett
4. Högspänningstest, oljepåfyllning och täthetsprovning
5. Leveransprovning
6. Packning, märkning

På grund av att montörerna inte alltid arbetar i samma tempo föreligger en risk för systemförluster. Systemförlusterna förebyggs genom förberedelse av nästa moment eller förflyttning till nästa lediga station. Eftersom det uppstår ett beroende av övriga montörer i monteringslinan minskar självständigheten i arbetet. I och med detta kan det uppstå problem när tillägsaktiviteter som till exempel orderplanering och materialhantering ska utföras eftersom någon då måste lämna linan. Palettbanan kan vara såväl driven som odriven men i båda fallen krävs en tämligen stor investering. Eftersom upplägget inte möjliggör komplettmontering fordras frekvent växling mellan stationerna för att ge montörerna ökat arbetsinnehåll. På samma sätt som för systemförslag 1 är det viktigt att poängtera att linan måste balanseras väl för att undvika balanseringsförluster i alltför stor omfattning.

#### ERGONOMI

På samma sätt som för systemförslag 1 sträcker sig palettbanan till en punkt där traversen når pumparna och därmed undviks lyft manuella lyft av pumpen. Dessutom gör närheten till plocklagret att färre komponenter behöver plockas åt gången, vilket reducerar förekomsten av lyft med ett stort antal artiklar. För resonemang kring ergonomin hänvisas därför till systemförslag 1.

#### KAPACITET

Med fem montörer på linan faller det sig naturligt att dessa fem bemannar en station vardera, men systemet kan även drivas med tre eller fyra montörer. Tanken är att så fort en montör har slutfört en batch på en station förflyttar sig vederbörande till nästa obemannade station. Tack vare säkerheten i monteringsprocessen leveransprovas endast var sjätte pump och

utgångspunkten blir därför att varje batch består av sex stycken pumpar även om detta antal kan anpassas efter orderstorlekar och kapacitetsbehov.

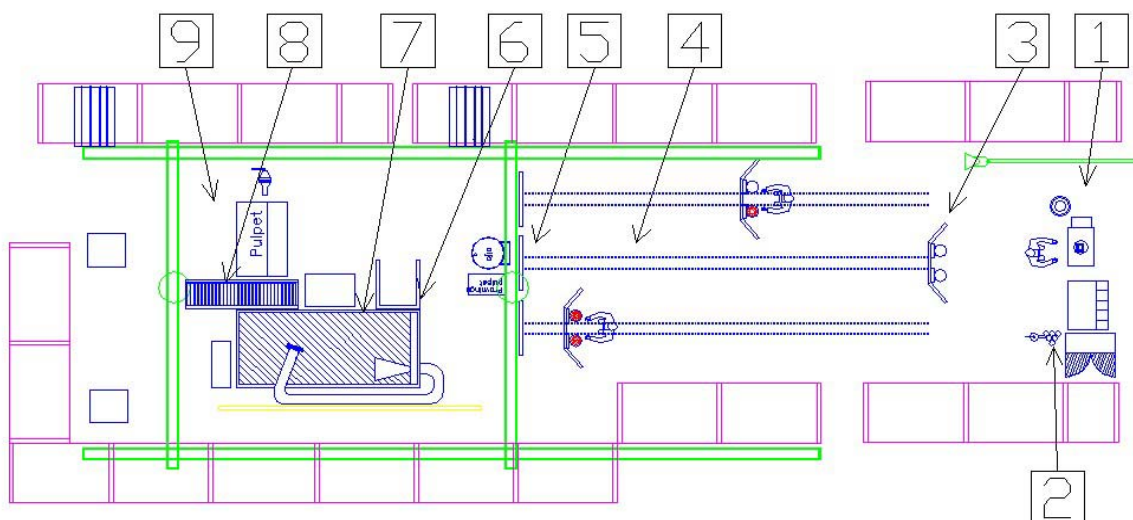
#### Lina 44

Ett stort problem på Lina 44 är att den stationära monteringen ger upphov till långa gångavstånd när montören ska hämta artiklar i plocklagret. Det stora antalet versioner och varianter gör dessutom linan lång, vilket medför hanteringsförluster. Vidare orsakar monteringsupplägget ett onaturligt flöde dels eftersom montören måste gå fram och tillbaka för att hämta material, men även på grund av att vissa delmontage utförs på platser som är lokaliserade på avstånd från slutmonteringsstationen. Systemförslagen som redovisas nedan bygger därför på att basobjektet förflyttas till de ingående artiklarna istället för tvärtom och för att uppnå ett naturligt flöde förläggs de moment som stör flödet, till exempel montering av övre lagerhus, i anslutning till slutmonteringsstationen.

#### Systemförslag 1

##### MONTERINGSUPPLÄGG

Vid vagnmontering erhålls ett naturligt flöde och montören befinner sig alltid i direkt anslutning till materialet. Vagnmontering innebär också nackdelar såsom stress och avsaknad av en egen arbetsplats. På samma sätt medför bänkmontage såväl fördelar som nackdelar, de positiva aspekterna består främst av känslan att ha en egen arbetsplats samtidigt som det är möjligt att montera flera pumpar samtidigt. Nackdelar som bör nämnas är svårigheten att erhålla ett naturligt flöde och att montören måste förflytta sig vid materialhämtning. Systemförslaget som beskrivs i figur 6.8 är avsett för att montören ska kunna nyttja de fördelar som både vagnmontering och bänkmontage innebär. Kombinationen benämner vi rälsbänk och är utformad som en bänk, löpande på räls i golvet. Varje rälsbänk är försedd med förslagsvis två fixturer vardera där montören kan välja att montera i batcher om en eller två pumpar i varje monteringscykel. Fixturerna kan justeras i höjdlid och är vändbara så att basobjektet blir åtkomligt från alla nödvändiga vinklar. Arbetsplatsen är utrustad med samma verktyg som finns vid dagens slutmonteringsstation samt alla nödvändiga 1N- artiklar. Rälsbänken är stabil men ska kunna fixeras vid golvet om monteringen kräver att fixturen ska kunna belastas med större krafter. Systemförslagets nackdel är den uppskattningsvis höga investeringskostnad som krävs för att bygga rälsystemet och utforma rälsvagnen.



Figur 6.8 Systemförslag 1 för Lina 44



1. Uppvärmning av statorhus
2. Montering av axel
3. Placering av stator i statorhus, statorpaket placeras i kåpa, axel monteras i stator
4. Slutmontering på rälsvagn
5. Oljepåfyllning, täthetsprovning
6. Högspänningstest
7. Leveransprovning
8. Montering av anslutningsanordning
9. Packning, märkning

Monteringen av stator- och axelenhet sker enligt dagens upplägg på separata monteringsstationer med undantaget att axelenheten monteras när statorpaketet redan sitter fast i fixturen på rälsbänken, slutmonteringen påbörjas alltså i ett tidigare skede. Monteringen sker därefter enligt komplettmonteringsprincipen där montören utför samtliga moment i monteringsprocessen. Rälsbänken förflyttas parallellt med pallställen, antingen löpande eller stationsvis efter montörens önskemål. Montören befinner sig enligt detta upplägg alltid i direkt anslutning till materialet som ska användas, vilket reducerar hanteringsförlusterna. När monteringen är färdig skickas rälsbänken automatiskt tillbaka medan pumpen provas och packas. Systemförslaget innebär att monteringsflödet följer en logisk ordning vilket ger en kortare genomloppstid samt underlättar utbildningen av nya montörer.

#### ERGONOMI

Systemförslaget utnyttjar fördelarna med ett mobilt monteringsupplägg och eftersom rälsen löper parallellt undviker man att montörerna går ikapp varandra. Av denna anledning infinner sig inte det stressmoment som kan uppstå när montörerna vill passera varandra. Eftersom rälsvagnen är utformad enligt principen för en bänk där montören har sina verktyg och hinkartiklar kan känslan av att ha en egen arbetsplats bibehållas. Även om det nuvarande monteringsupplägget inte innebär några tyngre lyft kan dessa ändå förekomma då transporter med två traverser och en rullbana inbjuder till att utföra lyften manuellt. Eftersom basobjektet i systemförslaget är fixerat vid rälsbänken under slutmonteringsprocessen förekommer inga tillfällen då montören kan lyfta pumpen. Genom att rälsbänken är driven och förflyttas genom, förslagsvis, en knapptryckning blir inte heller förflyttningen ett ansträngande moment.

#### KAPACITET

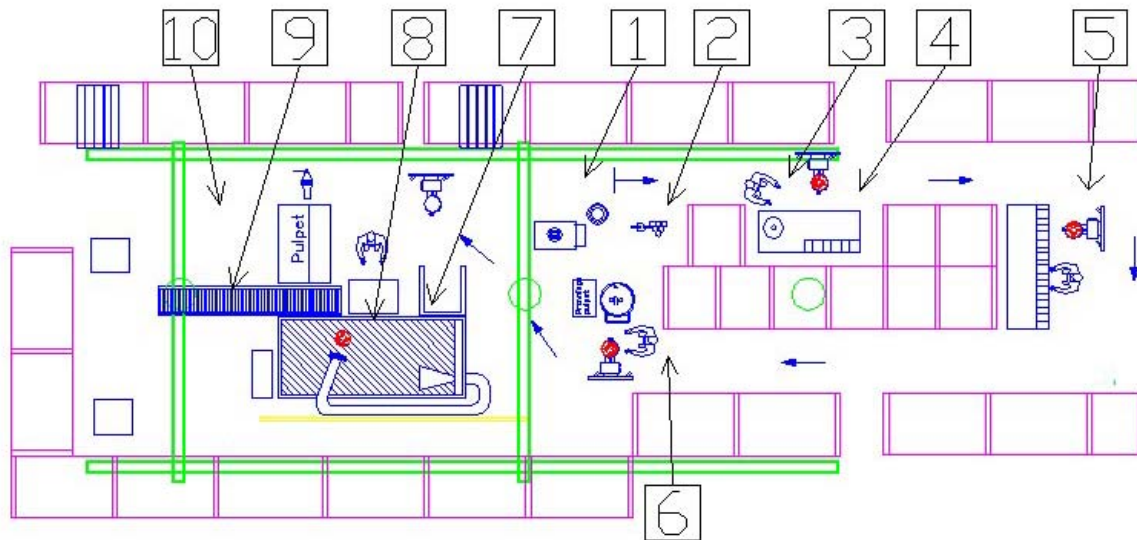
Upplägget kan utformas med två eller tre rälsbänkar, men för att täcka dagens behov skulle antagligen två rälsbänkar vara tillräckligt. För att göra rätt val krävs en kapacitetsberäkning där både detaljerad tidsbesparing och framtida kapacitetsbehov vägs in i beräkningarna. Visar det sig att kapaciteten inte är tillräcklig är det möjligt att anpassa antalet fixturer efter behov. Tidsbesparingen som det innebär att montera batcher om två pumpar samtidigt som montören alltid befinner sig i anslutning till erforderligt material kommer att minska monteringstiden. Flexibiliteten beträffande kapacitetsförändringar är högre i systemförslaget än var den är i dagens upplägg.

#### *Systemförslag 2*

##### MONTERINGSUPPLÄGG

Systemförslaget bygger på traditionell vagnmontering där montören utför slutmonteringen på olika stationer, se figur 6.9. Den eldrivna vagnen är höj- och sänkbar för anpassning efter montörernas fysiska egenskaper. Vagnen är utrustad med en roterbar fixtur som gör basobjektet lättåtkomlig från alla vinklar. Ur kapacitetssynvinkel är två monteringsfixturer önskvärt, men pumparnas volym och vikt utgör begränsningar för detta. Vissa moment kräver

stabilitet i monteringsarbetet varför vagnen måste kunna fixeras genom förankring i golvet eller med låsbara hjul när. Omfattande förändringar av monteringsupplägg innebär ofta stora investeringar, vagnmontering innebär dock inga större kostnader förutom ombyggnadsarbete och inköp av vagnar och verktyg.



Figur 6.9 Systemförslag 2 för Lina 44

1. Uppvärmning av statorhus
2. Montering av axel
3. Placering av stator i statorhus, statorpaket placeras i kåpa, axel monteras i stator
4. Slutmontering på monteringsvagn
5. Montering av övre lagerhus
6. Oljepåfyllning, täthetsprovning
7. Högspänningstest
8. Leveransprovning
9. Montering av anslutningsanordning
10. Packning, märkning

Vid användning av monteringsvagnar erhålls ett naturligt flöde som är enkelt att följa och underlättar inläringen. Monteringsupplägget bygger på komplettmontering, vilket många montörer inom PVB förespråkar. Monteringsprocessen börjar med att statorn fixeras i statorhuset, varefter basobjektet fästs i en fixtur och vagnen förflyttas till nästa station. Vid samtliga stationer återfinns tillhörande artiklar samt erforderliga verktyg för montering av dessa. Uppsättningen verktyg kommer med systemförslaget att bli ungefär lika stor, men eftersom verktygen alltid är inställda efter det moment som skall utföras vid respektive station sker en tidsbesparing.

#### ERGONOMI

Ett arbetsmoment som kan orsaka irritation med ett vagnmonteringsupplägg är att montörerna kan gå ikapp varandra. Alla montörer arbetar inte i samma takt och det kan upplevas stressande för de montörer som arbetar i lägre takt, men besöken på andra företag och produktverkstäder har dock visat att så inte är fallet. Eftersom vagnen är driven behövs ingen större muskelkraft vid förflyttning vilket annars kan vara ett moment som kan orsaka förslitningsskador.

## KAPACITET

Jämfört med dagens upplägg kommer närheten till materialet att minimera hanteringsförlusterna. Området där monteringsbänkarna i dagens upplägg är placerade kan vid vagnmontering till viss del utnyttjas som lageryta vilket är en stor fördel med tanke på linans stora artikelflora. I dagens upplägg kan endast tre montörer arbeta samtidigt utan att orsaka omfattande systemförluster. Med systemförslaget kan antalet montörer varieras efter behov utan att betydande förluster uppkommer, linan blir alltså kapacitetsmässigt mer flexibel.

### Lina 46

På grund av pumpmodellernas storlek och den begränsade tillgången på yta, lämnas litet utrymme för förbättringar av upplägget för den befintliga monteringslinan. Att montera pumpen på vagn eller palett vore en omöjlighet på grund av pumpens vikt, varför det befintliga lyftbordet verkar vara den enda möjliga lösning för dessa pump typer. Istället för att presentera lösningsförslag konstateras att det nuvarande upplägget på bästa sätt uppfyller kraven på monteringen av dessa pumpar. Detta har vidare bekräftats vid besök i fabriken produktverkstäder som alla monterar pumpar i denna storlek på lyftbord, se till exempel PVT bilaga 10. Pumpmodellerna som monteras på linan kommer inte, som det ser ut i nuläget, ersättas av det nya Bibo- sortimentet och eftersom ingen förändring sker med produkten kan det även bli svårt att motivera en förändring av monteringsupplägget.

För att kunna öka kapaciteten utan att montörstätheten blir för hög kan linan vid behov bemannas med en person som endast serverar övriga montörer med material. Montörerna kan då fokusera på den direkta monteringen och behöver inte hämta material som är ett tidsödande moment i varje monteringscykel.

### 6.6.8 Viktning av kriterier

Viktningen genomfördes individuellt av såväl montörer som personal från verkstadsledningen, se resultat i bilaga 3. I enlighet med modellen används systemet där ”vinnande” kriterier ges 2 poäng, ”förlorande” kriterier 0 poäng eller båda kriterierna 1 poäng om de bedöms vara lika viktiga. För att kunna utvärdera de skisserade systemen summerades respektive kriteriums viktsfaktor och summan dividerades därefter med antalet deltagare i undersökningen för att ge en total viktsfaktor. Några av kriterierna är svåra att vikta eftersom uppfyllelse av ett kriterium naturligt resulterar i uppfyllelse av ett annat. Kriterierna ska vid viktningen inte ses som följer av varandra utan som inbördes oberoende.

I denna undersökning viktades de fem produktionstekniskt beroende och fem individberoende kriterier i kategorier var för sig, varför den maximala viktsfaktorn i respektive kategori är 8.0. Anledningen till att viktningen genomfördes på detta sätt var att det visade sig bli alltför tidskrävande att jämföra de produktionstekniskt beroende kriterierna med de individberoende kriterierna. I framtiden kommer däremot en projektgrupp med klar målsättning och erforderliga resurser att kunna utföra denna viktning med de båda kategorierna gemensamt. Vidare utförs denna viktning på PVB:s monteringsystem i sin helhet, det vill säga kriterier som inte bara gäller för en speciell lina, men en framtida projektgrupp böra genomföra en detaljerad viktning för varje specifik monteringslina.

För att kunna göra en jämförelse mellan deltagarna i undersökningen delades dessa in i två grupper, tjänstemän och montörer. När den individuella viktningen av kriterierna var sammanställd summerades deltagarnas poäng och dividerades med antalet deltagare från respektive grupp. Detta gav kriterierna en genomsnittlig viktsfaktor för respektive grupp och resultatet åskådliggörs i figur 6.10.

Kriterium		Viktsfaktorer		
		Tjänstemän	Montörer	Medelvärde
<b>Produktionstekniskt beroende kriterier</b>				
1	Flexibilitet m a p tillverkningsvolym	3.8	4.7	4.2
2	Flexibilitet m a p produkt/variant	1.5	3.3	2.4
3	Effektivt monteringsflöde	4.8	4.3	4.5
4	Säkerhet i monteringsprocessen	5.3	5.0	5.1
5	Produktivitet	5.0	2.7	3.8
<b>Individberoende kriterier</b>				
6	Ergonomi	7.3	8.0	7.6
7	Arbetsstillfredsställelse	4.5	4.7	4.6
8	Självständighet i arbetet	2.0	3.3	2.7
9	Möjlighet till ansvarstagande	3.0	2.0	2.5
10	Variation i arbetsuppgifterna	3.3	2.0	2.6

Figur 6.10 Medelvärdet av viktsfaktorerna

Vid granskning av de produktionstekniskt beroende kriterierna kan konstateras att viktsfaktorerna är tämligen lika mellan grupperna. De fall där skillnaden mellan grupperna är mest påfallande berör kriterierna nummer 2 och 5. Att dessa faktorer skiljer sig åt är inte speciellt förvånande eftersom tjänstemännen alltid strävar efter att, med så små resurser som möjligt, tillverka ett stort antal pumpar på kort tid. Montörerna däremot behöver inte tänka på produktiviteten så länge som de kan leverera pumpen i rätt tid, vilket möjliggörs av ett flexibelt monteringsystem. För montörerna kan alltså ett statiskt monteringsystem betyda att det ibland krävs övertidsarbete för att färdigställa erforderligt antal pumpar. Eftersom flera av linorna monterar så mycket som tre pumpmodeller som i sin tur utförs i olika versioner med flera varianter är den låga totala viktsfaktorn för flexibilitet med avseende på produkt/variant anmärkningsvärd. Den låga viktsfaktorn beträffande kriterium nummer 2 beror förmodligen på att det historiskt sett aldrig har förekommit omställningar av utrustning när montörerna växlar pumpmodell/version i tillverkningen. Hade det förekommit omfattande omställning av till exempel monteringsfixturer skulle resultatet ha sett annorlunda ut.

Det produktionstekniskt beroende kriterium som båda grupperna anser vara det viktigaste är säkerheten i processen och detta förenklar framförallt för nya montörer då risken för att göra fel minskar. Med hög säkerhet i processen kommer det att uppstå färre monteringsfel vilket leder till färre reklamationer och därmed nöjda kunder. Detta går i linje med företagets kvalitetstänkande och förklarar också varför kriterierna 1 och 2 får lägre viktsfaktorer. Dessa två kriterier är främst kopplade till huruvida produktionen klarar av att vidhålla en hög packningsservicegrad och i en trade-off mellan kvaliteten och packningsservicegraden anser alltså båda grupperna att kvaliteten är viktigare. Det är dock viktigt att poängtera att packningsservicegraden i nuläget är hög, vilket betyder att flexibiliteten i dagens monteringsystem redan håller en hög nivå.

Beträffande de individberoende kriterierna är det inte förvånande att ergonomin anses vara det överlägset viktigaste kriteriet hos båda grupperna. Bland montörerna når detta kriterium den maximala poängen 8,0 vilket betyder att ergonomi aldrig under några omständigheter får prioriteras ner till förmån för någon annan faktor. Vidare anses arbetsstillfredsställelse, det vill säga att trivas med sina arbetsuppgifter, vara det näst viktigaste kriteriet och för att utvärdera vad hög arbetsstillfredsställelse innebär generaliserar man montörernas åsikter. Till exempel är montörernas positiva inställning till komplettmontering en generalisering. Kriterierna 8- 10 har inbördes ungefär samma viktsfaktor och kan sägas utgöra en del av kriterium 7

### 6.6.9 Uppfyllnadsanalys

Betygsättningen genomfördes endast av författarna som efter eget omdöme betygsatt systemförslagen mellan 1- 10 efter hur väl de upplevs uppfylla respektive kriterium, resultatet av uppfyllnadsanalysen åskådliggörs i figurerna 6.11 och 6.12. När modellen används skarpt på PVB bör samma projektgrupp som utformar kriterierna utföra uppfyllnadsanalysen.

#### Lina 39

Kriterium	Viktsfaktor	Befintligt system		Systemförslag 1		Systemförslag 2	
		Betyg	Delpoäng	Betyg	Delpoäng	Betyg	Delpoäng
<b>Produktionstekniska</b>							
1	4.2	5	21	8	33.6	7	29.4
2	2.4	6	14.4	8	19.2	7	16.8
3	4.5	4	18	7	31.5	8	36
4	5.1	7	35.7	7	35.7	8	40.8
5	3.8	6	22.8	8	30.4	9	34.2
<b>Individberoende</b>							
6	7.6	3	22.8	8	60.8	8	60.8
7	4.6	9	41.4	5	23	4	18.4
8	2.7	8	21.6	5	13.5	2	5.4
9	2.5	8	20	6	15	3	7.5
10	2.6	7	18.2	6	15.6	3	7.8
<b>Uppfyllnadspoäng</b>		<b>235.9</b>		<b>278.3</b>		<b>257.1</b>	

Figur 6.11 Uppfyllnadsanalys för Lina 39

Det befintliga systemet visar sig vara svagare beträffande framför allt de produktionstekniskt beroende kriterierna, det vill säga kriterierna 1- 5. Systemförslag 1 och systemförslag 2 ger genomgående liknande resultat bortsett från de individberoende kriterierna där systemförslag 2 inte visar sig vara lika konkurrenskraftigt. Det är också anmärkningsvärt att det befintliga systemet har så lågt betyg på ergonomikriteriet då montörerna anser att ergonomi är det viktigaste kriteriet, problemen borde ha uppmärksammats tidigare. Systemförslag 1 får högst uppfyllnadspoäng och resulterar i höga, jämna betyg som alltid ligger mellan 5 och 8. Systemets svagheter berör främst de individberoende kriterierna där arbetstillfredsställelse och möjligheten till självständighet i arbetet endast har givits medelpoäng. Arbetstillfredsställelsen har uppskattats ligga på medelbetyg av den orsaken att montörerna ogillar stationsmonteringen som delvis förespråkas i detta förslag. Självständigheten ges medelbetyg på grund av att montörerna inte längre har sin egen arbetsplats.

**Lina 44**

Kriterium	Viktsfaktor	Befintligt system		Systemförslag 1		Systemförslag 2	
		Betyg	Delpoäng	Betyg	Delpoäng	Betyg	Delpoäng
<b>Produktionstekniska</b>							
1	4.2	3	12.6	8	33.6	8	33.6
2	2.4	5	12	6	14.4	5	12
3	4.5	3	13.5	8	36	8	36
4	5.1	6	30.6	7	35.7	7	35.7
5	3.8	4	15.2	8	30.4	7	26.6
<b>Individberoende</b>							
6	7.6	6	45.6	6	45.6	5	38
7	4.6	8	36.8	5	23	4	18.4
8	2.7	8	21.6	8	21.6	6	16.2
9	2.5	8	20	8	20	8	20
10	2.6	9	23.4	9	23.4	9	23.4
<b>Uppfyllnadspoäng</b>		<b>231.3</b>		<b>283,7</b>		<b>259.9</b>	

Figur 6.12 Uppfyllnadsanalys för Lina 44

På Lina 44 liksom Lina 39 visar sig det befintliga systemet inte vara konkurrenskraftigt beträffande de produktionstekniskt beroende kriterierna, både systemförslag 1 och systemförslag 2 resulterar genomgående i högre poäng. För både det befintliga systemet och systemförslag 1 är resultaten beträffande de individberoende kriterierna rakt igenom höga vilket gör dem till de två system som är mest användarvänliga. Systemförslag 1 når högst uppfyllnadspoäng och de ingående kriterierna har betygssatts mellan 5 och 9.

**6.6.10 Val av koncept**

Även om kriterierna viktats för vad som allmänt anses centralt vid utformningen av en monteringslina, är det intressant att montörerna och tjänstemännen har förhållandevis lika uppfattning. Med de betyg som givits i systemförslagen på respektive kriterium hade valet av system resulterat i detsamma även om vi utvärderat de två grupperna var för sig. Resultatet beror självklart till största delen på vilket betyg som sätts på respektive system. Eftersom de betyg som givits respektive systemförslag antagligen inte alltid överensstämmer med vad de anställda på PVB anser, behövs en ny betygsättning av en representativ grupp från PVB. Vi har i undersökningen valt att inte väga in ekonomiskt kvantifierbara och materialflödesmässiga kriterier. Dels eftersom det ligger utanför uppgiftens ramar men även för att beräkningar på investeringar skulle bli alltför tidskrävande om dessa skulle göras ingående. Det ska dock nämnas att det i ett skarpt projekt skulle krävas att även ekonomiskt kvantifierbara kriterier vägs in vid val av koncept.

Uppfyllnadsanalysen visar att samtliga systemförslag vid både Lina 39 och Lina 44 resulterar i en högre uppfyllnadspoäng än de befintliga systemen, vilket innebär att båda förslagen skulle förbättra dagens situation på linorna. Även om ett systemförslag resulterar i en högre uppfyllnadspoäng betyder det inte att man genast bör byta upplägg, förslaget måste vara så pass mycket bättre att en förändring ger förtjänster på lång sikt. Detta anser vi att systemförslagen på både Lina 39 och Lina 44 ger och tycker därför att PVB i båda fallen ska byta monteringsupplägg.

Beträffande Lina 39 är systemförslag 1 överlägset de övriga, mycket beroende på att den höga, jämna fördelningen av betygen indikerar att det inte existerar några utmärkande svagheter. Ergonomin är i dagens monteringsystem är bristfällig och måste förbättras, vilket

tillgodoses av systemförslag 1. Eftersom pumpen kontinuerligt förflyttas framåt till olika stationer elimineras det onaturliga flöde som idag är ett av linans största problem och detta kommer att ge kortare monterings tid.

På Lina 44 är systemförslag 1 att föredra, främst beroende på att de produktionstekniskt beroende faktorerna förbättras avsevärt. Införandet av systemförslag 1 ger ett mer flexibelt system, något som just denna lina behöver. Närheten till material och elimineringen av traverser och transportband reducerar hanteringsförlusterna. En förändring möter alltid motstånd men förslaget höga poäng på de individberoende kriterierna torde innebära att förändringen blir relativt enkel att motivera bland montörerna.

Eftersom de framtagna förslagen var uppenbart sämre än det befintliga systemet utförs ingen uppfyllnadsanalys för Lina 46. Dagens monteringsupplägg är på den tillgängliga monteringsytan svårt att förändra beroende på pumparnas vikt och storlek. Vi anser därför att PVB bör behålla befintligt monteringsupplägg så länge den tillgängliga ytan för monteringslinan inte förändras. Även om inga strukturella förändringar i dagsläget bör genomföras finns det potential för organisatoriska förändringar. Det stora tidsanspråk som materialförsörjningen av linan kräver idag innebär att andelen direkt monterings tid är liten för montörerna. När linan, vid ordertoppar, har svårt att svara mot efterfrågan bör ytterligare en operatör samplocka materialet för att öka den direkta monterings tiden för montörerna. Möjligheten till samplockning ger definitivt linan en större flexibilitet med avseende på tillverkningsvolym.

Utformningsmodellen bör endast tillämpas på en lina i taget eftersom olika kriterier utformas beroende på de förutsättningar som monteringslinan har och de mål den ska uppfylla. Likaså viktas kriterierna varje gång en monteringslina utformas vilket betyder att det inte går att använda samma kriterier och viktsfaktorer varje gång en monteringslina ska utformas. För att kunna behålla fokus bör detaljutformningen av monteringslinorna ske på en lina i taget och främst på de linor där verkstadsledningen anser att det finns störst förbättringspotential.

## 7 Slutsatser

*Kapitlet avrundar rapportens huvuddel och redovisar de, utifrån analysen dragna, slutsatser som författarna anser ska implementeras på PVB. Slutsatserna presenteras i form av förslag och motiveras med de resultat som de antas kunna rendera i. Kapitlet delas upp i allmänna slutsatser som beskriver hur monteringsupplägget kan förbättras samt i slutsatser som berör analysen av utformningen av monteringsystemet.*

### PRODUKTIONSTEKNISKA FÖRÄNDRINGAR

Vi anser att PVB ska införa en monteringscell i vilken samtliga PVB:s pumpmodeller ska kunna monteras. Monteringscellen är anpassad för såväl montering av slaskpumpar som stöd för monteringslinor med tillfälligt hög beläggning på grund av ordertoppar. Vid cellen lagerhålls endast 1N- artiklar och materialförsörjningen sker enligt samplockningsprincipen. Eftersom slaskpumparna plockas bort från de ordinarie linorna blir dessa kortare tack vare ett lägre artikelantal och man erhåller ett kortare flöde vid monteringen av standardpumparna, samtidigt som slaskpumparna behålls i sortimentet. Tack vare att samtliga PVB:s pumpmodeller kan monteras i monteringscellen skapas också möjlighet att bättre kunna svara mot ordertoppar och på så sätt ökar produktverkstadens flexibilitet. Under utfasningsperioden av det befintliga Bibo- sortimentet menar vi att en monteringscell är ett utmärkt komplement till de befintliga monteringslinorna.

Introduktionen av det nya Bibo- sortimentet anser vi vara ett bra tillfälle att förlägga förmonteringen av statorerna på en separat station där samtliga linors statorkrympning utförs. Förmonteringen sker i första hand mot prognos men ska vid behov också kunna ske mot order. Förmonteringen av statorerna ska i ett första steg utföras för samtliga monteringslinor inom PVB och i ett senare skede även centralt för hela ITT Flygt i Emmaboda. Eftersom ett färdigmonterat statorpaket inte tar större utrymme i anspråk än vad statorhusen behöver idag innebär införandet av en gemensam station för detta delmontage att plocklagren som idag hyser statorerna elimineras. Detta tillsammans med att utrustningen för statorkrympning/pressning förläggs till endast en plats innebär att monteringslinorna kan förkortas. Det mindre omfattande plocklagret gör att montörerna får ett kortare gångavstånd vid hämtningen av artiklar och på så sätt ökar andelen direkt monteringsstid samtidigt som hanteringsförlusterna minskar. På de monteringslinor där statorhuset måste värmas upp vinner man också fördelar med att inte behöva invänta avsvälningen och på så sätt försvinner också en potentiell flaskhals. Vidare anser vi att den gemensamma stationen för statorkrympning bör upprättas i nära anslutning till inkommande gods för att undvika onödiga materialtransporter. Eftersom artiklarna köps in mot prognos bör också förmonteringen av statorerna ske därefter, dock med ett buffertlager som kan svara mot plötsliga svängningar i efterfrågan. Om statorkrympningen utförs centralt på hela ITT Flygt kan nytta även dras av att vissa statorer och statorhus används gemensamt på olika produktverkstäder.

När det nya Bibo- sortimentet tagits i bruk och monteringsprocessen är så pass säker att alla pumpar inte behöver leveransprovas bör PVB centralisera leveransprovning och packning. Det kommer alltid att finnas ett behov av att leveransprova en viss andel pumpar för att statistiskt kunna säkerställa processen, men vi tycker att PVB måste ha målsättningen att kontinuerligt reducera andelen pumpar som leveransprovas genom att garantera ett säkrare monteringsförfarande. Det måste vara samtliga tillverkande företags mål att i största möjliga omfattning fokusera på värdeskapande aktiviteter och inte på stödprocesser såsom leveransprovning. Med gemensam leveransprovning transporteras slutmonterade pumpar på ett transportband som löper vinkelrätt mot monteringslinorna via leveransprovnings- och



packningsstationen till zonen för utleverans. En gemensam packningsstation frigör yta i pallställen på samtliga monteringslinor och tillsammans med en central leveransprovning kan monteringslinorna förkortas avsevärt. Centralisering av de två stationerna underlättar också för sampackning direkt till kund, vilket inte kan göras idag. Materialflödesmässigt skapar detta också fördelar, dels eftersom flödet blir enklare men också för att materialtransporterna från linan elimineras.

#### ARBETSORGANISATORISKA FÖRÄNDRINGAR

Arbetsinnehållet bör inte utökas genom att montören lär sig att montera pumpar på fler monteringslinor utan bör istället ske i form av helt skilda arbetsuppgifter. En alltför omfattande arbetsväxling mellan monteringslinor resulterar i bristande kvalitet, varför rotationen endast bör ske mellan två stycken monteringslinor. Det är viktigt att poängtera att monteringen fortfarande utgör kärnan i arbetet, men för att ge variation bör man följa ett schema där alternativa arbetsuppgifter utförs under exempelvis en eller två veckor varje månad. Arbetsväxlingen ska inte utgöra något tvång utan berör endast dem som anser att fler varierande uppgifter är önskvärt. Arbetsuppgifterna som ingår i arbetsväxlingen är av den karaktären att de kan utföras utan att någon omfattande utbildning fordras och kan till exempel omfatta materialhantering, orderplanering, kabelklippning, leveransprovning och packning, förmontering, kontroll och hantering av inkommande gods. Arbetsväxling ökar montörens arbetsinnehåll vilket ger montören ett mer omväxlande och roligare arbete. Montören får också en bättre förståelse för helheten i arbetet när han/hon deltar i samtliga delar av monteringsprocessen. Eftersom montören byter sitt monotona monteringsarbete mot helt andra arbetsuppgifter förebygger arbetsvariationen förslitningsskador. Ur produktionsplaneringsmässig synvinkel är arbetsväxlingen positiv eftersom arbetskraften blir mer kompetent och kan lättare omfördelas efter behov.

Eftersom montörerna har störst kännedom om vilka artiklar som finns i plocklagret tycker vi att orderplaneringen fullt ut ska skötas av dem. För att PVB inte ska bli alltför beroende av de montörer som i dagsläget sköter orderplanering ska detta ingå i samtliga montörers arbetsuppgifter. Montörerna erhåller på det viset också ett större arbetsinnehåll enligt resonemanget i stycket ovan. Om montörerna sköter den löpande orderplaneringen underlättar det också för logistikavdelningen som istället kan fokusera på kontakten med leverantörerna och på så sätt försäkra sig om att materialet alltid finns tillgängligt.

Vi anser att all utbildning av personal ska ske enligt en utbildningsplan som detaljerat beskriver de delmoment som den anställde måste behärska. Montörerna ska efterhand som utbildningen fortgår kontrolleras mot utbildningsplanen och när de ingående kriterierna är uppfyllda godkänds denne. Godkänd utbildning ska vara ett krav för att vara legitimerad att utföra arbetsuppgifterna inom produktionen på PVB. De utbildningsansvariga bör vara verkstadsanställda med stor kompetens inom aktuellt område. Avsikten med utbildningsplanen är att samtliga anställda på PVB ska besitta samma kompetensgrund så att ingen utför arbetsuppgifter på ett felaktigt sätt till följd av bristfällig utbildning. Monteringsprocessen blir på detta sättet säkrare och kvaliteten på monteringen därför högre.

Alla produktverkstäder på ITT Flygt i Emmaboda bör visualisera sina mål, löpande resultat, och uppfyllelse av uppsatta mål genom ett bildspel på en tv- monitor. Uppfyllanden av målen som visualiseras bör vara direkt knutet till ett kollektivt bonussystem och ska kontinuerligt uppdateras. Skärmarna placeras strategiskt så att informationen når ut till samtliga anställda utan att de behöver söka efter den. Informationen illustreras med hjälp av bilder som är tydliga och lättbegripliga. Fakta av mer ingående karaktär finns tillgänglig för dem som önskar detta medan information om den dagliga verksamheten, som till exempel besök och andra aktiviteter, fortfarande ges i veckobreven. När samtliga anställda motiveras att arbeta mot gemensamma mål kommer grupp känslan att förbättras och viljan till att hjälpa varandra blir större. Visualisering på tv- monitor är enklare att uppdatera och fångar intresset lättare än anslagstavlor som ofta upplevs tråkiga att titta på.

Vi tycker att förslagsverksamheten bör utvecklas till att omfatta ett tävlingsmoment som avgörs på årsbasis mellan de olika produktverkstäderna. Belöningen ska i fortsättningen vara individuell men tyngden ska läggas på en kollektiv prestation. Genom att konkurrera med övriga produktverkstäder, hävdar vi, att samarbetet mellan verkstadsledning och operatörer inom respektive verkstad kommer att förbättras. Tävlingsmomentet skapar en positiv anda där de anställda uppmuntrar varandra till nytänkande så att fler montörer och tjänstemän engageras i förslagsverksamheten. Förutom att verksamheten på den produktverkstad från vilken förslaget härstammar förbättras, bidrar alltså tävlingen till att bra förslag kan genomföras på samtliga produktverkstäder. Tävlingsmomentet är alltså avsett att bli den katalysator som ska starta upp ett närmre samarbete mellan produktverkstäderna och bidra till en mer omfattande informationsdelning. Resultatet i tävlingsmomentet ska kontinuerligt följas upp och visualiseras på till exempel en tv- monitor där respektive produktionsverkstad kan se den aktuella ställningen. Om tävlingsmomentet faller väl ut kan det även praktiseras inom andra områden på företaget. Till exempel kan man nyttja en liknande struktur för tävlingar beträffande kvalitetsfaktorer eller leveranssäkerhet.

De organisationsmässiga förändringarna som beskrivs ovan bör ske i samband med en teknisk förändring och då faller sig införandet av det nya Bibo- sortimentet som ett naturligt tillfälle för omorganisation. Införandet av det nya Bibo- sortimentet kommer att ske långsamt och då ges tid att förankra dessa tankar hos samtliga anställda.

#### UTFORMNING AV MONTERINGSSYSTEM

Även om ett ostrukturerat tillvägagångssätt för utveckling av ett monteringsupplägg kan medföra ett gott resultat, föreligger det en risk när endast ett fåtal personer besitter kunskapen om hur det ska utföras. Dels eftersom vissa monteringsalternativ aldrig blir uppmärksammade men framför allt på grund av att den dag när personer som normalt utformar monteringsssystemet lämnar företaget försvinner denna erfarenhet när individen tar kompetensen med sig. Om ett strukturerat tillvägagångssätt för utformningen istället används kan denna kunskap dokumenteras och bevaras inom företaget. Utifrån den studerade teorin i ämnet har vi utformat ett förslag på metodik för detta ändamål, en utformningsmodell som används för utformning och utvärdering av monteringsssystem. Modellen är av systemkonceptuell karaktär och resulterar inte i ett detaljerat förslag på hur det enskilda monteringsupplägget ska se ut utan upprättat snarare ramvillkoren för monteringsssystemet.

De faktorer som beskrivs påverka utformningen av ett monteringsystem är inte bara av den egenskapen att de omfattas av en eller två pumpkaraktäristiska faktorer. Faktorerna beror delvis på pumpens fysiska egenskaper såsom vikt, volym och komplexitet i monteringen, men även på hur yttre faktorer påverkar monteringsprocessen i form av modellvariation, tillverkningsvolym och flexibilitet. Lokalens begränsningar och personalens inställning påverkar också valet av monteringsupplägg. Om man vid utformningen av ett monteringsystem väljer att ta hänsyn till samtliga faktorer som påverkar, inser man fort att det inte finns någon enkel lösning i form av multidiagram eller tabell som visar vilket monteringsupplägg som bäst är anpassat till monteringen av en viss pumpmodell. Vi anser därför att utformning och utvärdering av varje monteringslina ska genomföras med utgångspunkt i denna modell. Följer utformningen alltid på förhand uppsatta ramar ökar också möjligheten att samtliga inblandade accepterar och godtar de beslut som fattas.

På grund av sedan långt tillbaka rotade åsikter om hur aktiviteter utförs på bästa sätt är det svårt att få en förändring på PVB till stånd. För att slå hål på denna konservativa inställning är det viktigt att alla känner sig delaktiga när en förändring väl genomförs. Vid utformningen av nya monteringslinor på PVB föreslår vi därför att en projektgrupp med ett väl avvägt antal montörer och tjänstemän genomför modellens samtliga steg gemensamt. Eftersom alla gruppens medlemmar påverkar såväl valen av kriterier som viktningen och betygsättningen, blir resultatet någonting som samtliga i gruppen kan stå för.

#### SYSTEMFÖRSLAG PÅ UTVALDA MONTERINGSLINOR

Vi anser att de systemförslag som resulterade i högst poäng i uppfyllnadsanalysen bör vara utgångspunkten för en mer detaljerad utformning av de i undersökningen utvalda monteringslinorna. På Lina 39, där systemförslaget bygger på slutmontering på två parallella palettbanor, skapas ett flöde av naturlig karaktär och samtidigt förbättras den ergonomiska situationen. Upplägget kommer även att förbättra både monteringslinans kapacitet och flexibilitet beträffande tillverkningsvolym samt minska hanteringsförlusterna. Vid systemförslaget som föreslås på Lina 44 sker slutmonteringen på en rälsbunden arbetsbänk, som vi kallar rälsbänk. Detta monteringsupplägg minskar hanteringsförlusterna tack vare en större närhet till materialet samt att transporter med traverser och rullbana kan undvikas. Vidare får monteringsflödet en logisk struktur när det endast löper i en riktning och antalet stationer för delmontage minskar. Det är, för varje montör, möjligt att montera två pumpar samtidigt, vilket både ger en högre kapacitet och en större flexibilitet. Vinnande systemförslag bör implementeras så snart som möjligt, vilket kommer att ge en ökad lönsamhet på utvalda linor. Under rådande förutsättningar beträffande pumparnas karakteristik och lokalens begränsningar anser vi inte att monteringsupplägget på Lina 46 kan förändras. Av de systemförslag som diskuterades har ingen uppfyllnadsanalys genomförts eftersom det befintliga upplägget anses vara bättre än systemförslagen. För denna monteringslina vill vi istället lägga tonvikten på materialförsörjningen, där flexibiliteten med avseende på tillverkningsvolym kan förbättras genom att en separat operatör serverar linan med material, vilket skapar en högre andel direkt monteringsstid.

Vid förbättringsarbetet av monteringsavdelningen på PVB kan detaljutformningen av samtliga monteringslinor inte ske med en gång utan bör först ske på de linor där verkstadsledningen anser att det finns störst förbättringspotential och på en monteringslina i taget.

## 8 Förslag på fortsatta studier och avslutande reflektioner

---

*Kapitlet avslutar rapporten med förslag på fortsatta studier, avstämning mot målsättning, generaliserbarhet och en metodreflektion. Vidare ger här författarna sina personliga reflektioner och kommentarer på projektet i sin helhet.*

---

### 8.1 Förslag på fortsatta studier

Den utformningsmodell som presenteras i rapporten och som ligger till grund för den nya utformningen av monteringslinorna 39, 44 och 46 bör även utnyttjas för övriga monteringslinor för att få PVB:s monteringsystem att fungera som en helhet. Vi tycker att det är viktigt att påpeka att även de ekonomiskt kvantifierbara kriterierna måste finnas med eftersom ekonomiska kalkyler är en förutsättning för att ett beslutsunderlag ska bli rättvisande. Genom att utföra detaljerade tidsstudier för respektive monteringslina kan man bilda sig en uppfattning om vilken storlek på batcherna som ger kortast monterings- och överhuvudtaget bör fler mätningar genomföras eftersom detta är den enda möjligheten att åskådliggöra de eventuella brister som förekommer i monteringsprocessen.

Samtliga respondenter i undersökningen menar att en leveransförsening från PVB nästan aldrig beror på monteringsavdelningen utan orsakas av förseningar från leverantörer. Flera montörer tycker därför att en förändring av det befintliga monteringsystemet inte är nödvändigt utan att en effektivisering främst kan ske genom pålitligare leveranser. Vi tror dock att sanningen ligger närmre en kombination av dessa faktorer och att förutom en förändring av monteringsystemet även en hårdare leverantörsutvärdering bör undersökas.

Generellt uppfattas kommunikationen inom ITT Flygt fungera dåligt, framför allt när det gäller aktiviteter som utförs, eller skulle kunna utföras centralt på företaget. En genomgripande studie över såväl kommunikations- som beslutsprocesser bör utföras samt centralisering av de aktiviteter som kan vara fördelaktigt för samtliga parter.

### 8.2 Avstämning mot målsättning

Undersökningens viktigaste del är att utveckla en modell som i första hand kan användas vid utformningen av monteringsystemet på PVB. Detta anser vi har infriats genom att i analysen illustrera hur modellen kan användas och vilken typ av resultat som den kan förväntas leda fram till. På längre sikt är tanken att modellen även ska kunna utnyttjas på andra produktverkstäder men innan detta har praktiserats är det svårt att uttala sig huruvida det är möjligt. Tack vare likheten mellan samtliga produktverkstäders struktur är vi ändå övertygade om att detta ska vara möjligt. Genom att applicera modellen på de utvalda monteringslinorna utvecklade och utvärderade vi systemförslag för två av de tre linorna. Målsättningen var att utveckla systemförslag för alla tre linor men som analysen indikerar har vi funnit detta omöjligt och det krävs andra förutsättningar för att detta ska vara möjligt. Ett annat av projektets delmål var att identifiera faktorer, såväl produktionstekniska som arbetsorganisatoriska, som kan förändras samt att ge förslag på hur detta kan göras. Vi har presenterat ett antal förslag på förändringar som i undersökningen har visat sig vara mer eller mindre möjliga att genomföra och anser därför att även detta mål har uppfyllts.

### **8.3 Generaliserbarhet**

Utformningsmodellen är inte begränsad till att bara omfatta utformning av just monteringsystem utan är användbar för utveckling och utvärdering av alla typer av produktionssystem. Genom att anpassa modellen till de rådande omständigheterna tror vi att den kan bli användbar för många olika typer av företag. Genom att även väga in kriterier beträffande till exempel materialförsörjning, kan man erhålla en helhetsbild av produktionssystemet och därmed ökar chanserna att utformningen blir lyckad.

De arbetsorganisatoriska förslag som har getts är inte på något sätt unika för PVB utan något som även kan appliceras på andra tillverkande företag. Samma sak gäller för de aspekter som rör ergonomi och materialförsörjning.

### **8.4 Metodreflektion**

När vi i metodikkapitlet motiverade valet av öppet systemsynsätt med att de ingående delsystemen är starkt relaterade till varandra och därför inte kan beskrivas eller utformas utan att påverka varandra, visste vi inte hur rätt vi hade. Det svåraste momentet har varit att finna en lämplig nivå för var systemgränserna ska dras och under projektets fortskridande har dessa förändrats parallellt med att vissa avgränsningar har tillkommit. Exempelvis har vissa delar av materialförsörjning fått utgå på grund av dess omfattning.

Beträffande vår arbetsprocess har arbetet hela tiden fortlöpt i en abduktiv anda där vi hela tiden har försökt att grunda våra slutsatser på både teori och empiri, vilket vi tycker att vi har lyckats bra med.

I metodikkapitlet beskriver vi även att våra intensioner är att till största delen utföra kvalitativa undersökningar, vilket vi också vidhållit i största möjliga mån. Vi har även tolkat våra insamlade data enligt en analytisk generalisering vilket vi på förhand beskrev. Det kan dock nämnas att vi i efterhand upptäckt att om vi skulle ha gjort om examensarbetet, skulle en större andel kvantitativa undersökningar ha genomförts. Anledningen är att vi funnit det lättare att påvisa för företaget att en förändring som bygger på en slutsats dragen utifrån en statistisk generalisering bör genomföras. Kvantitativa motiveringar är lättare att acceptera, genom siffror kan man också uppskatta vilket resultat en förändring kan ge.

Vi har i första hand använt oss av primärdata i undersökningen, den sekundärdata vi funnit har ofta visat sig vara relativt gammal och inaktuell. Vi insåg tidigt att det föreligger en möjlig felkälla i de moment där vi använt oss av sekundärdata, varför vi har genomfört undersökningen med primärdata som bas när möjligheten har funnits. I de fall vi använt oss av sekundärdata har vi försökt att få den bekräftad genom egna studier, men på grund av sekundärdatans karaktär har detta inte alltid visat sig möjligt och i dessa fall har vi accepterat data utan verifiering.

### **8.5 Personliga reflektioner**

Företaget har en gedigen bakgrund och det är uppenbart att resurser sällan saknas i olika projektsammanhang. Däremot anser vi att beslutsprocessen är väldigt omständlig och att detta försämrar dynamiken i hela företaget. Vid flera tillfällen har vi kommit i kontakt med olika projekt som det har tagit flera år att fatta beslut om och minst lika lång tid för att bli implementerat. Av denna anledning har vi gett en rekommendation i avsnittet förslag till fortsatta studier kring just detta.

Ursprungligen upplevde vi det svårt att identifiera faktorer som var möjliga att förbättra eftersom produktionen till synes fungerade friktionsfritt. Detta beror till stor del på att respondenterna i undersökningen varit bekväma i befintlig situation och inte är speciellt förändringsbenägna. Efterhand som de empiriska studierna fortlöpte upptäckte vi dock att det finns förbättringspotential inom flera olika områden. När respondenterna gav olika bilder av situationen försökte förhålla oss objektiva och bilda oss en egen uppfattning.

## Källförteckning

### **Skriftliga källor**

Arbner, Ingeman & Bjerke, Björn (1994) *Företagsekonomisk metodlära*, Studentlitteratur, Lund

Agervald, Olof (1980) *Principer för utformning av monteringsssystem*, Mekan, Stockholm

Agervald, Olof (1981) *Exempel på monteringsssystem för mindre montage*, Mekan, Stockholm

Bellgran, Monica & Öhrström, Pernilla (1995) *Utformning och utvärdering av monteringsssystem i 10 svenska industriföretag*, Linköpings Universitet, Linköping

Bellgran, Monica (1998) *Systematic design of assembly systems*, Department of Mechanical Engineering Linköping University, Linköping

Darmer, Per & Freytag, Per V. (1995) *Företagsekonomisk undersökningsmetodik*, Studentlitteratur, Lund

Engström, Tomas (1983) *Materialflödessystem och serieproduktion*, Institutionen för transportteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg

Engström, Tomas & Karlsson, Ulf (1983) *Handbok för utformning av alternativa monteringsssystem till konventionell linemontering*, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg

Fredriksson, Peter (2002) *A framework for analyzing the operative performance of sequential module flows*, Chalmers University of Technology, Göteborg

Hackman, J. Richard & Oldham, Greg R. (1980) *Work Redesign* Addison- Wesley Publishing Company Inc, Massachusetts

Hellevik, O (1980) *Forskningsmetoder i sociologi och statsvetenskap*, Natur och Kultur, Göteborg

Holme, Idar M. & Solvang, Bernt K. (1997) *Forskningsmetodik – Om kvalitativa och kvantitativa metoder*, Studentlitteratur, Lund

Johansson, Christer (1984) *Utformning av monteringsssystem*, Linköpings Universitet, Linköping

Karlsson, Ulf (1979) *Alternativa produktionssystem till linproduktion*, Sociologiska institutionen, Göteborgs Universitet, Göteborg

Knudsen, Daniel (2001) *Kompendium i materialhantering VT- 01*, Institutionen för Teknisk Ekonomi och Logistik, Lund

Knutsson, Roland (1998) *Om uppsatsskrivandets vedermödor och handledandets. Sju essäer om akademiskt författarskap*, Provupplaga 1998, Företagsekonomiska institutionen, Stockholm

Ljungberg, Örjan (1997) *Att förstå & tillämpa TPM*, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg

Ljungberg, Örjan (2000) *TPM – vägen till ständiga förbättringar*, TPM Institutet och Studentlitteratur, Göteborg

Medbo, Lars (1999) *Materials Supply and Product Descriptions for Assembly Systems – Design and Operation*, Chalmers University of Technology, Göteborg

Nilsson, Bertil I (2003) *Lärande och ständiga förbättringar – två sidor av samma mynt*, Avdelningen för Produktionsekonomi, Lunds Tekniska Högskola, Lund

Olhager, Jan (2000) *Produktionsekonomi*, Studentlitteratur, Lund

Porter, Lyman W., Lawler III, Edward E. & Hackman, Richard J. (1975) *Behavior in Organizations*, McGraw- Hill Book Company, New York

Schary, Philip B. & Skjøtt- Larsen, Tage (2000) *Managing the Global Supply Chain*, Copenhagen Business School Press, Handelshögskolans Forlag, Köpenhamn

Säfssten, Kristina, (2002) *Evaluation of Assembly Systems – An Exploratory Study of Evaluation Situations*, Linköpings Universitet, Linköping

Yxkull, Alex von(1994) *Successiv utveckling av monteringsystemet – ett sätt att hantera produkt- och produktionsförändringar*, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm

Öhrström, Pernilla (1997) *Production System Evaluation – A Theoretical Analysis*, Linköping University, Linköping

## **Elektroniska källor**

[www.flygt.se](http://www.flygt.se) 03-03-12

[www.google.com](http://www.google.com) 03-03-12

<http://www.ergoweb.com/resources/faq/concepts.cfm> 03-04-25

<http://www.ergoweb.com/resources/faq/glossary.cfm> 03-04-25

<http://www.hb.se/bhs/B&I-konferens/pdfpaper/kapla.pdf> 03-04-26

<http://www.ics.lu.se/studentervice/kurser/inf003/rapport.pdf> 03-05-27

<http://infovoice.se/fou/infobrev/2002-03-03.htm> 03-05-27



<http://www.math.chalmers.se/Math/Grundutb/GU/MAL200/V01-3/mal deduktion.pdf> 03-05-27

<http://www.san.fuf.org/bilagor.pdf> 03-04-18

<http://www.smil.se/kvalitet/kvalisys.html> 03-06-22

<http://www.sp.se/electronics/RnD/projects/MaskinStandard/Standards/AFS1994.htm> 03-03-24

[www.tlog.lth.se](http://www.tlog.lth.se) 03-03-15

### **Muntliga källor**

Bertilsson, Sven- Arne, Produktionsledare, Haldex Hydraulics

Ervasti, Maria, Produktionsplanerare PVB, ITT Flygt

Fransson, Kent, Produktionstekniker PVT, ITT Flygt

Gustavsson, Hans, Montör PVB, ITT Flygt

Jarebjörk, Håkan, Montör PVB, ITT Flygt

Johansson, Monica, Montör PVB, ITT Flygt

Jävnhagen, Bo, Produktionstekniker PVX, ITT Flygt

Karlsson, Jan- Åke, Produktionstekniker PVS, ITT Flygt

Karlsson, Mikael, Montör PVB, ITT Flygt

Karlsson, Tomas, Produktionsledare PVB, ITT Flygt

Larsson, Göran, Verkstadschef PVB, ITT Flygt

Nilsson, Stefan, Logistikchef PVB, ITT Flygt

Nordström, Magnus, Produktionstekniker PVC, ITT Flygt

Peltonen, Jari, Montör PVB, ITT Flygt

Philipsson, Kenneth, Produktionstekniker PVB, ITT Flygt

Wulff, Fredrik, Projektledare, Arjo

## Begreppsapparat och definitioner

<i>Aktivt deltagande</i>	En teknik för insamling av empirisk data. Aktiv medverkan i en process kan ibland vara en förutsättning för att erhålla kunskap.
<i>Arbetscykel</i>	Innehållet av de moment som fordras för att kunna färdigställa en produkt.
<i>Batch</i>	Serie av samma produkter som tillverkas i en cykel.
<i>Benchmarking</i>	En kontinuerlig, systematisk process för att jämföra egen effektivitet i form av produktivitet, kvalitet och arbetsprocesser med företag och organisationer som representerar de bästa.
<i>Cykeltid</i>	Erforderlig tid som behövs för att utföra arbetscykel.
<i>Delmontage</i>	Montering av produkten till viss del, utförs oftast som ett förmontage.
<i>Distributionskanal</i>	Den fysiska väg genom vilken en produkt/komponent transporteras.
<i>Djuplager</i>	Det ”mellanlager” där artiklar lagras i väntan på att transporteras till plocklager vid respektive monteringslina.
<i>Driftstopp</i>	Tillfälligt avstannad produktion, kan var såväl långvarigt som kortvarigt.
<i>Enkätundersökning</i>	Undersökningsmetod som bygger på att respondenten fyller i sina svar i ett formulär.
<i>Experiment</i>	Insamling av empirisk data genom tester och prover i verksamheten.
<i>Fallstudie</i>	En metod där man utröner om en teori eller ett fenomen kan bekräftas genom en empirisk undersökning.
<i>Frikopplingsgrad</i>	Andel tid som en montör kan arbeta oberoende av någon annan.
<i>Fästelement</i>	Anordning som möjliggör att en komponent kan fästas på basobjektet.
<i>Fästpunkt</i>	Punkt på basobjektet där fästelementet återfinns.
<i>Förmontage</i>	Montering som utförs innan den huvudsakliga monteringen tar vid.
<i>ISO 9001</i>	Internationell standard för krav på ledningssystem för kvalitet.

<i>Justering</i>	Korrigerig av ett moment som gör att produkten inte anses tillfredsställande eller inte genomgår ett test med godkänt resultat.
<i>Kanban- system</i>	Ordergivning genom att ett kort skickas till närmast föregående station, varför en kedjereaktion uppstår som skapar ett ”sug” längs förädlingsprocessen.
<i>Kapacitet</i>	Kapacitet kan varieras på en rad olika sätt och det är därför svårt att definiera eller mäta kapacitet. Det kan röra sig om fysiskt utrymme, utrustning, grad av output, material eller en kombination av dessa.
<i>Materialförsörjning</i>	Tillförsel av nödvändigt material i produktionssystemet för att kunna tillverka en produkt.
<i>Monteringsflöde</i>	Basobjektets flöde i monteringsprocessen.
<i>Monteringsstation</i>	Avgränsad station med verktyg/utrustning för ett eller flera monteringsmoment.
<i>Monteringstricks</i>	Metoder för att med reducerad tidsåtgång utföra ett komplicerat monteringsmoment, ofta inte enligt ”formella” instruktioner.
<i>Monteringsupplägg</i>	Den strategi, i form av sociala och tekniska faktorer, som ett företag begagnar inom ett monteringsystem.
<i>Palett</i>	Monteringsplatta som kan transporteras runt på den driven eller odreven bana. I banorna är det möjligt att montera stopp och positioneringsenheter för att enkelt kunna stoppa, separera och positionera paletterna med stor noggrannhet.
<i>Plocklager</i>	Den del i lagret från vilken artiklar till monteringen plockas direkt, kan göras för hand eller med hjälp av lyfthjälpmiddel till exempel travers.
<i>Produktmix</i>	”Blandningen” av produkter/varianter i ett produktionssystem.
<i>Produktverkstad</i>	En produktionsenhet som är uppbyggd och utrustad för att självständigt kunna tillverka en färdig produkt eller produktfamilj.
<i>Relevans</i>	Relevansen är ett mått på hur pass betydelsefull och intressant en studie är för en viss målgrupp.
<i>Tvärnittsstudie</i>	Empirisk information insamlas från ett lämpligt och representativt urval för att dra slutsatser om en hel grupp.
<i>Upparbetning</i>	Genom att arbeta upp en buffert kan ledighet erhållas alternativt andra moment utföras.
<i>Öppen observation</i>	Empirisk information insamlas genom observation av studieobjektet.

## **Bilagor**



# **Bilaga 1 Underlag för samtal med personal på PVB**

## ***Monteringssystem***

1. Har PVB en klar målsättning som alla strävar efter för varje nytt kalenderår?
2. Finns det planer på att automatisera testningen och i så fall till vilken grad?
3. Hur får verkstadsledningen reda på vilka kvalitetsbrister som existerar i monteringen?
4. Vilka förändringar kommer att ske med produkterna inom den närmaste tiden (konstruktionsmässigt, produktionsmässigt och marknadsföringsmässigt)?
5. Vilka arbetsmoment bortsett från den rena monteringen utför montörerna i nuläget?
6. Kan sjukfrånvaron relateras till brister i ergonomin?
7. Hur hanteras en plötslig ökning i orderingången?

## ***Materialförsörjning***

8. Hur utvärderar ni era leverantörer?
9. Hur arbetar ni för att sänka lagernivån och vilken är målsättningen?
10. Hur många artiklar finns i sortimentet och vilket antal är målsättningen?
11. Hur ofta rapporterar montörerna till affärssystemet?
12. Hur sker materialförsörjningen av linan, finns det klara direktiv hur detta ska gå till?
13. Hur hög är leveranssäkerheten/packningsservicegraden och vilken är målsättningen?
14. Beror förseningar oftast på problem i montering, dålig planering inom PVB eller på leverantörerna?

## ***Arbetsorganisation***

15. Hur sker utbildning av ny/befintlig personal?
16. Hur motiveras personalen att sträva efter att prestera bra?
17. Hur sker dialogen mellan montörer och produktionsledning? Hur ofta hålls möten?
18. Uppskattar ni att personalen har stort/litet arbetsinnehåll?
19. Hur länge har anslagstavlorna funnits och vilken information finns på dem?
20. Vad är syftet med anslagstavlorna?
21. Har produktiviteten ökat efter det att anslagstavlorna satts upp?
22. Finns det någon målsättning som genererar bonus om den uppfylls?
23. Premieras idéer och i så fall på vilket sätt?
24. Är ni nöjda med arbetsorganisationen eller har ni för avsikt att förändra den?
25. Hur sker det kontinuerliga förbättringsarbetet?

## **Bilaga 2 Underlag för samtal med produktionsteknikerna**

1. Vem har utformat respektive lina och var montörerna delaktiga i detta? När gjordes detta och finns utredningsmaterialet tillgängligt?
2. Hur hanteras en plötslig ökning i orderingången?
3. Hur stor andel av komponenterna egentillverkas respektive köps in?
4. I hur stor omfattning används moduler och delmontering?
5. Hur stor del av komponenterna används i andra produktverkstäders produkter? Samordnas inköpen för dessa?

## Bilaga 3 Resultat av kriterieviktning

Kriterium	Tjänstemän					Montörer				Totalt	
	1	2	3	4	Medelvärde	1	2	3	Medelvärde	Viktsfaktor	
<b>Produktionstekniskt beroende kriterier</b>											
1	Flexibilitet m a p tillverkningsvolym										4.2
2	Flexibilitet m a p produkt/variant										2.4
3	Effektivt monteringsflöde										4.5
4	Säkerhet i monteringsprocessen										5.1
5	Produktivitet										3.8
<b>Individberoende kriterier</b>											
6	Ergonomi										7.6
7	Arbetsstillfredsställelse										4.6
8	Självständighet i arbetet										2.7
9	Möjlighet till ansvarstagande										2.5
10	Variation i arbetsuppgifterna										2.6

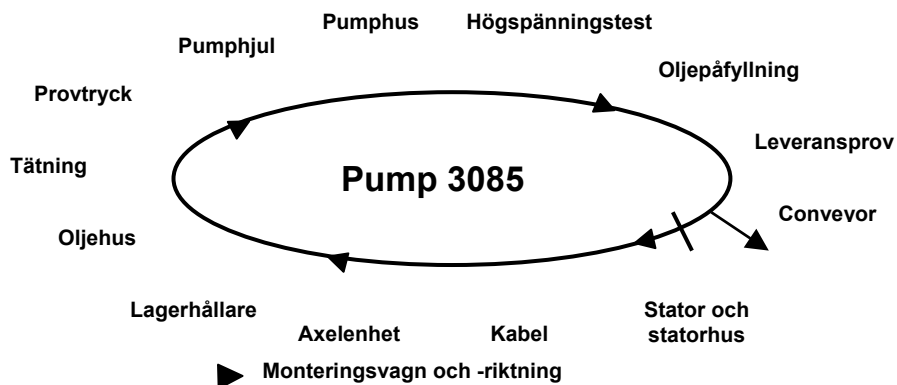




## Bilaga 4 Produktverkstad C

Produktverkstad C (PVC) tillverkar uteslutande avloppspumpar och monterar runt 38000 pumpar varje år. Sortimentet består endast av de tre produkterna 3085, 3102 och 3127 som monteras på vardera två linor. Pumparna väger mellan 60- 150 kg och monteras i en del varianter med olika tillbehör, 3085 har färre varianter än 3102 och 3127. I PVC finns även en avdelning för bearbetning av gjutgods samt en kabelklippningsavdelning som förser monteringsavdelningen med det material som erfordras.

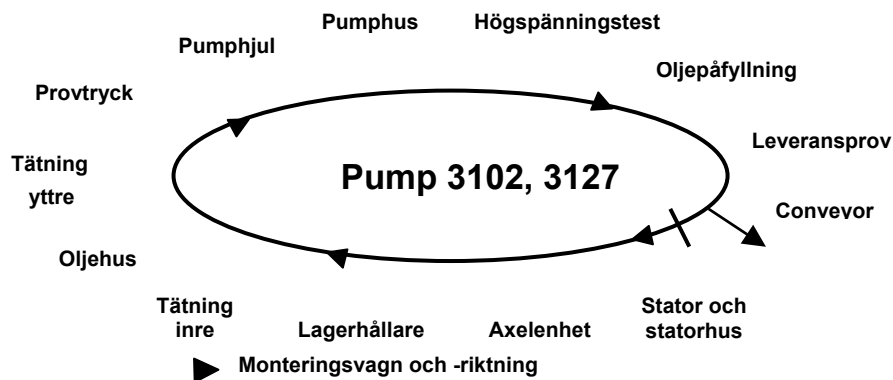
De befintliga monteringslinorna utformades 1985 och har utseendemässigt inte ändrats sedan dess. Det kontinuerliga förbättringsarbetet sker dock hela tiden allt eftersom nya idéer uppkommer. Montering utförs på vagnar med en eller två fixturer runt en ovalformad monteringsbana, se figurer B4.1 och B4.2. Varje montör ansvarar för sin egen pump genom hela monteringsförloppet och markerar detta på monteringskortet efter färdigställandet. Monteringsförloppet börjar med att statorn pressas ned i ett statorhus av gjutjärn och statorhuset hängs med hjälp av ett ok upp på monteringsvagnen. Vid tillverkning av pumpmodell 3085 monteras i detta skede även en kabel på pumpen. Därefter monteras axelenheten, lagerhållare, oljehus samt tätningar till en rotorenhet som sedan monteras ihop med stator- paketet. Pumpen provtrycks för att se om den är tät och därefter monteras pumphjul och pumphus. På pumparna 3102 och 3127 monteras sedan kabel varefter pumpen högspänningstestas och fylls med olja. Avslutningsvis leveransprovar montören pumpen och om den godkänns skickas den med hjälp av en conveyer till tvätt och målning.



Figur B4.1 Monteringsprocessen för pumpmodell 3085

Pumpmodellen 3127 som väger omkring 150 kg gav upphov till problem när en lämplig vagn skulle utformas för monteringen. Framst bestod problemen av att finna hjul som kunde bära en så pass tung produkt men när väl detta fick sin lösning har vagnmonteringen även på denna pump fungerat tillfredsställande. PVC:s produktionstekniker Magnus Nordström menar att 150 kg är gränsen för vilken vikt som en pump som monteras på en manuell vagn kan ha. Med en motordriven vagn hävdar han dock att en pump med en vikt på upp till 500 kg ska vara möjlig att montera.

## Bilaga 4 sida 2



Figur B4.2 Monteringsprocessen för pumpmodellerna 3102 och 3127

Arbetsorganisationen inom PVC är uppbyggd på självstyrda grupper där varje grupp utgörs av 10 till 15 montörer. Arbets schemat i grupperna roterar med månadsintervall mellan olika arbetsmoment som montering, packning och materialhantering. Grupperna har stort ansvar och sköter även en del administrativa frågor till exempel beträffande kortare ledighet och disposition av tillgänglig personal mellan monteringslinorna. Gruppens ledarskap, som innebär samordnare av materialhantering, kontakter med planerare och logistiker samt kontakter med reparatörer på LB och LD, roterar även det mellan gruppens samtliga medlemmar. Varje vecka som montören är samordnare för gruppen föregås av en vecka där han/hon är vice samordnare för gruppen.

Huvuddelen av PVC:s artiklar gjuts i Flygts eget gjuteri och bearbetningen av dessa sker i PVC:s lokaler enligt ett manuellt kanban-system. När materialet har bearbetats placeras det oftast i ett mellanlager innan det i ett senare skede transporteras till linorna. I enstaka fall levereras bearbetade produkter direkt till monteringen. Plocklagret vid monteringslinorna är oftast endast två våningar högt och försörjs av de montörer som efter schemat arbetar som materialframtagare/hanterare. Monteringslinorna styrs av den huvudartikel med minst varianter, det vill säga 3085-linan styrs efter vilken stator som ska användas. Dagsbehovet av statorer plockas då fram till linan och montören identifierar sin stator efter monteringskortet. De övriga linorna, för produkterna 3102 och 3127, styrs däremot av pumphusen eftersom varianterna på dessa är fler.

Problem hanteras i en produktionsteknisk grupp där produktionsledaren och montörer från samtliga monteringslinor ingår. Bortsett från akuta problem då gruppen samlas på kort varsel sker mötena en gång i månaden. En drivande kraft i gruppen är den projektlista som omfattar pågående och framtida projekt inom PVC. På PVC finns också en kvalitetsgrupp, bestående av kvalitetstekniker, produktionstekniker och representanter från monteringslinorna, som har till uppgift att följa upp och förebygga kvalitetsproblem. Förutom att den fristående produktrevidören, som har i uppgift att kontinuerligt kontrollera kvaliteten, genomförs oförberedda revisioner för att finna tänkbara kvalitetsproblem.

## Bilaga 5 Layout PVB



1. Monteringslina 39 med tillhörande plocklager
2. Monteringslina 44 med tillhörande plocklager
3. Placering av pumpar i gången som är färdiga för leverans
4. Monteringslina 46 med tillhörande plocklager
5. Provningsanläggning 1

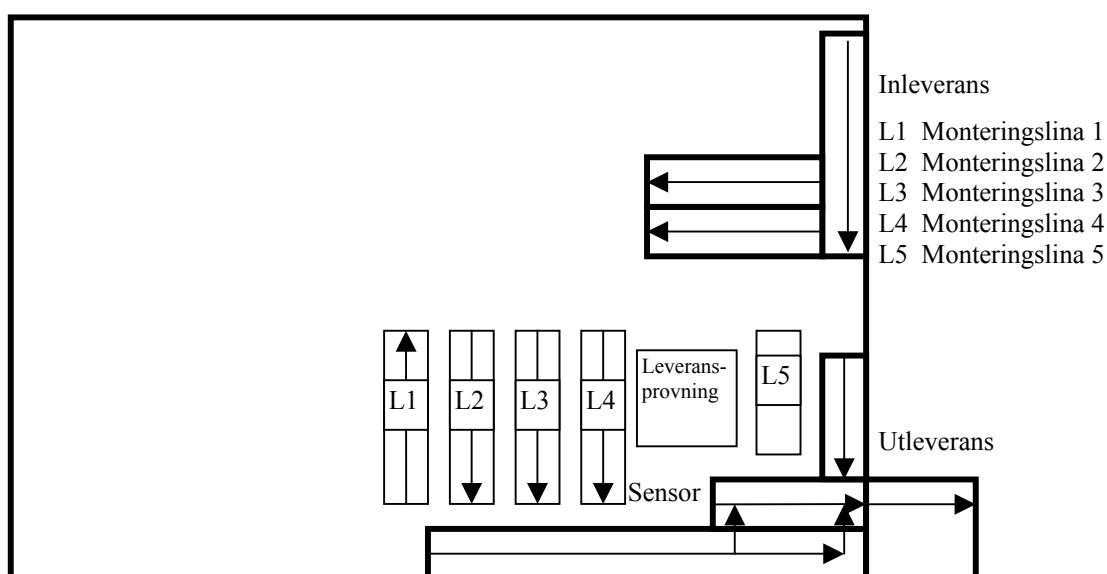


## Bilaga 6 Produktverkstad X

Produktverkstad X (PVX) tillverkar mixrar för omrörning i bassänger på bland annat reningsverk. Verkstaden producerar runt 9000 omrörare om året och har ett 60-tal anställda. Förutom monteringsavdelning finns här även verktygs-, kabelklipnings- samt bearbetningsavdelningar.

På PVX tillverkas tio olika modeller på 5 monteringslinor som var och en är anpassad för att kunna montera två pumpmodeller vardera. Vid uppstarten av PVX 1992 var de flesta mixrarna standardprodukter, men idag kan modellerna tillverkas i ett stort antal olika utföranden då tillvalen är många. Med tillval avses främst övervakningsutrustning som till exempel sensorer. Beroende på vilket användningsområde som omröraren har kan den tillverkas i flera olika material beträffande propellrar/rotorblad och upphängningsanordningar. Den stora artikelfloran innebär att det krävs många lagerplatser i anslutning till varje lina.

Monteringen på samtliga monteringslinor utom en startar i mitten på lokalen för att fortsätta ut mot ett transportband som löper längs med lokalens långsida, se figur B6.1, där pumparna packas innan de leds ut på transportbandet. Eftersom kraven på säkerhet vid högspänningstesten är stora genomförs dessa på en avgränsad yta bakom sensorer som avbryter testet om de passeras. Anledningen till att inte provhytter används vid högspänningstesten är att dessa beskriver ta värdefullt arbetsutrymme i anspråk. Transportbandet som är gemensamt för alla monteringslinor, utom L1, transporterar de färdiga omrörarna ut till en lastkaj där en truck hämtar dem för vidare transport. Innan utleveransen testas alla omrörare fritt hängande i luften och samtliga PP-pumpar leveransprovns även i provningsbassängen. Dessa märks vid packningen med en speciell skylt som en sensor på transportbandet känner av och pumpen leds då in på en separat bana för leveransprovning i bassäng.



Figur B4.1 Produktverkstad X

## Bilaga 6 sida 2

PVX använde tidigare vagnar för monteringen, men efterhand som produkterna började monteras i ett så stort antal varianter blev detta omöjligt då monteringstiderna varierade i stor utsträckning. Vissa varianter på omrörare kunde ta upp till dubbelt så lång tid att montera jämfört med en standardprodukt. Följden blev att monteringen anpassades efter den enskilda produkten, vilket betyder att varje pump endast kan monteras på avsedd lina. En annan orsak till att monteringsupplägget förändrades var att omställningstiden kunde reduceras. Linorna består idag av sex stycken stationer som var och en är anpassad för ett speciellt moment i tillverkningen. På L2- L4 monteras dagligen ungefär fyra mixrar och där arbetar tre eller fyra montörer som roterar mellan linorna efter behov. På L1 monteras PVX största pumpar och denna lina bemannas endast med en montör, där omröraren monteras på en rälsvagn som förflyttas längs linan.

Vid en ökad efterfråga på PVX:s produkter hjälper i första hand montörer på andra linor till med produktionen och i andra hand tillgrips övertidsarbete. Det händer också att PVX lånar personal från andra produktverkstäder men detta är mycket ovanligt. Modul användning har diskuterats på PVX men aldrig praktiserats. Modultillverkning upplevs i första hand vara möjlig i bearbetningsavdelningen där statorerna skulle kunna pressas i statorhusen.

## **Bilaga 7 Haldex Hydraulics System**

### **Bakgrund**

Haldexkoncernen är uppdelad i fyra divisioner, Haldex Hydraulics System Division, Haldex Brakes Division, Haldex Traction System Division och Haldex Garphyttan Wire Division. Koncernen har 4100 anställda och omsätter 6.5 miljarder kronor. Produktion är förlagd till Nordamerika, Sydamerika, Europa, Indien och Kina, där större delen av produktionen är koncentrerad till Nordamerika och Europa. Haldexkoncernens huvudkontor ligger i Stockholm.

### **HALDEX HYDRAULIC SYSTEM DIVISION**

Haldex Hydraulics tillverkar hydrauliksystem, till exempel bakgavellyftar till lastbilar, pumpar för dieselmotorer, drivsystem för fläktar och nödbromssystem för entreprenadmaskiner. Av dessa har hydraulaggregatet till bakgavellyftarna den största marknadsandelen på 30 %. Haldex Hydraulics System Division har en omsättning på US\$ 110 miljoner och har en global marknadsandel på omkring 15 %. Haldex Hydraulics huvudkontor ligger i Rockeford där även merparten av produktionen är lokaliserad. Fabriken i Skåne- Fagerhult har en omsättning på 200 miljoner och där monteras årligen 75000 produkter och då handlar det främst om bakgavellyftar, fork lift trucks, boogie- lyftar och skyliftar. I Skåne- Fagerhult finns även företagets forskning och utveckling och av de 85 anställda arbetar 55 i produktionen. Haldex Hydraulics 20 största kunder svarar för 85 % av omsättningen i Skåne- Fagerhult och bland dessa är Volvo, BT- industries, Scania och Sörensen värda att nämnas. En produkt innehåller ett 50- tal artiklar och enkelt beskrivet består den av en likströmsmotor, ett ventilsystem, en pump samt en oljetank.

### **Monteringssystem**

Eftersom tillverkningsvolymerna är förhållandevis låga bygger monteringsystemet på manuell montering och en investering i automatiserad monteringsutrustning är därför inte ekonomiskt försvarbart. Produktionen är uppdelad i fem stycken monteringsgrupper, benämnda team, där respektive grupp leds av en team coach. Varje team har också tillgång till en så kallad team support som hjälper till med frågor beträffande kvalitet, leverantörskontakter och orderhantering. Merparten av montörerna behärskar monteringen av produkter inom flera grupper och rotationen mellan grupperna gör att kapaciteten kan anpassas efter orderingången. Majoriteten av monteringsuppläggen finns kvar sedan lång tid tillbaka och upplevs svåra att förbättra.

När en tillverkningsorder färdigställs rapporteras detta och de ingående artiklarna räknas av från lagersaldot. Oavsett hur stor en serie är revideras alltid den första och den sista produkten i varje serie. Anledningen till detta är att om den första och sista produkten är felfri antages det heller inte finnas några fel på övriga produkter i serien. Någon formell produktrevidör finns inte utan revisionen utförs oftast av en montör från en annan monteringslina. Endast ett fåtal produkter varje år måste på grund av felmontering justeras.



## Bilaga 7 sida 2

Eftersom produktionen helt och hållet sker mot kundorder finns inget lager för färdiga produkter. Detta gör att företaget lägger stor vikt vid leveransplanerna mot sina kunder för att på förhand veta ungefär hur stort deras behov är. Lagerkostnaderna har under de senaste åren sänkts från 27 till 17 miljoner kronor och detta har uppnåtts genom förbättrade prognoser från försäljningssidan mot kunderna. Tack vare kundorderstyrningen är PIA nästan försumbart.

Då ergonomin har hög prioritet använder sig företaget av utrustning som är väl anpassad för individen, till exempel höj- och sänkbara monteringsbord, rätt ergonomiskt utformade momentdragare och andra mindre hjälpmedel. Ledningen anser det dessutom vara viktigt att montörerna arbetar under en väl fungerande belysning och försöker också få dem att använda tillgängliga hjälpmedel. Det anses viktigt att montörerna har en bra arbetsmiljö och detta har gjort att sjukfrånvaron med arbetsplatsrelaterade symptom anses låg. När nya montörer introduceras i monteringen sker detta genom en fadderverksamhet där monteringsgruppen lär upp den nya montören.

Nedan följer en beskrivning av monteringsystemen för respektive team.

### TEAM GUL

Monteringssystemet för Team gul består av fyra identiska linor. En av de produktgrupper som monteras av Team gul är kompaktaggregatet som med cirka 45000 enheter per år har fabriken högsta tillverkningsvolym. Monteringssystemet för denna produktgrupp utformades i mitten av 90- talet utan att några montörer var inblandade. Utformningen skedde på ett ostrukturerat sätt och för att efterlikna tidigare system. Hade utformningen skett idag skulle monteringsystemet ha sett annorlunda ut. Efterhand har endast små förändringar gjorts för att förbättra monteringsflödet.

### TEAM ORANGE OCH TEAM BLÅ

Team orange står för hela tillverkningen av produkter till den största kunden medan Team blå monterar tre olika produktgrupper. I övrigt utförs monteringen på samma sätt som för Team gul.

### TEAM RÖD

Team Röd utför samtliga förmontage av de ventilblock som används för slutmonteringen i de övriga grupperna, det vill säga endast montering mot interna order. Monteringssystemet består inte av monteringslinor utan av monteringsstationer. Dagens monteringsupplägg, för team röd, har inte förändrats på många år och kommer heller inte att förändras förrän en kund vill ha en unik produkt. Team röd delrapporterar när ett förmontage är färdigställt.

## Bilaga 7 sida 3

### TEAM SVART

Team Svart ansvarar för all materialhantering vid in- och utleveranser samt lagerverksamheten. Många i team svart har tidigare varit montörer och kan därför vid kapacitetsbehov hjälpa andra grupper med montering. En av anledningarna till att medlemmarna i team svart har lämnat monteringen till förmån för materialhantering är att de har tjänstgjort länge inom företaget och vill prova på något nytt.

### Förbättringsarbete

”The Haldex Way” är ett program som arbetar efter lean production filosofin där kunden, individen och att eliminera förluster står i fokus. Programmet, som är centralt för hela Haldexkoncernen, innehåller de tio punkterna standardisering, taktid, jämnt flöde, balanserat flöde, förbrukningsstyrd produktion, visualisera, kapabel process, rätt från mig, jobba i nutid och ständiga förbättringar. Haldex Hydraulics jobbar även med 5s (städa, sortera, systematisera, se till, standardisera) men detta styrs inte centralt.

För att få bukt med kvalitetsbrister från leverantörerna har Haldex Hydraulics ett nystartat system för utvärdering av sina 24 största leverantörer, Suppliers Improvement Program (SIP). SIP innehåller ett antal parametrar, till exempel organisation, logistik, kvalitet, miljö, produktion och förmåga att komma med förbättringsförslag. Detta genomförs en gång per år och då avgörs huruvida leverantören blir godkänd och kan behållas som leverantör. Ofta utförs bedömningen tillsammans med leverantören och underkänns leverantören byts den ut. Det anses viktigt att inte ha fler leverantörer än vad företaget har möjlighet att kommunicera med och träffa med tämligen jämna mellanrum. Sedan programmet introducerades har antalet leverantörer reducerats från 160 till 95 och målsättningen är 70. Avsikten är att skaffa sig en nära relation till leverantören och att ha möjlighet att tillsammans kunna utveckla nya produkter. Eftersom allt material som används i monteringen köps in är relationen till leverantörerna viktig. I de fall då Haldex Hydraulics inte klarar av att leverera i utsatt tid beror detta i merparten av fallen på förseningar hos leverantörerna snarare än förseningar i monteringen.

### Arbetsorganisation

Företagets tidigare arbetsorganisation var mer konventionell med en arbetsledare som tog alla viktiga beslut och styrde vad varje enskild montör skulle göra. Även om monteringsupplägget var detsamma och montörerna var bundna till en speciell monteringslina så saknades dagens tvärfunktionella teamkänsla. När montörerna skulle rotera mellan grupperna skötte uteslutande arbetsledaren detta. Idag diskuterar såväl teamen inbördes som teamcoacherna sinsemellan för att hela företaget ska lyckas hålla leveranssäkerheten. Det råder idag en större rörlighet mellan grupperna.

## Bilaga 7 sida 4

Målet är att i framtiden ge teamen ännu större befogenheter, till exempel sköta planeringen av order samt all kommunikation med kunden. Detta kommer alltså att innebära att kunden direkt kontaktar teamet som själv tar hand om förfrågningen och ger kunden ett svar. Det utökade ansvaret innebär att beslutsvägarna blir kortare och förändringar i organisationen kan genomföras snabbare. Valet av teamcoach föll sig naturligt genom att den montör som upplevdes ha bäst stöd av hela monteringsgruppen tilldelades tjänsten utan att någon vidareutbildning har krävts.

Ett nytt belöningsystem kommer i framtiden att, till skillnad från i nuläget, gynna montörer som behärskar fler än bara en produkt. Systemet kommer inte att beakta några ackord utan bara sådana faktorer som höjer värdet för kunden. Detta motiveras med att monteringen i sig inte är speciellt värdehöjande och då framstår kvalitet och leveransprecision som betydligt viktigare än en kortsiktig produktivitetsökning. Däremot kan produktivitetsspekten komma att beaktas vid en jämförelse mellan olika montörer.

Eftersom montörerna beskrivs som lojala mot arbetsgivaren är personalomsättningen mycket låg och många av dem som lämnar företaget återvänder vid ett senare tillfälle. Ett exempel på åtgärder för att få personalen att trivas på företaget är det system för flexibel arbetstid som har införts. Montörerna kan på så sätt, i viss utsträckning, styra över sin arbetstid.

## **Bilaga 8 Arjo**

### **Bakgrund**

Arjo är en del av Getinge-koncernen och styr sin verksamhet från huvudkontoret i Eslöv och. Företagets kärnkompetens är ytbehandling och montage och affärsidén är att leverera kvalitetsprodukter, lösningar och program som underlättar det vardagliga livet för äldre, sjuka och handikappade människor. Vidare skapar Arjos produkter en säkrare och bättre arbetsmiljö för den personal som tar hand om dem. Arjo har delat upp produktfloran i sex huvudområden: Bad- och duschsystem, bad- och duschlyftar, spolverktyg, patienthanteringsverktyg, handfat och vattenterapiprodukter. Arjos sortiment består av ungefär 50 olika modeller av lyftar, bad, duschar, skötbord etcetera och dessa finns i sin tur i flera tusen olika utföranden.

### **Monteringssystem**

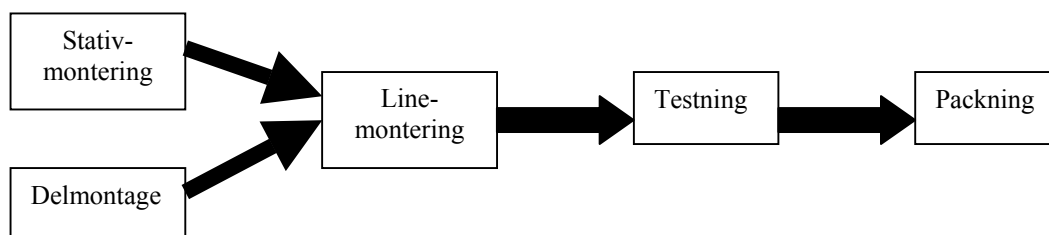
Flexibiliteten i monteringsystemet är hög, mycket beroende på att Arjo i princip alltid har ledig kapacitet i monteringen. Monteringsystemet utgör i princip ingen begränsning utom i undantagsfall när ordertoppar gör att materialet inte finns tillgängligt. Detta beror på att Arjo inte hinner beställa material i så god tid att leverantörerna i sin tur hinner beställa material från sina leverantörer. Eftersom produkterna har sina ordertoppar vid olika tidpunkter på året kan ändå företaget oftast hålla sin leveranssäkerhet. Överkapaciteten tillsammans med montörernas rotation mellan grupperna gör att monteringsystemet kan svara mot merparten av säsongsvariationerna. Majoriteten av montörerna behärskar fler än en produkt utan att detta idag ger dem någon förmån, men eftersom detta är ett av företagets önskemål kan belöningsystemet komma att förändras i framtiden.

Ergonomin har förbättrats och betyder idag mycket vid förändringar av monteringsystemet. De gamla systemen utnyttjade till exempel inte de lyfthjälpmedel som idag finns tillgängliga, dessutom har höj- och sänkbara bord, takanslutna verktyg samt utdragbara pallställ avsevärt förbättrat förutsättningarna för montörerna. Dagens monteringsupplägg är uppskattat av samtliga inblandade, men det finns ändå en lista med förändringar som montörerna vill genomföra. Monteringsystemen för de olika monteringsgrupperna utformades vid olika tillfällen och nedan beskrivs monteringsystemen för tre av företagets produkter.

### **BADSYSTEM 2000**

Monteringsystemet för Bassystem 2000 utvecklades 1999 och i systemet monteras idag ungefär 3000 produkter per år och av det totala antalet ingående artiklar består cirka 60- 70 % av moduler. Monteringsystemet är uppbyggt av fem monteringsstationer; delmontage, stativmontering, linemontering, testning och packning, se figur B8.1. Monteringsgruppen består av 15 montörer som roterar mellan monteringsstationerna efter ett schema, men möjligheten finns alltid att efter behov frångå schemat. Badsystem 2000 kräver på grund av sin karaktär fler tester än övriga produkter varför ledtiden för denna produkt är något längre. I packningen ingår även slutmontering och märkning av produkten och denna genomförs separat men av montörer från monteringsgruppen.

## Bilaga 8 sida 2

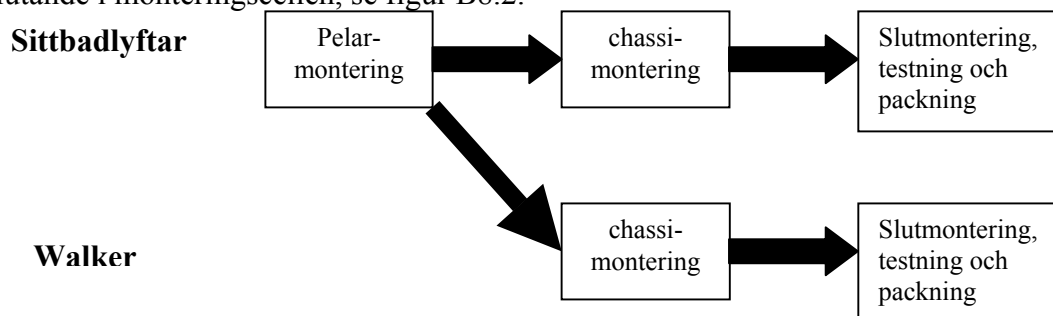


Figur B8.1 Monteringsystemet för badsystem 2000

### SITTBADLYFTAR

Monteringsystemet för Sittbadlyftar togs i bruk år 2002 och bygger på idéer som en projektgrupp från LTH samt berörda montörer och produktionstekniker utvecklat. Samtliga montörer fick vara med och påverka utformningen, men arbetet leddes av ett antal "drivande" montörer. Arbetet gick tillväga på så sätt att montörerna utgick från en förutbestämd layout, därefter flyttades lyftbord och vagnar så att utformningen på bästa sätt skulle tillgodose monteringen. Eftersom tillverkningsvolymen föregående år varit tämligen jämn hade gruppen en på förhand klar uppfattning om den tillverkningsvolym, mellan 1500- 2000 stycken, som upplägget skulle anpassas till. Gruppen hade som förslag att arbetet kunde utföras i flödesgrupper och när förslaget var accepterat gav produktionsledaren sitt godkännande. Diskussioner fördes även om huruvida montörerna skulle ansvara för produkten genom hela monteringsförloppet, det vill säga montera en komplett produkt inklusive testning och packning. Förespråkarna för detta koncept fick dock ge sig eftersom ledningen motiverade att arbete med delmontage ger en betydande tidsvinst framför montering av en komplett produkt.

Monteringsystemet är utformat som en lina med tre monteringsstationer; pelarmontering, chassimontering och slutmontering som inkluderar testning och packning. Pelarmonteringen utförs på en karusell där 16 pelare monteras på en roterande fixtur och montören behöver alltså inte förflytta sig samtidigt som materialet hela tiden finns tillgängligt inom montörens räckvidd. Produkten Walker, som är en variant på sittbadlyften, har en tillverkningsvolym på endast cirka 200 stycken per år och monteras därför i en nära anslutande monteringscell. Monteringen av Walker använder pelarmontagen från sittbadlyftarna men monteras därefter uteslutande i monteringscellen, se figur B8.2.



Figur B8.2 Monteringsystem för sittbadlyftar och Walkers

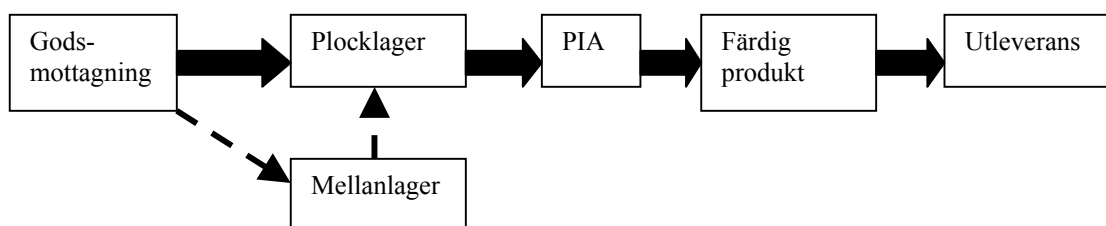
## Bilaga 8 sida 3

### DUSCHPANEL

Duschpanelens monteringsystem utformades 1997 och eftersom tillverkningsvolymen är tämligen låg utförs monteringen på vagn i en monteringscell. Leveransprovningen sker separat men ändå av samma montör som har ansvaret för produkten genom hela monteringsförloppet. I allmänhet besätts denna monteringscell alltid av samma montörer men möjlighet till rotation för att svara mot kapacitetsbehovet existerar.

### Materialförsörjning

Materialflödet, se figur B8.3, börjar i godsmottagning där materialet registreras för att sedan transporteras vidare till plockplatser i plocklager. Plocklager återfinns på de två lägsta nivåerna i pallställen i anslutning till monteringen eller på vagnar i linorna. I de fall då materialet inte får plats i plocklager placeras det högre upp i pallstället, det vill säga i en form av mellanlager. Vid inleverans av stora skrymmande artiklar placeras dessa i princip var som helst i lokalen där de får plats, dock finns inget formellt mellan- eller centrallager.



Figur B8.3 Materialflödet i Arjos produktion

Företaget har infört ett Kanban-system på ett antal artiklar som har inneburit att beställningarna från leverantörerna blir jämnare och ledtiderna har kortats. Inkommande material registreras och artiklarna streckkodmärks samt kontrolleras till antal och kvalitet. Kanban-leverantörerna kommer eventuellt i framtiden att själva införa streckkoder på allt levererat material.

Inleverans sker dagligen kontinuerligt mellan 07.00 och 16.30 och utleverans 10.00 utom i undantagsfall då leverans även sker på eftermiddagen. Förflyttningen av material från mellanlager till plocknivå sköts av montörerna själva eller av särskilda materialhanterare som även sköter en del montering samt inventering. Det arbetar totalt sex stycken materialhanterare i fabriken, två vid godsmottagningen respektive interna transporter samt två vid avdelningen för utleverans.

I allmänhet räknas inte artiklarna av förrän produkten är testad och packad, undantaget är efter vissa delmontage då rapportering sker. Vid testnings- och packningsavdelningen sker processens enda kvalitetskontroll där produktens funktioner testas och vid packningen tillses att rätt broschyrer och andra medföljande artiklar finns med. Sex gånger per år genomförs en produktrevison i form av en stickprovskontroll då produkten går igenom fullständigt inklusive ritning och ritningsunderlag. Av de produkter som går från monteringen till testning finns ingen uppföljning på hur stor andel som åtgärdas.

## **Bilaga 8 sida 4**

När produkten nått kunden vet man dock hur många anmärkningar som produkten har fått. Fel åtgärdas av servicetekniker på plats, men i värsta fall skickas produkten eller delar av den tillbaka till fabriken. Anmärkningarna omsätts ofta till pengar för att ge en bild av hur mycket felen kostar varje år. Om felen går att spåra till någon särskild del i monteringen åtgärdas denna för att felet inte ska upprepas.

### **Arbetsorganisation**

Var och en av de fyra monteringsgrupperna har en teamcoach som i grunden är en planerare eller en produktionstekniker. Teamcoachens främsta uppgifter är att fördela personalen mellan grupperna, ta hand om de problem som uppstår, hålla i lönediskussioner samt styra upp verksamheten om produktionen sker för långsamt. Planeraren bestämmer när en order ska släppas och det enda som gruppen själv styr är i vilken ordning som orders ska tillverkas. Tidigare kunde gruppen själv bestämma när någon fick ta semester, men detta ledde till ett antal leveransförseningar och organisationsformen förändrades. Teamcoachen ansvarar för att utleveransdatum hålls och är länken mellan monteringsgruppen och produktionsledningen.

I monteringen finns ett antal displayers med information om månadens orderingång, värdet på fakturerade produkter, leveranssäkerhet, orderstock och annan viktig information, till exempel om vem som ska besöka fabriken med mera. Displayerna visar även mål som ska uppfyllas för att personalen ska erhålla bonus. Det finns ingen prestationsbaserad lön för den enskilde montören utan de tre bonusfaktorerna leveranssäkerhet, kapitalbindning och resultat sporrar samtliga anställda till att arbeta hårdare. Bonusen betalas ut till samtliga anställda som inte har individuellt bonusavtal, både tjänstemän som montörer erhåller bonus vid de månadsskiften då målen uppfylls. Montörerna arbetar med ständiga förbättringar (5S), lämnar någon in ett förslag som innebär en förtjänst för företaget utgår en monetär ersättning för detta. Ersättningen ska fungera som ett incitament och uppmuntrar till att förbättringsförslag arbetas fram.

## Bilaga 9 Produktverkstad S

Produktverkstad S tillverkar i huvudsak avloppspumpar, men även andra typer av pumpar för till exempel livsmedelsindustrin finns i sortimentet. De 39 produktmodellerna, som i storlek varierar från 50 kg till 1500 kg, kan i sin tur utföras som ett stort antal versioner. Ledtiden för produkterna är 15 dagar och detta upplevs aldrig vara något problem för PVS att svara mot.

PVS genomgår just nu en omfattande omstrukturering, då nya pumptyper ska ersätta de äldre motsvarigheterna. Förutom bättre prestanda är även pumparna konstruerade för att kunna monteras snabbare, men konstruktionsförändring innebär att underhållet av dem tar längre tid. Dessa pumpar kommer att tillverkas på nya monteringslinor i PVS:s lokaler samtidigt som föregångarna fortsätter att tillverkas i den nuvarande lokalen. Uppdelningen av produktionen innebär att bearbetade detaljer måste transporteras mellan två skilda verkstäder och kan ibland innebära att vissa artiklar lagerhålls på upp till tre olika pallställ innan de monteras. En pall med artiklar kan därför behöva lyftas upp till sju gånger, inklusive alla etapper som transporten innebär.

Materialet förvaras i plocklager i anslutning till linorna och eftersom man vill undvika att arbetsplatsen blir för mörk hålls nivån av pallställ aldrig på mer än två våningar. Övrigt material förvaras i ett separat närliggande lager. För tillfället sköts materialhanteringen av lagerpersonalen men i framtiden är tanken att montörerna efter ett rullande schema ska hantera materialet. Komponenterna i PVS pumpar används i mycket liten utsträckning i pumpar på andra produktverkstäder. Uppskattningsvis tillverkas hälften av komponenterna i produktverkstaden på företaget. Generellt är andelen egentillverkade komponenter större i de mindre pumparna och bland dessa kan nämnas statorenhet, axelpaket och i princip allt gjutgods. Materialet i de flesta pumparna består av gjutjärn, endast ett fåtal består av aluminium.

I framtiden kommer en ny typ av monteringskort i A4-format att införas. Det nya monteringskortet syftar till att underlätta arbetet för montörerna eftersom de då inte behöver montera efter modulbenämningar utan efter komponenternas benämningar. En stor anledning till att moduler inte används i så större omfattning är att montörerna vid modulmontering anses förlora delar av arbetsinnehållet.

När monteringsupplägget för den största pumpmodellen utformades, ansvarade produktionsteknikern för detta och till sin hjälp hade han ett fåtal montörer. Merparten av de nuvarande uppläggen har ”ärvts” från äldre pumpmodeller. Samtliga 11 monteringslinor har under åren förbättrats, ofta på initiativ av montörerna. I linorna utnyttjas ofta delmontage, till exempel för isättningen av statorn i statorhuset och dockningen av axelpaketet och statorenheten. Fyra nya linor är under uppbyggnad och dessa kommer i ännu större utsträckning än idag att utnyttja delmontage.



## Bilaga 9 sida 2

PVS följer konceptet att varje montör ansvarar för sin pump genom hela monteringsprocessen. Samtliga montörer behärskar ett antal pumpmodeller och rotation förekommer ofta, såväl mellan monteringslinorna som mellan bearbetningen och monteringen. Detta anses som en självklarhet då båda delarna ingår i produktverkstadens processer och samtliga inom denna ska behärska ett stort antal moment i produktverkstaden.

Monteringsupplägget varierar mellan de olika monteringslinorna och är anpassat för vilken pumptyp som monteras och efter montörernas önskemål. Modellen 3300 monteras på två separata linor med olika monteringsupplägg. En av linorna är bemannad med en ensam montör som monterar pumparna på fixtur medan den andra linan bemannas med två montörer som tillsammans monterar pumparna på ett lyftbord. Varje montör monterar ungefär två pumpar varje dag och detta ger en årsproduktionen på runt 1500 pumpar.

Pumptypen 3152 som väger mellan 250 och 500 kg monteras på en monteringslina med två bänkar med vardera 6 stycken fixturer. Linan är anpassad för fyra montörer men eftersom 3152 betraktas som en högvolympump bemannas den oftast med sex montörer. På linan monteras årligen 7000 pumpar och i slutet av denna sker en automatiserad leveransprovning.

Pumptypen 3153 är en efterföljare till 3152 som för tillfället tillverkas på en provisorisk lina i den gamla lokalen och tillhör de pumpar som i framtiden kommer att tillverkas i PVS- hallen. Monteringstiden för denna pumpmodell är 90 minuter, vilket innebär en 20 % -ig reducering av monteringstiden jämfört med 3152. Monteringen utförs på vagnar samt stationer som är utrustade med höj- och sänkbara lyftbord. Trots systemet med vagnmontering upplever montörerna ingen stress, när det uppstår köer har montörerna möjlighet att utföra andra sysslor. Det moment där en tänkbara flakhals skulle kunna uppstå är vid leveransprovningen där samtliga pumpar i PVS produktsortiment provas.

## Bilaga 10 Produktverkstad T

Produktverkstad T tillverkar pumpar som framförallt används för avlopp, men även i vattenverk och i bevattningssyfte. För tillfället är PVT:s verksamhet uppdelad i två separata lokaler, en ”huvudbyggnad” i vilken bearbetning, montering och målning utförs och en annan där slutmontering, leveransprovning samt emballering och packning sker. Pumparna, som varierar i vikt mellan 500 kg och 10 ton, indelas i propeller- och centrifugalpumpar, men även efter motorns storlek, som benämns drivdel- 600, drivdel- 700, drivdel- 800 och drivdel- 900. Drivdelarna 700, 800 och 900 har en snarlik design, medan drivdel- 600 har en något annorlunda design. Effektområdet för PVT:s drivdelsprogram är från ungefär 50 till 680 kW och generellt ökar monteringstiden med ökad pumpstorlek. I PVT:s tillverkning monteras årligen även 100 stycken pumpar av modell 2400 som egentligen tillhör PVB:s sortiment och denna pump används i stor utsträckning i gruvor.

I en komplett PVT- pump ingår ungefär 125 artiklar varav 20- 25 av artiklarna hämtas av materialhanterare från separata hyllor, resterande material ligger befintligt i anslutning till respektive lina. Enklare artiklar, benämnda 1N, rekas och hämtas själva av montörerna, till exempel silikon och hylsor. En stor del av detaljerna till pumparna köps in, bland annat nästan allt gjutgods. På grund av sin storlek används i princip inga av PVT:s komponenter i några av de övriga produktverkstädernas pumpar, undantaget är tätningsringar, oljepluggar och i viss utsträckning även övervakningsutrustning.

PVT består av sju stycken monteringslinor som vardera bemannas med två montörer som färdigmonterar i genomsnitt 40 pumpar per vecka. Samtliga är uppbyggda på i princip samma sätt med ett lyftbord som är anpassat för tre pumpar och en separat vridbar fixtur till axelenheterna. Rotation av personal mellan linorna är vanligt och är ett sätt att hantera variationer i orderingången. Det råder dock bland montörerna delade meningar huruvida detta är önskvärt eller inte. Linorna är utformade av en projektgrupp i vilken produktionsteknikern och ett antal montörer har ingått. Montörernas förslag till förbättring vid monteringen tas på stort allvar och väger tungt vid en omstrukturering.

De delmontage som utförs sker nästa uteslutande i linan eller i anslutning till denna. Samtliga statorer placeras i ett uppvärmt statorhus och svalningstiden är ungefär en timme. När beläggning på linorna är hög utförs ibland statorkrympningen av materialhanterarna. Tidigare försök med pressning av statorn i statorhuset har gett misslyckade resultat även om detta förmodligen skulle leda till totalt kortare tid för statorkrympningen.

Produkterna monteras i batcher bestående av tre eller färre pumpar och då en kundorder är större än tre pumpar delas denna upp på flera batcher. Man strävar efter att montera identiska produkter i varje batch, vilket är svårt eftersom produktverkstaden har en mycket stor artikelflora. Till skillnad från övriga produktverkstäder sker målningen innan leveransprovningen, vilket ger flödesmässiga fördelar eftersom leveransprovningen, som tidigare nämnts, sker i en separat byggnad. Samtliga av PVT:s pumpar leveransprovras.