



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Balansering av monteringsproduktion

Med fokus på flexibilitet

Examensarbete Maskiningenjörsprogrammet 180hp

CARL LINDAU
VICTOR PILUPS

Balansering av monteringsproduktion

Med fokus på flexibilitet

Carl Lindau
Victor Pilups

Balancing of Assembly Production
With Focus on Flexibility
CARL LINDAU
VICTOR PILUPS
Report no.

© Carl Lindau, Victor Pilups, 2014

Department of Product and Production development
Chalmers University of Technology
SE-412 96 Göteborg
Sweden
Telephone +46(0)31-772 1000

Chalmers reproservice
Göteborg, Sweden 2014

FÖRORD

Detta examensarbete har skrivits som ett avslutande obligatoriskt moment på Maskiningenjörsprogrammet 180hp, Chalmers Tekniska Högskola, 2014.

Ett stort tack till de personer som hjälpt oss under examensarbetets gång. Speciellt tack riktas till följande personer:

- Kent Johansson, linjeförman Aros Electronics
- Birger Haraldsson, produktkoordinator Aros Electronics
- Xiang Truong, montör Aros Electronics
- Åsa Fasth-Berglund, handledare Chalmers Tekniska Högskola
- Våra trogna kontorskamrater Gustaf Wiklert och Thomas Höjer

Utan er hjälp hade inte detta examensarbete varit möjligt.

Tack!

Göteborg 2014-05-30

Carl Lindau

Victor Pilups

SAMMANFATTNING

Företaget Aros Electronics har tagit fram nya produkter som skall börja produceras i större skala. Företaget tillverkar idag produkterna i en prototypverkstad men dess kapacitet är inte tillräcklig för att producera den förväntade försäljningen samtidigt som produktion av övriga produkter skall ske. Företaget vill därav skapa en ny monteringslina för produkterna. Aros Electronics vill dock inte att produkterna skall uppta full beläggning i produktionen då framtida produkter skall kunna monteras. För att monteringslinan skall vara redo för framtida produkter krävs det att den är flexibel, för förändringar i produktionsvolym och tillgång på montörer. Arbetet syftar i att ta fram balanseringsförslag för produkterna utifrån företagets krav.

Arbetet har delats in i två delar, nulägesbeskrivning/analys samt framtagning av balanseringsförslag. I första delen har nuvarande produktion kartlagts för att kunna bryta ner monteringsprocessen i delar. Värdeflödesanalys har genomförts för att sedan fortsätta med nedbrytning av varje monteringssteg med hjälp av olika datorprogram. Andra delen av arbetet har fokuserats till uppbyggnad av olika balanseringsförslag utefter företagets krav och önskemål.

Efter att de olika lösningsförslagen har tagits fram har dessa viktats. Målet med detta har varit att finna den lösning vilket bäst möter upp de givna kraven. Denna viktning har gjorts med hjälp kesselringmatrisen och vidare diskussioner. Utifrån resultat och analys drogs en slutsats vilken anger rekommenderat balanseringsförslag.

Nästa steg i arbetet blir att fortsätta arbetet med de utvalda lösningarna. Rekommenderade moment som måste göras är resursbalansering, ytplanering och undersökning av ekonomiska frågor som bortsetts i arbetet.

Nyckelord: Balansering. Flexibilitet. Lean Production. Takttid.

ABSTRACT

The company Aros Electronics has been developing new products to be phased into production on a larger scale. The company currently manufactures products in a workshop, but the capacity is not sufficient enough to produce the oncoming demands, whilst the production of other products is ongoing. The company wants to create a new assembly line for these products.

Aros Electronics requires that the assembly line is flexible, regarding both for changes in production volume and the number of available assemblers. It also requires being able to handle similar future products. The main purpose of this report is developing and balance suggestions for products based on these company requirements.

The work has been divided into two parts, the status-report/analysis and production of balancing solutions. In the first part, the current assembly process was divided into smaller parts. Value stream mapping has been performed and then continued by dividing up each assembly step using a computer program known as Avix. The second part of the work has been focused on the construction of balancing various solutions that meets the company's requirements.

After the construction of the solutions an evaluation took place. The goal was to find a solution which meets the given requirements most efficient. The evaluation was done using a kesselring matrix. Based on the results and analysis, further discussions were raised to make a conclusion about which solution where the most suitable.

The next step will be to continue the work on the selected solutions. Recommended proceedings with the work are too draft the floor plan which is resource balanced, and further inspections regarding the financial aspect of the project.

Abstract: Balancing. Flexibilitet. Lean Production. Takt Time.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Figurförteckning.....	4
Förkortningslista.....	6
1. Inledning.....	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	7
1.3 Precisering av frågeställning	7
1.4 Beskrivning av studerat produktionsavsnitt	8
1.5 Avgränsningar	8
1.6 Disposition.....	9
2. Teoretisk Referensram.....	10
2.1 Lean Production	10
2.1.1 De 7+1 slöserierna.....	10
2.1.2 Just In Time	10
2.1.3 Takttid	11
2.1.4 Flaskhalsar.....	11
2.2 Värdeflödesanalys	11
2.3 Produktionslayout.....	12
2.4 Produktionsframtagning	12
2.5 Flexibilitet inom produktionen	12
2.6 Balansering.....	13
2.6.1 Balanseringsmodeller	13
2.6.2 Balansering med hänsyn till frekvens.....	14
2.6.3 Helt ny produktionslina	15
2.6.4 Manuella produktionslinor	15
3. Metod.....	16
3.1 Datainsamling.....	16
3.2 Analysering med AviX.....	17
3.3 Analysering med Excel.....	17
3.4 Flaskhalsanalys.....	18
3.5 Värdeflödesanalys	18
3.6 Produktionsplanering.....	18
3.7 Framtagning av lösningsförslag	18
3.8 Val av lösningsförslag	19
3.9 Validering av resultat och analys	19

4.	Nulägesbeskrivning/analys.....	20
4.1	Nuvarande monteringsförfarande.....	20
4.1.1	Produktbeskrivning.....	20
4.1.2	Montering HPC Q.....	21
4.1.3	Montering HPC HT	21
4.1.4	Problem vid montering.....	22
4.1.5	Produktionshjälpmedel och verktyg	22
4.2	Värdeflödesanalys	23
4.2.1	Informationsflödet.....	23
4.2.2	Materialflödet	24
4.3	Tidsanalys.....	25
4.4	Ledtid.....	27
4.4.1	Flaskhalsanalys.....	29
4.5	Tidsaspekter.....	30
5.	Resultat.....	31
5.1	Kravspecifikation	31
5.1.1	Beräkningar	31
5.2	Val av balanseringsteori	32
5.2.1	Balanseringsförslag HPC Q	32
5.2.2	Jämförelse av antalet montörer - lösningar HPC Q.....	38
5.2.3	Balanseringsförslag HPC HT	38
5.2.4	Jämförelse av antalet montörer, HPC HT.....	41
5.3	Val av lösningsförslag	41
5.3.1	HPC Q	41
5.2.1	HPC HT	42
6.	Diskussion	43
6.1	Metod.....	43
6.2	Nulägesanalys.....	43
6.3	Resultat.....	44
6.3.1	Anpassad produktion av HPC Q till planerade tvåtimmarsblock.....	44
6.3.2	Flexibilitet	44
6.3.3	Val av balanseringsteori	45
6.3.4	Säkerhetsmarginal	45
6.3.5	Kesselring.....	45
6.4	Effekten av ett infört kortlager	46
6.5	Val av lösningsförslag	46

6.5.1	HPC Q	46
6.5.2	HPC HT	46
6.6	Fokus vid fortsatt arbete	46
7.	Slutsats.....	48
	Litteraturförteckning	49
	Bilaga 1 – Tidsdata HPC Q	50
	Bilaga 2 – Tidsdata HPC HT.....	51

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1.1 Precisering av frågeställning.....	8
Figur 1.2 Figur visar de processteg som examensarbetet är avgränsat till	9
Figur 4.1 Exempel på allmänna verktyg.....	20
Figur 4.2 Resurser/verktyg som används vid montering/tillverkning av respektive moment	23
Figur 4.3 Informationsflödet	23
Figur 4.4 Karta över materialflödet för HPC Q & HPC HT.....	24
Figur 4.5 Diagram över tid för respektive moment för HPC Q.....	25
Figur 4.6 Diagram över tid för respektive moment för HPC HT	26
Figur 4.7 Totaltid för HPC HT och HPC Q.....	27
Figur 4.8 Diagram över kortaste möjliga ledtid för produkt HPC Q.....	28
Figur 4.9 Diagrammet visar kostaste möjliga ledtid för HPC HT	29
Figur 5.1 Erfordrad taktid beräknad på givna förutsättningar	31
Figur 5.2 Balanseringsförslag 1 HPC Q - 2 Personer.....	33
Figur 5.3 Balanseringsförslag 1 HPC Q - 3 Personer.....	33
Figur 5.4 Balanseringsförslag 1 HPC Q - 4 Personer.....	34
Figur 5.5 Balanseringsförslag 1 HPC Q - 5 Personer.....	34
Figur 5.6 Erfordrad tid som krävs för att hålmontera powerkort till HPC Q	35
Figur 5.7 Balanseringsförslag 2 HPC Q - 2 Personer.....	35
Figur 5.8 Balanseringsförslag 2 HPC Q - 3 Personer.....	36
Figur 5.9 Balanseringsförslag 2 HPC Q - 4 Personer.....	37
Figur 5.10 Balanseringsförslag 2 HPC Q - 5 Personer.....	37
Figur 5.11 Jämförelse av hur antalet montörer påverkar processtider och antalet färdiga produkter per tvåtimmarsblock för HPC Q.....	38
Figur 5.12 Balanseringsförslag HPC HT - 2 Personer	39
Figur 5.13 Balanseringsförslag HPC HT - 3 Personer	39
Figur 5.14 Balanseringsförslag HPC HT - 3 Personer - Parallellt flöde	40
Figur 5.15 Balanseringsförslag HPC HT - 4 Personer	40

Figur 5.16 Jämförelse av hur antalet montörer påverkar processtider och antalet färdiga produkter per tvåtimmarsblock för HPC HT	41
Figur 5.17 Utvärderingsmatris för balanseringsförslag HPC Q	41

FÖRKORTNINGSLISTA

AOI – Automated Optical Inspection. För att kontrollera att inga komponenter saknas eller är felvända används automatiserad visuell inspektion.

HPC HT – High Power Computer High Torque - Produkt

HPC Q – High Power Computer Quad - Produkt

ICT – In Circuit Test. Kretskorten kvalitetstestas efter AOI genom att varje komponent spänningsmatas.

JIT – Just In Time

MRP- Material Requirements Planning

PIA – Produkter i Arbete

Våglöd – Hålmonterade komponenter löds fast genom flytande tenn. Hela kretskortet löds.

1. INLEDNING

Detta kapitel beskriver bakgrund, projektets syfte samt även rapportens disposition beskrivs.

1.1 BAKGRUND

Aros Electronics AB är ett företag som utvecklar och producerar specialintegrerade elektroniklösningar för industrin, de har ca 145 anställda och omsätter 30 miljoner Euro. Aros Electronics ägs av Van De Wiele Group, vars huvudkontor ligger i Belgien. Van De Wiele Group har anläggningar i Kina, Italien och Sverige, där Aros Electronics finns i Mölndal och samarbetar med Iro AB i Ulricehamn.

I nuläget så är Aros produktion produktinriktat men deras mål är att övergå till ett flödesinriktat arbetssätt. Fördelen med att fokusera på ett flöde inom produktionen är att det går att dela upp produktionen i delmoment och standardisera dem. Uppdelningen av olika delmoment leder till att takttiderna kan kortas ner och således göra produktionen effektivare. Standardiseringen bidrar till att en tydlig arbetsgång tas fram vilket underlättar arbetet för montörerna. Detta leder till att cykeltiderna per moment kan kortas möjligen lite till, men framför allt så säkras kvalitén.

Aros Electronics har utvecklat en produkt som kallas för HPC Q och önskar nu att sätta denna i serieproduktion. På grund utav utrymmesbrist kan HPC Q och HPC HT inte få en egen monteringsstation utan måste även kunna hantera fler produkter från liknande produktfamiljer.

Då nämnda produkter är såpass nyutvecklad finns det inga dokumenterade cykeltider för de olika cyklerna och således är ledtiden för produkten är även den okänd.

Därmed ligger det i Aros intresse att kartlägga nämnda produkter och liknade produktfamiljers cykeltider för automatiska, halvautomatiska och manuella cykeltider. För att sedan utifrån dessa teoretiska värden, konstruera en arbetsstation som har en så kort ledtid som möjligt, och är flexibel nog att kunna hantera flera olika produkter.

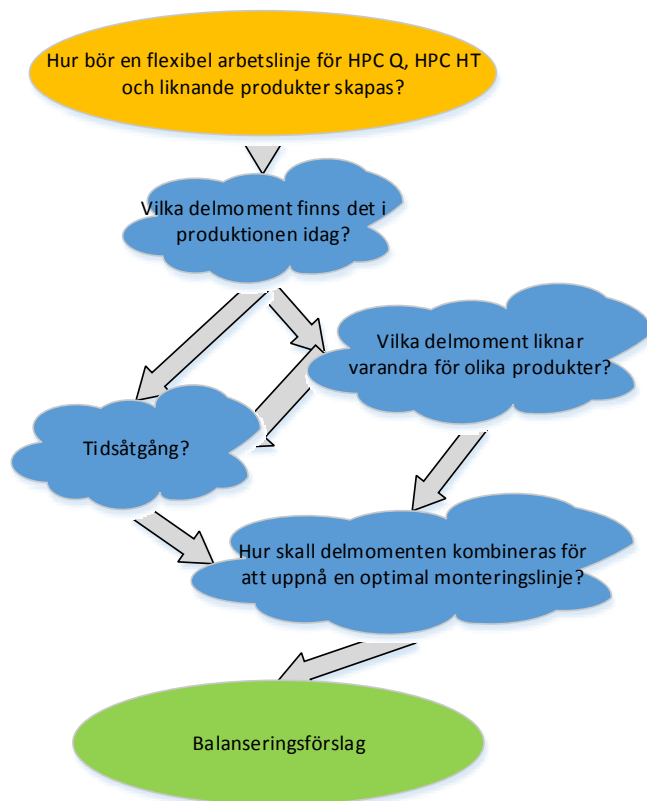
Aros mål är att konstruera en så utrymmeseffektiv, flexibel och produktiv arbetsstation för HPC Q och liknande produkter som möjligt.

1.2 SYFTE

Syftet med examensarbetet är att mäta och uppskatta cykeltider och processtider för att minska takttiden för flödet och därmed minimera ledtiden. Detta för att skapa produktflexibilitet för kommande produkter, se avsnitt 4.1.1 för produktbeskrivning.

1.3 PRECISERING AV FRÅGESTÄLLNING

Syftet har delats upp i delfrågor för att bryta ner problemet i mindre frågor, detta kan ses nedan i figur 1.1.



Figur 1.1 Precisering av frågeställning

1.4 BESKRIVNING AV STUDERAT PRODUKTIONSAVSNITT

Produktgruppen produceras idag i en produktionsverkstad som är avsedd för prototyp tillverkning och mindre produktionsvolym. Produkterna monteras till största delen manuellt och med halvautomatiska verktyg. Vissa av komponenterna tillverkas helautomatiskt innan de monteras i produktionsverkstan. Produkterna monteras samman och sluttestas sedan innan den packas och skickas till kund.

1.5 AVGRÄNSNINGAR

Projektet avgränsas till HPC Q och HPC HT. Arbetet fokuserar på tidsmätning av processflödet för dessa produkter. Beräkningarna skall endast beröra de steg som innefattar montering vilka visas i figur nedan i figur 1.2. Beräkningarna för balanseringen skall endast beröra de steg som innefattar montering, se avsnitt 4.1. Eftersom balanseringarna endast berör tidsaspekten angående varje moment, sker därmed inga balanseringar angående resursanvändning, ergonomi, psykosocial arbetsmiljö, samt ekonomi.



Figur 1.2 Figur visar de processteg som examensarbetet är avgränsat till

1.6 DISPOSITION

Rapporten är indelad i sju kapitel; inledning, teoretisk referensram, metod, resultat, diskussion och till sist slutsats.

I **Teoretisk Referensram** tas all teori upp som ligger till grund för resten av arbetet. I det efterföljande **Metodkapitlet** beskrivs det tillvägagångssätt som har använts under projektets gång för att fullgöra dess syfte. Därefter beskrivs alla mätresultat i kapitlet **Resultat**, vilket presenterar de balanseringsförslag som framtagits. Förslagen presenteras i form av stapeldiagram samt summerad data angående förslagets kapacitet och processtider. Sedan analyseras dessa lösningar i **Diskussionskapitlet**. Till sist redovisas de rekommenderade lösningsförslagen samt förslag på fortsatt arbete i **Slutsatskapitlet**.

2. TEORETISK REFERENSRAM

I detta avsnitt beskrivs de teorier och kunskaper som använts under projektets gång.

2.1 LEAN PRODUCTION

Lean är en produktionsfilosofi som baseras på de produktionsidéer togs fram av Tachii Ohno för Toyota under efterkrigstiden. Vid denna tid fanns det inte mycket material i Japan och ekonomin var rätt dålig, detta satte press på att allt material som fanns skulle användas så effektivt som möjligt. Under dessa förutsättningar tog han fram en massproduktionsfilosofi som var anpassad utefter dessa förhållanden.

Grunden i filosofin bygger på att produktionen skall flyta så kontinuerligt som möjligt och att alla komponenter endast skall användas vid behov. Genom att uppnå ett så kontinuerligt flöde som möjligt genom produktionen elimineras olika typer av slöserier. Dessutom framhävs problem som kan ha dolt sig tack vare överproduktion innan. Genom att identifiera och eliminera olika typer av slöserier inom produktionen går det att gradvis utveckla ett bättre kontinuerligt produktionsflöde (Found, et al., 2011).

2.1.1 DE 7+1 SLÖSERIERNA

Genom att se produktionen utifrån kundens perspektiv går det att dela upp olika moment som värdeskapande och icke värdeskapande arbete. Värdeadderande arbete är arbete som tillför något till den slutgiltiga produkten.

De icke-värdeadderande aktiviteterna kan ses som slöserier och inom Lean har man kartlagt 8 stycken som anses vara de grävsta.

De 7 + 1 slöserierna som är välkända (Jeffery & Liker, 2004) idag är:

1. **Överproduktion** är den största typen av slöseri då det resulterar i de övriga slöserierna.
2. **Väntan** är alltid ett slöseri oavsett anledning. Väntan kan förlikas med outnyttjad kapacitet.
3. Icke nödvändig Transport anses inte vara värdeadderande arbete och därmed klassas det som ett slöseri.
4. **Lager** är ett slöseri då det både binder kapital genom att öka antalet produkter i arbete samt att det ökar ledtiden. Vilket i princip innebär väntan.
5. **Omarbete** och reparationer klassas inte som värdeadderande tid och blir därmed ett slöseri. Det resulterar ofta i onödiga transporter och kassaktion.
6. **Onödiga rörelser** är rörelser som är nödvändiga för produktionen men inte är värdeadderande och ses därmed som slöseri.
7. **Överarbete** är en typ av slöseri då det tillkommer extra arbete som kunden inte specifikt vill ha. Exempel på överarbete kan vara för snäva krav på tillverkningsprocessen.
1. **Outnyttjad kreativitet** hos medarbetarna. Fanns inte bland de sju första slöserierna men har lagts till i efterhand då försummelse av idéer och förslag kan vara outnyttjade förbättringsmöjligheter.

2.1.2 JUST IN TIME

Just In Time(JIT) är ett centralt begrepp inom Lean och bygger på en enkel idé att saker endast skall användas vid behov. Kortfattat går det att beskriva som att saker skall befinna sig på rätt plats vid rätt tid i rätt kvantitet.

JIT är dessutom ett dragande system, vilket betyder att leverans endast sker om det finns ett behov nedströms i produktion. Genom att arbeta efter de målen blir det en försäkras mot överproduktion och dessutom blir lagret för olika komponenter mindre vilket frigör kapacitet för fabriken, därmed förbättras flödet i produktionen (Monden, 2012).

2.1.3 TAKTTID

Takttid beräknas som den tillgängliga produktionstiden dividerat på antalet önskade produkter. Resultatet blir en tidsgräns som anger i vilken takt produkten måste produceras (Baudin, 2002).

$$Taktiden = \frac{Tillgänglig\ produktionstid}{Antal\ efterfrågade\ produkter}$$

Genom att anpassa produktionen efter en takttid så förhindras överproduktion. Tar det längre tid att producera produkten än vad takttiden tillåter så måste produktionen delas upp i flera delmoment där varje delmoment tar lika lång tid som takttiden. Dock förändras inte genomloppstiden för produkten utan den förblir densamma. Detta medför en viss väntan uppstår vid starten av produktionen (Baudin, 2002).

2.1.4 FLASKHALSAR

Flaskhalsar i produktion uppstår då specifika moment har högre cykeltid än förgående och eftergående. De moment som har kortare cykeltid behöver vänta, om inga buffertlager finns, på att momentet skall bli klart. Moment som kan delas upp och struktureras om kan aldrig kategoriseras som permanenta flaskhalsar, utan endast de som utför ett kontinuerligt arbete och inte kan delas. Takttiden i en taktad produktion bör aldrig understiga den cykeltid hos det moment som är en flaskhals (Imaoka, u.d.).

2.2 VÄRDEFLÖDESANALYS

En värdeflödesanalys är en metod för att kartlägga värdeflödet för en hel fabrik eller en produktgrupp. Analysen bygger på Lean-filosofin och är ett framtäget arbetssätt för att kartlägga produktionen och ta fram förslag på hur det skall fungera i framtiden. Värdeflödesanalysens syfte är att ge en mer verklighetstrogn bild av produktionen.

Ett värdeflöde är det händelseförlopp som en produkt går igenom från leverantör tills kunden har fått produkten i handen. Det är med andra ord en förädlingsprocess.

Under själva kartläggningen är det viktigt att tänka på att det inte går lita på givna tal så som kan finnas dokumenterade. Dessa kan vara utdaterade eller ställda då allt fungera perfekt i maskineriet och motsvarar därmed idag inte verkligheten (Rother & Shook, 2005).

Data som brukar dokumenteras är cykeltider (den tid det tar att utföra ett visst moment på en produkt) och processtider (den tid det tar att utföra en process). I många fall sammanfaller processtider och cykeltider, men i processer som hanterar fler än en produkt åt gången så kommer de skilja sig åt.

När en produkt flyttas mellan produktionsmoment sätts ofta produkter i ett buffertlager. Detta för att produktionen skall fortlöpa utan stopp. Produkter i lager kostar dock pengar då de inte värdeadderas, vilket gör att målet är att minska lagerstorlekarna samt lagertiderna så mycket som möjligt (Rother & Shook, 2005).

Genom att kartlägga värdeflödet så visualiseras produktionen, vilket medför att det blir enklare att analysera. Då en kartläggning är genomförd har en mer verklighetstrogen bild av produktionen tagits fram än den som möjligen fanns innan på papper.

Kartläggning bör göras utifrån två perspektiv, sett från hur materialet rör sig samt hur kommunikationen sker ut i företaget. Dessa skiljer sig ofta åt och det är därför bra att utföra en från respektive perspektiv (Rother & Shook, 2005).

2.3 PRODUKTIONS LAYOUT

Beroende på vilka krav som sätts på en produkt går det att producera dem på olika sätt. Inget tillvägagångssätt behöver inte nödvändigtvis vara bättre än något annat. Utan istället handlar det om att anpassa produktionen utefter de förutsättningar som finns. (Chryssolouris, 2006)

Några nyckelfaktorer som påverkar produktionslayouten är krav på kvantitet, kvalitet, anpassningsbarhet/ flexibilitet. Dessa tre faktorer avgör till en stor del hur produktionen bör se ut. Kvantiteten avgör vilken kapacitet produktionen skall kunna klara av. Vid större kvantiteter så ökar kraven på produktionsanläggningen vilket oftast resulterar i att en större del av kapitalet investeras i produktionsanläggningen. Kvaliteten som kunden begär av produkten sätter minimikravet på produktionen. Alla processer måste anpassas för att möta dessa krav. Anpassningsbarhet/ flexibilitet hos ett produktionssystem är inget absolut krav men kan ses som en stor fördel, särskilt i industrier där produktlivscykeln är relativt kort. Utan en viss grad anpassningsbarhet i produktionssystemet kan det bli väldigt dyrt att göra förändringar inom produktionen även om de är mindre. (Chryssolouris, 2006)

2.4 PRODUKTIONSFRAMTAGNING

Efter att framtagit en uppskattad takttid anpassas produktionen efter den. Då takttiden anger hur ofta det måste produceras en färdig produkt i slutet av produktionslinan för att tillmötesgå kundens efterfråga, gäller det att anpassa varje monteringscells cykeltid utefter denna tid. Dock är det inte bara att balansera ett moment utan ibland finns det flaskhalsar inom produktionen vilket begränsar produktionens takttid. Detta kan innebära investeringar i ny utrustning eller möjligen outsourcing kan krävas för att klara av en reduktion av flaskhalsen. (Bellgran & Säfsen, 2005)

Fler aspekter som måste räknas in är uppstartstider inom produktionen. Genomloppstiden för en produkt är oftast längre än takttiden och detta syns tydligt vid starten av produktion i produktionslinjer. Även om en produktionslinje är perfekt anpassad till takttiden så måste den första produkten gå igenom alla steg innan den blir leveransklar. Detta innebär att produktionen uppnår takttid först efter att den första produkten har gått igenom hela linjen. (Bellgran & Säfsen, 2005)

En annan aspekt som måste vägas in vid planeringen av produktionen är flexibilitet. Flexibilitet är förmågan att anpassa sig till nya förhållanden och detta är väldigt viktigt att ha i åtanke vid formgivningen av produktionen. Vilka produkter skall gå igenom linan, vilken kapacitet skall den klara av. (Bellgran & Säfsen, 2005)

Layouten på själva monteringsstationen och kopplingen mellan dem, påverkar även den prestationen för hela linan. Kan onödiga rörelser samt transporter förhindras är detta en stor fördel. Ergonomi är en annan viktig del i planeringsarbetet, en arbetsstation skall inte endast utformas för maximal prestanda där människan är ett kugghjul i klockverket. Utan den skall ta hänsyn och kunna anpassas till individen, därav måste det finnas rätt verktyg för rätt uppgift, detta hjälper dessutom till att kvalitetssäkra produkten. (Bellgran & Säfsen, 2005)

2.5 FLEXIBILITET INOM PRODUKTIONEN

Ett framgångsrikt företag måste i längden kunna anpassa sig till omvärden och hur den förändras, därav måste ett företags produktion vara flexibel och kunna anpassa sig till nya produkter. När omvärden förändras kommer företags påverkas på flera sätt. Till exempel kommer behovet av personal förändras, både för en specifik del i företaget men även som företaget helhet. Företaget måste därav kunna förändra sin resursfördelning inom företaget med mål att inte påverka det totala behovet av anställda. För att detta skall vara möjligt krävs det att företaget är förberett för förändringar. Företaget måste kunna anpassa sig till förändringar i olika tidsaspekter, produktförändringar och kvantitetsförändringar (De Toni & Tonchia, 2005).

De Toni definierar flexibilitet som ”*capability of adaptation/change*”, fritt översatt *förmågan att anpassa sig* (De Toni & Tonchia, 2005).

Anpassningar som sker i olika tidsaspekter är uppdelade beroende hur kort eller långt framåt som ses i tiden. Uppdelningarna kategoriseras som short-term, medium-term, long-term och instantaneous flexibility, vilka menas hur fort eller långsamt företaget kan anpassa sig till nya förutsättningar.

- Instantaneous – Direkt anpassa sig till den produkt som skall produceras.
- Short-term – Förmågan att förändra begränsade design och konstruktionsaspekter av produkten. Kan även innefatta att förändra delar av produktionssekvensen.
- Medium-term – Potentialen för systemet att producera maximalt under varierande produktionsvolym. Möjligheten att lägga till eller ta bort nya komponenter.
- Long-term – Möjligheten att lägga till nya produkter eller nya kombinationer av komponenter. Även möjligheten att lägga till alternativt ta bort arbetsstationer i produktionen.

Flexibiliteten hos ett företag kan även kategoriseras ur andra perspektiv. Förmågan att producera olika produkter som skiljer sig ur tillverkningsmetod och vilka resurser som krävs, inkluderat med olika kvalitetsförändringar är till stor del kopplat till olika tidsaspekter. Ur ökat flexibilitetsperspektiv är det bra att företaget inte är för specialiserat och enkelspårig i sin verksamhet utan kan producera varianter och andra liknande produkter utan för stora investeringar eller förändrande företagsstrukturer (De Toni & Tonchia, 2005).

Flexibiliteten kan även delas in i olika nivåer beroende vad i företaget som undersöks. Nivåuppdelningen bör göras utifrån närheten till slutliga produkten (Chryssolouris, et al., 2009).

- Fabriksnivå – Förmågan att producera olika produkter i fabriken.
- Produktionsnivå – Förmåga att producera olika variationer med produktionslinan utan större tidskrävande omställningar.
- Resursnivå – Möjligheten att använda resurserna, människa och maskin, till flera olika moment och produkter.

2.6 BALANSERING

Nedan beskrivs olika balanseringsteorier och modeller som använts vid analys.

2.6.1 BALANSERINGSMODELLER

Vid balansering av monteringsproduktion finns det tre varianter av produktionslinor (Boysen, et al., 2008), vilka beskrivs nedan.

2.6.1.1 SINGLE-MODEL ASSEMBLY LINE

Produkter som produceras i ett kontinuerligt flöde kallas för Single-model assembly line. Denna typ av produktion används vanligtvis då produktionsvolymerna är mycket stora och det inte finns några variationer mellan produkterna (Boysen, et al., 2008).

2.6.1.2 MIXED-MODEL ASSEMBLY LINE

En produktionslina som producerar produkter som kan skilja sig från varandra kallas för mixed-model assembly line. Produktvariationerna kan till exempel vara små individuella specialanpassningar för kunden. Varianter som skiljer sig mot standardprodukten skiljer sig även i cykeltid, vilket gör att balanseringen kommer förändras. Variantskillnader gör även att omställningstider kommer krävas, vilka kommer ta tid från angiven cykeltid. Om flera produkter som är tidskrävande kommer eftervarandra riskerar önskade processtider överstigas, vilket gör att det uppstår överbelastning på produktionslinan. För att kompensera detta kan stödstationer användas som matar huvudlinan eller att produktionshastigheten ökas lokalt på de berörda arbetsstationerna. Alternativt kan varianter som kräver mycket tid växlas med mindre krävande varianter (Boysen, et al., 2008).

Vid mixed-model assembly line balanseras produktionslinan efter long-term beslut. Dessa beslut görs ofta efter försäljningsprognoser. Planering av vad som skall produceras på dagsnivå (short-term) kan inte ses vid planering av produktionslinan. På grund av osäkerhet i prognoserna bör en högre taktid än nödvändigt användas det man vet med god säkerhet att krävd produktionstakt kan uppehållas, så kallad hierarkisk planeringsapproach (Boysen, et al., 2008). För att minska osäkerheten vid planering skall variationerna inom respektive station minimeras, så kallad horisontell balansering. För att undvika överbelastning av produktionslinan noggrant kartläggas och tidsmätas. Moment som liknar varandra och använder samma resurser bör koncentreras till samma station då det blir mer kostnadseffektivt. Om resursinvesteringarna ökas kan dock cykeltiderna minskas, en avvägning mellan investeringskostnader och kundefterfrågan bör därför göras (Boysen, et al., 2008).

2.6.1.3 MULTI-MODEL ASSEMBLY LINE

Då större produktvariationer finns och endast en monteringslina skall användas bör produktionen ske batchvis vilket kallas multi-model assembly line. Omställningar behöver då endast göras vid byte av batch vilket reducerar den totala omställningstiden. Produkterna bör använda sig av samma resurser och likt mixed-model skall balanseringen göras så att de fokuseras till samma station.

Batchbyten gör att arbetsuppgifterna kan skilja sig mycket åt. Det bidrar till att personalen inte blir allt för specialiserad men kan dock leda till ökade utbildningskostnader. Vartefter personalen fått erfarenheter av produktionen kommer cykeltiderna att minska (Boysen, et al., 2008).

Om en speciell takt skall användas är det viktigt att den anpassas individuellt för varje variant. Detta kräver noggrann kartläggning och tidsmätning.

2.6.2 BALANSERING MED HÄNSYN TILL FREKVENNS

Produktionslinor och dess hastighet/takt kan anpassas efter tre teorier (Boysen, et al., 2008), vilka beskrivs nedan.

2.6.2.1 TAKTAD LINA

Vid en taktad lina görs normalt sätt en standardiserad arbetscykel som skall utföras på en speciell tid, som är densamma för alla stationer på hela linan. Produkterna förflyttas vanligtvis med automatiserade hjälpmedel som antingen förflyttar produkten med kontinuerlig fart hela tiden alternativt att produkten stannar helt på varje station och förflyttas först när rätt cykeltid uppnåtts (Boysen, et al., 2008). Vid varierande cykeltider kan det vara bra att förändra cykeltiden lokalt på monteringsstationen men låta

övriga stationer vara. Om reparationsstationer används kan den användas som buffertplats för linan i väntan på att en felaktig produkt tas ur flödet.

2.6.2.2 OTAKTAD ASYNKRONLINA

En produktionslina som inte är bunden av någon speciell taktid som förflyttar produkten så fort alla operationer är utförda på stationen kalla för otaktad asynkronlina. Produkten väntar därav inte på att rätt cykeltid skall uppnås utan förflyttas när det är tomt på eftervarande station. Stationen mottar sedan ny produkt från tidigare stationen, om väntan här uppstår kallas det "starving" (Boysen, et al., 2008). För att minimera väntetider kan man använda sig av buffertar. De kan endast användas för att kompensera för tillfälliga skillnader i produktionen, då om de är fulla hela tiden mister sin funktion. För denna balansering anses det olämpligt att använda sig av globala cykeltider utan de bör vara stationsspecifika (Boysen, et al., 2008).

2.6.2.3 OTAKTAD SYNKRONLINA

Om den otaktade produktionslinan förflyttar alla produkterna samtidigt när alla moment på varje station är klara kallas linan för otaktad synkronlina. Takttiden är alltså beroende utav den station som har längst cykeltid. Då alla produkter flyttas samtidigt är det inte nödvändigt med buffertlager.

En otaktad synkronlina kan ibland anses mer effektiv än taktad lina då produkterna kan fortsätta så fort övriga stationer är redo och behöver inte vänta på att en specifik taktid skall uppnås. Variantskillnader komplicerar balanseringen för en otaktad synkronlina då stora variationer i cykeltid kan finnas (Boysen, et al., 2008).

2.6.3 HELT NY PRODUKTIONS LINJA

En långlivad produktionslina kan förväntas minskad cykeltid på lång sikt då erfarenheten hos montörerna ökar med tiden (Boysen, et al., 2008). Cykeltiderna hos en monteringslina bestäms ofta utifrån försäljningsprognoser, vilka förändras med tiden. Det gör att produktionslinan kommer belastas olika utifrån efterfrågan. Då personalen ofta finns inom företaget minskar prioriteten på att minimera antalet stationer som krävs.

2.6.4 MANUELLA PRODUKTIONS LINOR

Företag som producerar produkter som är komplexa att montera eller känsliga (för elektriska stötar, fysisk kontakt etcetera) använder sig till största delen av manuellt arbete, däribland i elektronikbranschen. Manuellt arbete som utförs av olika individer varierar ofta i cykeltid. Arbetstempot varierar bland annat på hur motiverad individen är och hur arbetsmiljön är, både fysiskt och psykiskt. Graden av tillfredsställelse påverkas till stor del av hur repetitivt arbetet är. Ökat ansvar hos individen ökar ofta tillfredsställelsen, vilket i sin tur kan öka kvaliteten. Erfarenheten hos den enskilda arbetaren påverkar cykeltiden hos det utförda arbetsmomentet (Boysen, et al., 2008).

Fördelen med manuella linor är att resurserna kan flyttas vid ökad eller minskad belastning på de olika stationerna, både mellan stationerna inom linan men även mellan olika flöden. Individer som arbetar med flera olika arbetsuppgifter känner ofta ökad frihet och arbetsmotivation (Boysen, et al., 2008).

Montörerna bör placeras i inbördes ordning med den person som arbetar långsammast först i ordningen för att avsluta med montör som är snabbast i slutet. Monteringslinan kommer då balansera sig själv och inga flaskhalsar kommer uppstå (Bartholdi & Eisenstein, 1996).

3. Metod

Projektet började med att diskutera hur produktionen ser ut idag och vad som vill uppnås tillsammans med linjeförman Kent Johansson och produktkoordinator Birger Haraldsson. De förklarade att dagens produktion görs i verkstadsliknande miljö men att målet är att skapa en produktionslina. Birger H visade oss produktionen. Utifrån samlad kunskap framtogs lämpliga metoder för analys av dagsläget. Linjeförman och produktkoordinatör presenterade två produkter som skulle tillverkas i produktionsflödet. De påpekade även att framtida produkter med liknande arbetsmoment skulle tillverkas i samma flöde.

3.1 DATAINSAMLING

För att kunna ta ett bra beslut i ett viktigt projekt eller i allmänhet krävs det oftast att det finns tillräckligt med beslutsunderlag. Dessa tas fram igenom att analysera insamlad data. Den insamlade datan utgör därmed grunden i all arbeten och resultaten blir sällan bättre än kvaliteten på den insamlade datan. Det finns åtskilliga metoder för att samla in den nödvändiga datan, alla olika metoder har sina fördelar respektive nackdelar (Baudin, 2002).

Den enklaste av alla metoder är att hämta all data från företagets Material Requirements Planning system(MRP), dock finns det en risk att tiderna inte stämmer till fullo (Rother & Shook, 2005).

En annan metod är att utföra intervjuer med operatörerna där de själva får gradera hur lång tid varje moment tar att genomföra. En viss variation kan uppstå i graderingen då bedömningen bygger på personliga erfarenheter och uppfattningar (Baudin, 2002).

En tredje metod är att utföra en manuell tidsstudie. Denna metod lämpar sig bäst vid moment som tar några få minuter och som utförs till en stor del manuellt arbete. Det är ytterst viktigt att operatören förstår vad det är som mäts och vad syftet är (Baudin, 2002).

Filmning fungerar på samma sätt som en manuell tidsstudie men här dokumenteras även alla rörelser/moment och det går att återanvända mätningarna. Med hjälp av diverse program kan man sedan vidareanalysera videodokumentationen för att till exempel ta fram värdeadderande tid i de olika momenten.

Som första steg för att skapa förståelse om hur produktionen fungerade gjordes observationer. Det finns två vanliga varianter av observationer som används, systematisk observation och deltagande observation (Denscombe, 2010). Varianterna skiljer sig främst i vilken omfattning och volym de görs. En systematisk observation görs för att samla kvantitativ information(statistik) och en deltagande observation görs främst i låg volym med hög kvalitet. Då produktionen är mycket småskaligt ansågs det svårt att utföra kvantitativ datainsamling. Fokus lades därför på att samla kvalitativ information i små volymer, så som processtider och hur montörerna planerade sitt eget arbete.

Samtidigt som observationer gjordes genomfördes även ostrukturerade intervjuer med montörer och ingenjörer angående produktionen. Personerna som tillfrågades förklarade med egna ord utan avbrott eller påverkan av frågeställare. Ostrukturerade intervjuer genomfördes för att ge djup förståelse med hög kvalitet (Denscombe, 2010). Om standardiserade frågor skulle användas under intervjuerna skulle datan bli av lägre kvalitet och omfattningen hade inte kunnat bli tillräckligt stor då antalet relevanta personer att intervjua inte var tillräckligt stor.

När förståelse för nuvarande produktion skaffats började insamlandet av den information som skulle användas senare i projektet. Genom företagets databas togs monteringsanvisningar fram för produkter som nämnts av företaget. Monteringsanvisningarna användes till att härleda alla steg i processen. Monteringsprocessen filmades för att sedan analyseras med hjälp av AviX, vilket förklaras i avsnitt 3.2. Filmningen försökte utföras utan att påverka montören då detta kan ge felaktig data (Denscombe, 2010) (Solme AB, u.d.) (Baudin, 2002). De analyserade filmerna och dess data användes i värdeflödesanalysen vilken beskrivs i avsnitt 3.5. Företagets databas användes för att ta fram automatiska tidsmätningar(klockslag loggförda av dator) för moment utanför det avgränsade området. Den automatiska tidsmätningen gjordes från att maskinen började utföra testet/programmeringen till dess att det var klart. Detta medförde att hanteringstiderna uppskattades, alternativt inte medtogs vid dessa moment.

3.2 ANALYSERING MED AVIX

AviX är ett datorprogram som är utvecklat av Solme AB som används för att klassificera aktiviteterna i produktionen. Med hjälp av programmet analyseras videofilmer av varje moment i produktionen. Varje monteringscykel delas upp i delmoment som beskriver vad som görs. Dessa aktiviteter mäts med avseende på tid och klassificeras i 12 olika kategorier. Utifrån kategorierna och tiderna visas hur mycket av cykeltiden som är värdeadderande, nödvändigt arbete, väntan och förlust. AviX kan även avgöra vilka artiklar och verktyg som tar lång tid att applicera eller hantera.

AviX är uppbyggt utifrån Lean-principerna och fokuserar på förluster under produktionen. Tid skall inte läggas på icke värdeadderande moment (Solme AB, u.d.). Klassificeringen av icke värdeadderande moment och slöserier beskrivs i avsnitt 2.1.1.

Solme AB presenterar i manualen för AviX ett antal tips för lyckad filmning inför analysarbetet. Filmningen skall fokusera på området mellan haka och midjan hos montören och alla rörelser skall finnas med på filmen. Flera cykler bör filmas för att inkludera variationer (Solme AB, u.d.).

Då varje monteringsmoment filmats analyserades varje produktionssteg med hjälp av AviX. I AviX delades produktionen upp i två delar, en för varje produkt, HPC HT och HPC Q. Huvuddelarna indelades vidare i fem komponentgrupper bestående av respektive produkts huvuddelar (hålmontage, bottenplatta, bottenplatta + powerkort, kåpa, slutmontage). Därefter delades monteringsprocessen upp i varje individuell komponent som monterades, så kallat Tempo(delmoment). Komponenterna som montören monterade delades vidare upp i operationer som utfördes. Operationerna klassificerades som olika aktiviteter, till exempel ta, justera, fixera, montera och vänta. AviX klassificerar aktiviteterna som förluster, väntan, nödvändigt eller värdeadderande.

Utifrån detta utlästes hur stor del av produktionsmomentet som är värdeadderande. Även cykeltiden för varje delmoment utlästes, vilket kunde användas i värdeflödesanalysen och balanseringen senare i projektet.

3.3 ANALYSERING MED EXCEL

Tidsmätningarna från AviX överfördes till Excel för vidare analys. I Excel skapades balanseringsdiagram över alla momenten i produktionen uppdelat på HPC HT och HPC Q. Diagrammen visade hur dagens produktion fördelades mellan varje delmoment. Utifrån dessa processtider kunde momenten fördelas till olika stationer för att få en balanserad produktion.

Då den framtida taktiden är beroende av steg i tillverkningsprocessen som ligger utanför avgränsningsområdet tidsmättes några av dessa steg manuellt. Stegen finns innan samt efter avgränsat området, vilket påverkar framtida val av taktid och balansering.

3.4 FLASKHALSANALYS

Upptäckten och kartläggning av flaskhalsar kan göras på flertalet olika sätt. För att skaffa sig förståelse bör observationer tillsammans med intervjuer av anställda inom området som studeras. De kan ofta peka på områden där problem finns. Informationen grundar sig på de anställdas observationer och är vanligtvis inte i sifferform, vilket gör att det kan vara svårt att använda information (Nakano, et al., 2001). Vanligen görs dock identifiering av flaskhalsar och hur mycket de påverkar utifrån tidsmätningar. Tidsmätningarna kan göras på två olika sätt. Antingen mäts de genomsnittliga väntetiderna för en maskin eller så mäts hur stor arbetsbördan är under den aktiva processtiden. Detta ger ett mer kvalitativt resultat (Nakano, et al., 2001).

Utifrån de tider som fått med AviX-analysen tillsammans med de data som hämtats ur företagets databas gjordes en flaskhalsanalys. Cykeltiderna för produktionsmoment jämfördes med hänsyn till vilka moment som inte var separerbara. De moment som inte kunde splittras noterades. Dessutom delades varje monteringssteg upp i flera delar för att se vad som var möjligt att splittra och fördela.

Då produktionen varit begränsad och skett i liten skala under projektet uppstod svårigheter att få kvantitativ data angående genomsnittliga väntetiden mellan respektive process. På grund av detta har analys angående flaskhalsar gjort utifrån observationer, intervjuer samt manuella tidsmätningar.

3.5 VÄRDEFLÖDESANALYS

Produktionen ritades upp på en värdeflödeskarta. Kartan ritades från sista steget i fabriken, packningen, till ordermottagning vilket är första steget, dock med fokus på avgränsat område. Produktens flöde följdes och varje steg som produkten passerade kategoriserades som *värdeadderande* eller *icke-värdeadderande* (Rother & Shook, 2005). Ungefärliga tider då produkten bearbetades mättes med hjälp av tidtagarur eller ur film. Steg där produkten väntade på nästa steg i processen kategoriserades som lager samt att steg då produkten flyttades kategoriserades som transport. Moment då komponenter flyttades kartlagdes och ritades på kartan.

Även en kartläggning angående hur informationsflödet såg ut gjordes. Kommunikationen från det att order mottogs hos företaget till att produkten leverades till kund kartlaggdes. Detta bidrog till förståelse om hur företaget arbetar efter att ordern mottagits och hur effektiv denna process är.

3.6 PRODUKTIONSPLANERING

En kravspecifikation framtogs tillsammans med företaget för att tydliggöra krav och önskemål för arbetet. Kravspecifikationen koncentrerades till vad företaget avser att producera, produktionsvolym, tillgänglig produktionstid samt hur mycket arbetskraft som kunde tänkas användas. En slutsats vad balanseringsförslagen skulle fokusera mot sammanställdes. Utifrån företagets försäljningsprognoser beräknades den taktid som krävs för att kunna möta efterfrågan, vilka sedan användes när balanseringarna utfördes.

3.7 FRAMTAGNING AV LÖSNINGSFÖRSLAG

Utifrån skapade balanseringsdiagram, flaskhalsanalys, värdeflödesanalys och kravspecifikation gjordes omfördelningar av arbetsmomenten. Kravspecifikationen specificerade vilka ramar lösningen måste hållas sig inom, bland annat kapacitetskrav och tillgänglighet. Med hänsyn till tidsanalysen och

vilken ordning vissa moment måste göras fördelades de till balanseringar, anpassade mot olika perspektiv och krav.

Val av vilken typ av balansering resultatet skulle grunda sig på valdes utifrån de teorier som beskrevs i avsnitt 2.6. Beslutet angående vilken balanseringsvariant som valdes grundades utefter produktionsprocess och produktionsvolym, vilket fanns angivet i kravspecifikationen.

Balanseringarna fokuserade på att bemöta tre aspekter som företaget definierat i kravspecifikationen. Flera förslag mot varje aspekt skapades för att sedan utvärderas, vilket beskrivs i avsnitt 3.8.

3.8 VAL AV LÖSNINGSFÖRSLAG

Kesselringsmetoden är en viktningss metodik som bygger på att vikta de olika kriterier som existerar för projektet och jämföra olika lösningsförslag mot dessa kriterier.

Viktningen går till genom att rangordna kriterierna och sedan multiplicera denna rang med ett uppskattat värde på hur väl ett förslag uppnår detta kriterium. Detta uppskattade värde varierar från 0 "uppnår ej kriterium" till 5 "uppnår fullkomligt kriterium". Slutligen läggs dessa olika värden ihop till en slutsumma som jämförs med en ideal summa, vilket är när ett högsta betyg har satts på varje kriterium. Ett normaliserat meritvärde för varje lösningsförslag tas fram igenom att beräkna kvoten av dess meritvärde T dividerat med idealsumman T_{max} . Den lösning som uppnår det största värdet av kvoten tilldelas högst rang och anses vara den lämpligaste lösningen.

Det dock viktigt att ifrågasätta resultatet innan några beslut fattas utifrån dem (Johansson, et al., 2004). Av särskild vikt att begrunda skillnaden mellan de beräknade meritvärdena, är skillnaden mellan förslag ett och två tillräckligt stor? Hur ser balansen mellan delbetygen ut? Och vilka osäkerheter finns det bland de tilldelade värdena?

3.9 VALIDERING AV RESULTAT OCH ANALYS

Validering görs i syfte av att säkerställa att resultatet är korrekt. Genom att jämföra resultatet med de teorier som beskrivits bekräftats lösningar som framtagits. Flera referenser har använts för att säkerställa att verkligheten och mätresultaten stämmer överens med varandra.

4. NULÄGESBESKRIVNING/ANALYS

I detta kapitel beskrivs hur produktionen fungerar i dagsläget.

4.1 NUVARANDE MONTERINGSFÖRFARANDE

Produkterna som projektet fokuserar på monteras idag till största del i Blå Grupp. Blå Grupp är företagets avdelningsnamn där prototyper och tillverkning i små seriestorlekar sker. Produktionslayouten i Blå Grupp är skapad som en verkstadslayout för att kunna vara så mångsidig som möjligt. Vid montering finns det inte några specialanpassade verktyg för produkterna och de flesta verktyg som finns på vardera arbetsstation används inte vid montering av HPC HT och HPC Q. Avancerade verktyg finns utspridda mellan arbetsstationerna, däribland avancerade skruvdragare och mikroskåp. I övrigt har varje station allmänna verktyg som används vid produktion. Exempel på standardverktyg kan ses i figur 4.1 nedan.



Figur 4.1 Exempel på allmänna verktyg

Monteringen som sker i Blå Grupp är det som projektet är begränsat till. Produktion av HPC HT och HPC Q börjar dock innan monteringsstegen i Blå Grupp sker. Produktionen är till största delen automatiserad i tidigare steg och företaget planerar inte att förändra dessa steg i nuläget.

Vid montering av ovan nämnda produkter finns idag väldigt få standardiserade monteringshjälpmedel i form av fixturer med mera.

4.1.1 PRODUKTBESKRIVNING

HPC Q och HPC HT används inom textilindustrin för att styra motorer. Produkterna är uppbyggda från liknande grunder. Huvuddelarna i produkterna är likartade och sammanförs enligt samma koncept. Kunskapen som krävs för montering av respektive produkt är snarlika.

Produkterna är uppbyggda enligt följande grunder:

- Bottenplatta
 - Powerkort
 - Power-moduler
 - Kontakter/Strömledare
- Kåpa
 - Logikkort
 - Fläkt
 - Kontakter

Komponenterna som används skiljer sig åt men monteringsförfarandet för HPC Q och HPC HT är snarlikt, därav är de lämpliga att producera på samma monteringslina. Figur 4.4 visar värdeflödet.

4.1.2 MONTERING HPC Q

I nuläget så är produktionen av HPC Q uppdelad i fyra större huvuddelar, som är anpassade efter fyra stycken huvudkomponenter i HPC Q, nämligen en bottenplatta och en kåpa med och två kretskort, powerkort och logikkort.

Själva tillverkningen av kretskorten sker till en början helautomatiserat och utförs i en robot, som kopplar ihop alla komponenter på kortet, denna process kallas för ytmontering. Därefter utförs en automatiserad visuell check(AOI), för att kontrollera ytmonteringen. När de två stegen är klara är korten redo för att hålmonteras. Vid hålmonteringen så monteras det dit komponenter som inte går att montera vid ytmonteringen. Detta är komponenter som är större än övriga på kortet. Komponenterna placeras för hand för att sedan flytta hela kretskortet till ett transportband mot våglödmaskinen. När kretskortet har gått igenom våglöden läggs det i ett lager för att invänta vidare montering.

Därefter monteras distanser på bottenplattan där kretskortet senare skall fästas. Bottenplatta torkas av för att sedan applicera kylpasta vilket fungerar som ledare av termisk energi mellan power-modulerna och bottenplattan. Montörerna följer inte monteringsavisningen utan applicerar kylpasta direkt på modulerna för att lättare kunna passa in var kylpasta skall appliceras. Power-modulerna placeras mot bottenplattan och skruvas fast. Skruvningen utförs med hjälp av en halvautomatisk skruvdragare där ett visst moment skall uppnås. Därefter monteras kontaktkablarna på modulerna. För att skapa stöd mellan bottenplattan och kretskorten placeras fyra stycken kyllister med en gummimatta på bottenplattan.

Det färdiga powerkortet läggs försiktigt mot bottenplattan för att undvika skador på de mycket ömtåliga modulbenen. Därefter skruvas kyllisterna fast i bottenplattan. Sedan löds kontaktkablarna, termistorerna och modulerna fast på kretskortet. Slutligen så monteras två stycken stora ljusledare på powerkortet och sätts sedan i lager för att invänta den färdigmonterade kåpan.

Sedan klistras etiketten fast på kåpan och en fläkt skruvas fast på insidan, därefter kopplas det delade logikkortet ihop med varandra med hjälp av två bandkablar, dessutom fästs fyra stycken bandkablar för att senare skall kopplas till powerkortet. Därefter skruvas kortet fast i kåpan.

Bandkablar ansluts mellan powerkortet och logikkortet och kåpan placeras därefter ovanpå bottenplattan. Kåpan och bottenplattan skruvas sedan ihop till en enhet med hjälp av 15 stycken skruvar. Montering avslutas med att fyra skärmslutningar monteras. Enheten programmeras och sluttestas därefter innan leverans.

4.1.3 MONTERING HPC HT

Monteringen av HPC HT är väldigt likt som den för HPC Q. HT består likt Q av fyra större huvuddelar, bottenplatta, kåpa och två kretskort, powerkort och logikkort.

Likt HPC Q tillverkas kretskorten helautomatiskt till en början, den så kallade ytmonteringen. Även en AOI genomförs för att kontrollera ytmonteringen. Därefter hålmonteras korten för att sedan våglödas.

Bottenplattan monteras därefter. Kontakterna monteras på gavlarna med hjälp av ett slagdon(gummiklubba). Därefter skruvas elva stycken distanser fast i bottenplattan. Detta gjordes manuellt då lämpliga halvautomatiska verktyg inte fanns tillgängliga. Kraften skulle uppgå till ett visst moment. Därefter skruvas termistorn fast manuellt. Bottenplattan torkas av för att kunna montera modulerna.

I nästa steg skiljer sig monteringsanvisningen och utförandet av montörerna åt. Kylpasta skall appliceras som ett tunt lager mellan modulerna och bottenplattan. Monteringsanvisningen beskriver hur kylpastan skall appliceras mot bottenplattan för att sedan placera modulerna. Montörerna menade dock att det var svårt att applicera det på rätt område. Montörerna applicerade därför istället kylpastan på modulerna och placerade sedan dem mot bottenplattan. Genom detta uppnådes högre precision och bättre kontaktyta mellan bottenplatta, kylpasta och modulerna. Modulerna skruvas sedan fast i med fyra skruvar vardera i diagonal ordning.

Powerkortet placeras därefter på bottenplattan. Termistorn löds fast i kortet och kortet skruvas fast i bottenplattan. Därefter skruvas strömkablarna och bus-bar fast i powerkortet. Modulerna löds sedan fast i kretskortet.

Ett kabelskydd monteras i kåpan. Därefter monteras fläkten med fyra skruvar. En bandkabel monteras i kåpan, viktigt att den monteras åt rätt håll. Kablarna från fläkten löds därefter fast i logikkortet. Därefter skruvas logikkortet fast i kåpan med sex skruvar och tillhörande distanser.

Korten är nu klara för programmering och slutttest. Efter godkänt slutttest skruvas kåpa och bottenplatta ihop.

4.1.4 PROBLEM VID MONTERING

Dagens tillverkning befinner sig i prototypstadiet vilket gör att det ibland uppstår problem. Ibland uppstår konstruktionsproblem. Till exempel att skruvhål inte är tillräckligt gängade eller att delarna inte har tillräckligt snäva toleranser vilket gör att det krävs mycket kraft för montering.

Mycket av dagens montering sker med manuella verktyg då de halvautomatiska som finns inte är anpassade för tillverkning av HPC Q och HPC HT. Skruvdragare kan inte användas på de flesta fall då de inte kan komma åt alternativt att de är för kraftiga.

Då tester av produkterna skall utföras under produktionens gång påverkas monteringen av tillgången av testutrusning samt testoperatörer.

4.1.5 PRODUKTIONSHJÄLPMEDEL OCH VERKTYG

Vid hålmontering används en fixtur för att möjliggöra isättning och placering av komponenter på kretskort. Kretskortets kanter stöds mot fixturen och skapar ett mellanrum mellan monteringsytan och komponenterna.

För komponenter som skruvas fast används till största del halvautomatiska skruvdragare. Vissa av dessa komponenter kräver att ett visst moment uppnås. För att säkerställa att det uppnås används digitaliserade skruvdragare. De körs fram till att uppgett värde och stannar därefter. Komponenter som kräver digitaliserade skruvdragare är oftast mer viktiga för konstruktionen och hållfastheten än övriga. En detaljerad tabell över vilka verktyg som används kan ses i figur 4.2.

Bland verktygen som används finns förstoringsglas som underlättar arbetet. Framförallt används det vid lödning.

Då produkten fortfarande är i prototypstadiet förekommer det att komponenterna behöver förändras för att uppnå önskad funktion. Förändringarna kan vara mycket små vilket för att montörerna använder mikroskåp för att underlätta modifieringarna.

Företaget använder egenutvecklad utrustning för att funktionstesta produkten, både under processens gång samt i slutet.

Komponenterna programmeras under produktionens gång. Vid dessa processer används programmeringsstationer som även dessa är utvecklade inom företaget. Det innebär att de är specialanpassade till varje produkt som görs och ingen är den andra lik. Programmeringsstationerna i sig som en egen arbetsbänk. Tanken från företagets sida är att de skall stå i nära kontakt med produktionen för att minska ledtiderna.

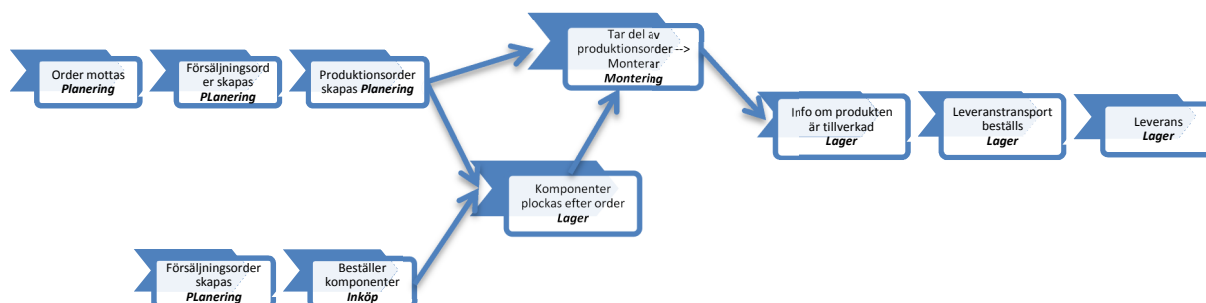
Resurser/verktyg som används vid montering/tillverkning av respektive moment		
	Q	HT
Hålmontering:	Tejp	Tejp
Bottenplatta:	Programmerad skruvdragare, skruvdragare, roller, kylpasta, ESD-band, rengöringssprit	Programmerad skruvdragare, skruvdragare, roller, kylpasta, ESD-band, rengöringssprit, spärnnyckel, sidavbitare, klubba, bonkkloss
Bottenplatta + Powerkort:	Programmerad skruvdragare, skruvdragare, lödkolv, spetstång, flackstång, distansavbitare, förstoringsglas, lödsug	Programmerad skruvdragare, skruvdragare, lödkolv, spetstång
Kåpa:	Skruvdragare, spetstång	Skruvdragare, spetstång, lödkolv, insektsnyckel
Slutmontering:	Skruvdragare, skruvmejsel	Skruvdragare, skruvmejsel

Figur 4.2 Resurser/verktyg som används vid montering/tillverkning av respektive moment

4.2 VÄRDEFLÖDESANALYS

Resultatet utav värdeflödesanalysen delades upp i två delar, informationsflödet samt värdeflödet. Det går att läsa om analyserna i följande underavsnitt.

4.2.1 INFORMATIONSLÖDET



Figur 4.3 Informationsflödet

Kundordern mottas av planeringsavdelningen. De skapar en försäljningsorder och, oftast då det inte ska finnas produkter i lager, även en produktionsorder. Lageravdelningen plockar komponenter enligt

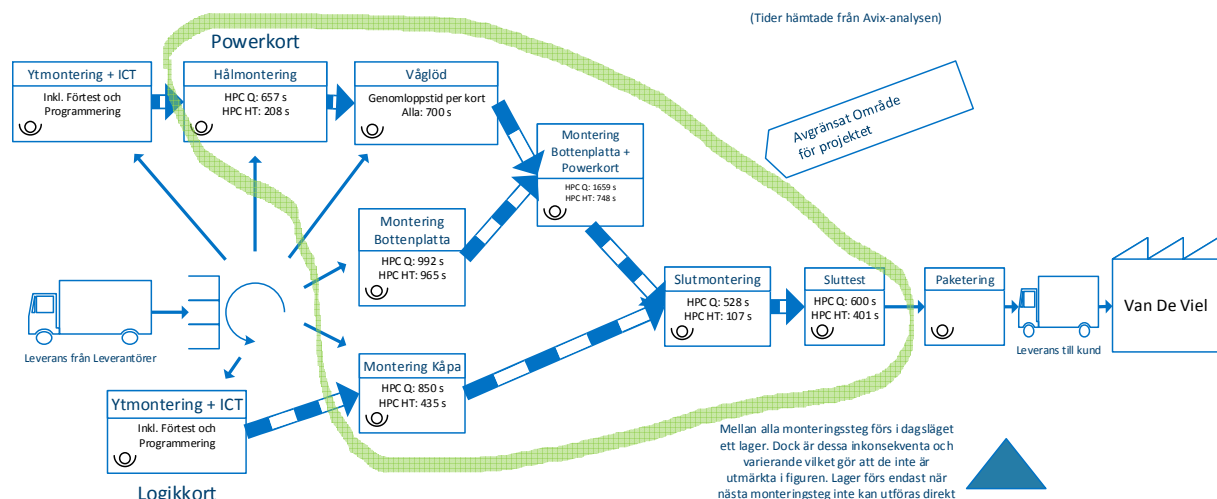
produktionsspecifikation som montering därefter tar del av. Montering sker enligt monteringsanvisning samt slutttest utförs. Lageravdelningen får information om att produkten är färdigtillverkad och skickar sedan till kund. Informationsflödet kan ses i figur 4.3.

Planeringsavdelningen skapar försäljningsprognoser som inköpsavdelningen tar del av. Då ledtiderna för transporter är mycket långa beställs komponenter utifrån försäljningsprognos om de inte finns i lager. Kommunikationen mellan lager, inköps- och planeringsavdelningen är digitaliserad vilket gör att ingen verbal kommunikation krävs. Dock är produktionen i ett prototypstadium vilket gör produkten och dess komponenter revideras efterhand. Denna information sprids genom företagets intranät samt oftast muntligt bland de anställda.

Då produktionen är i prototypstadiet tillverkas produkterna så fort kundordern mottagits. Montering får produktionsordern från företagets produktkordinator, som ofta medverkar i produktionen. När produkten är färdigmonterad och slutttestas tas produkten till lagret. Kommunikationen mellan monteringen och lagret är inte digitaliserad utan sker verbalt.

4.2.2 MATERIALFLÖDET

Materialflödesanalys – HPC Q & HPC HT



Figur 4.4 Karta över materialflödet för HPC Q & HPC HT

Komponenterna beställs utifrån prognos som beskrevs i avsnitt 4.2.1. Komponenterna läggs i lager i väntan på produktionsorder och levereras sedan batchvis till monteringen. Produkten värdeadderas sedan i flera steg och läggs i lager däremellan, se figur 4.4. Ofta görs ett monteringssteg batchvis, cirka fem stycken per batch. Anledningen är att produktionen sker i en prototypverkstad där det inte finns en standardiserad arbetsstation som är anpassad för produkten. Eftersom komponenterna levereras batchvis anser montörerna att det är enklare att montera klart hela batchen, för varje monteringssteg, innan nästa steg påbörjas. På grund av detta bildas lager efter varje monteringssteg i väntan på att nästa steg ska utföras. Eftersom produkten byggs ihop av fyra stycken huvuddelar krävs det att alla delar är klara för montering när de skall byggas ihop till en produkt. Då monteringen oftast sker batchvis för varje monteringssteg bildas lager, vilka kan inneha ett högt materialvärde. I övriga produktionsdelar i fabriken används Kanban-system.

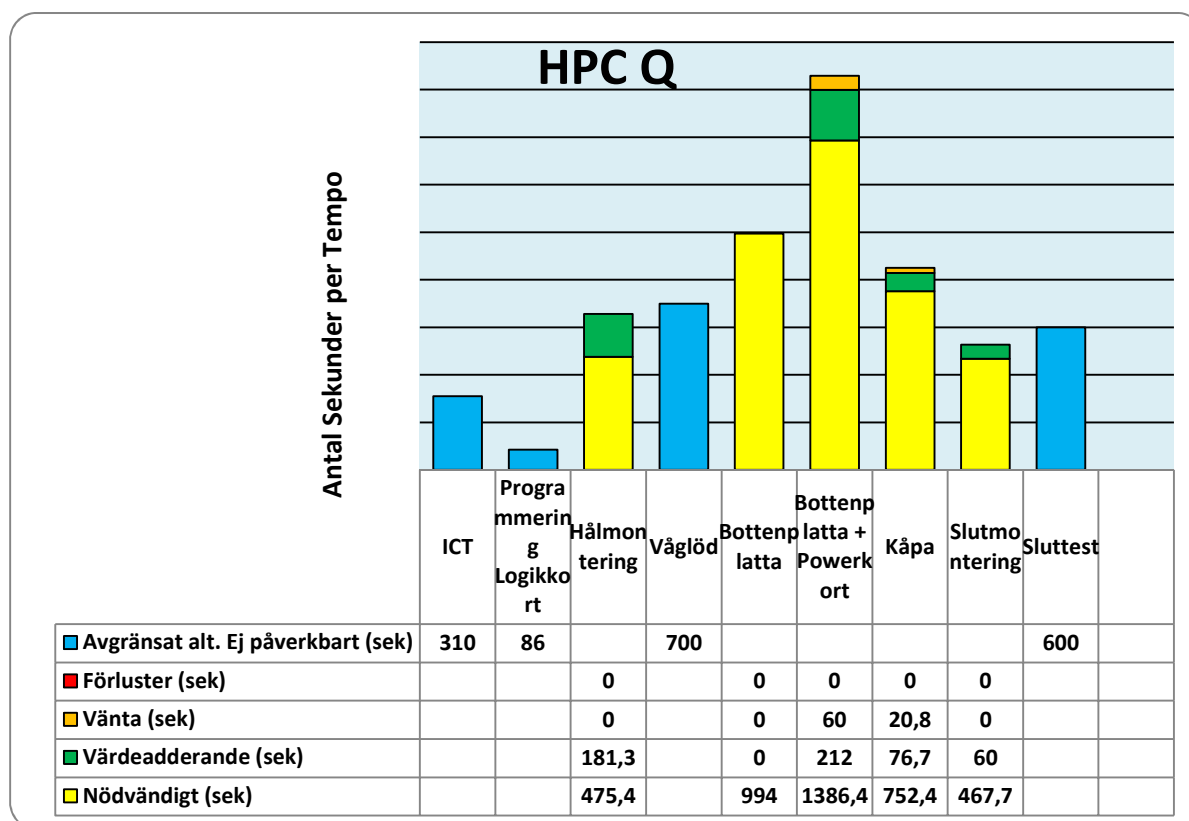
Då produkterna monteras batchvis är samtliga produkter färdiga för leverans inom en kort tidsram. Detta medför att produkterna kan levereras samlat till kund, vilket även ses som det mest ekonomiska lösningen.

4.3 TIDSANALYS

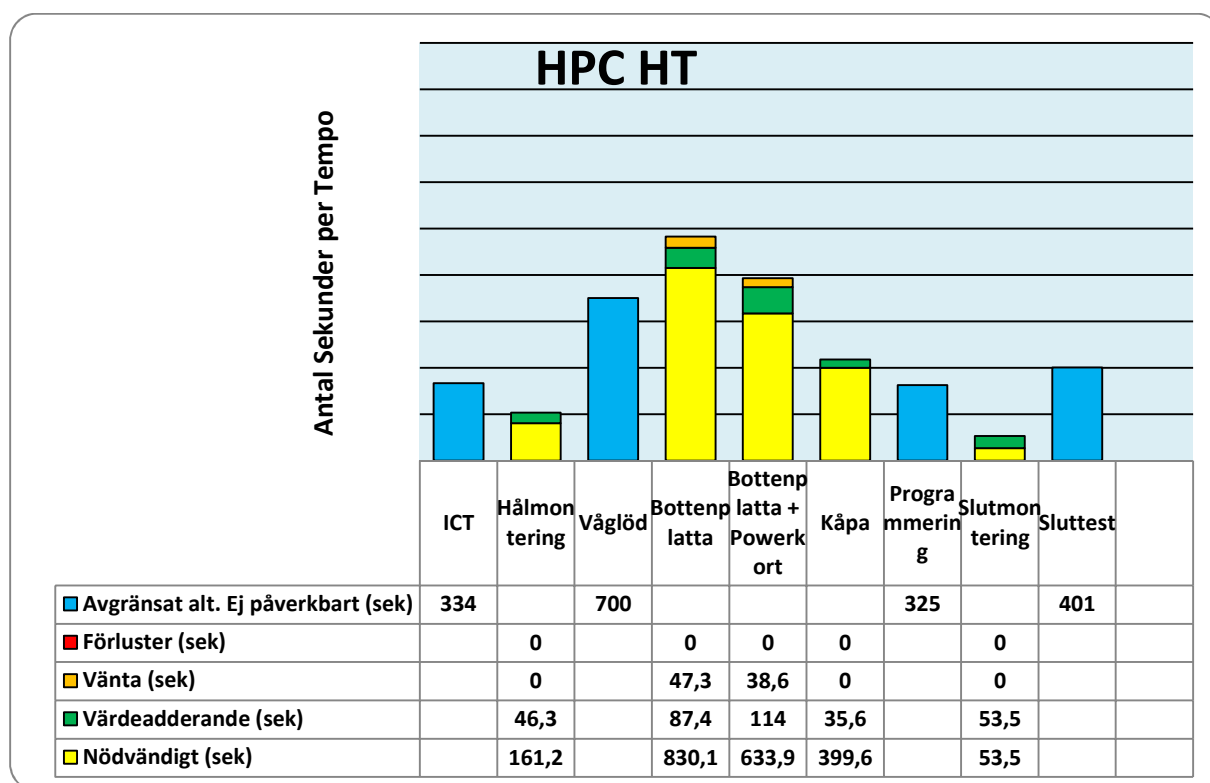
AviX visade att vissa moment tog mycket längre tid än andra att genomföra. Tidsåtgången för HPC Q var generellt större för varje moment än för HPC HT. Anledningen kunde ses vara att produkten är mer komplex och innehåller fler komponenter och därav fler delmoment. De manuella momenten varierade i tid mellan 208 sekunder för hålmonteringen av powerkort till 965 sekunder för monteringen av bottenplattan för HPC HT. Monteringsstegen hos HPC Q varierade mellan 528 sekunder för slutmonteringen till 1659 sekunder för bottenplatta + powerkort. Det betyder att variationen mellan de två produkterna skiljer sig stort men även om en jämförelse görs mellan delmomenten hos varje produkt skiljer sig stort. Fördelningen mellan värdeadderande tid och icke värdeadderande tid är procentuellt sett ungefär samma hos HPC HT och HPC Q.

Balanseringsdiagrammen som skapades utifrån tiderna i AviX-analysen visualiserade de stora tidsskillnaderna mellan delstegen. Det gick även att utläsa att det var samma moment hos HPC HT och HPC Q som tog längst tid att utföra.

Balanseringsdiagram över de olika produkterna visas nedan i figur 4.5 och 4.6. Exakta tider över montering av HPC Q och HPC HT kan ses i bilaga 1 respektive bilaga 2.

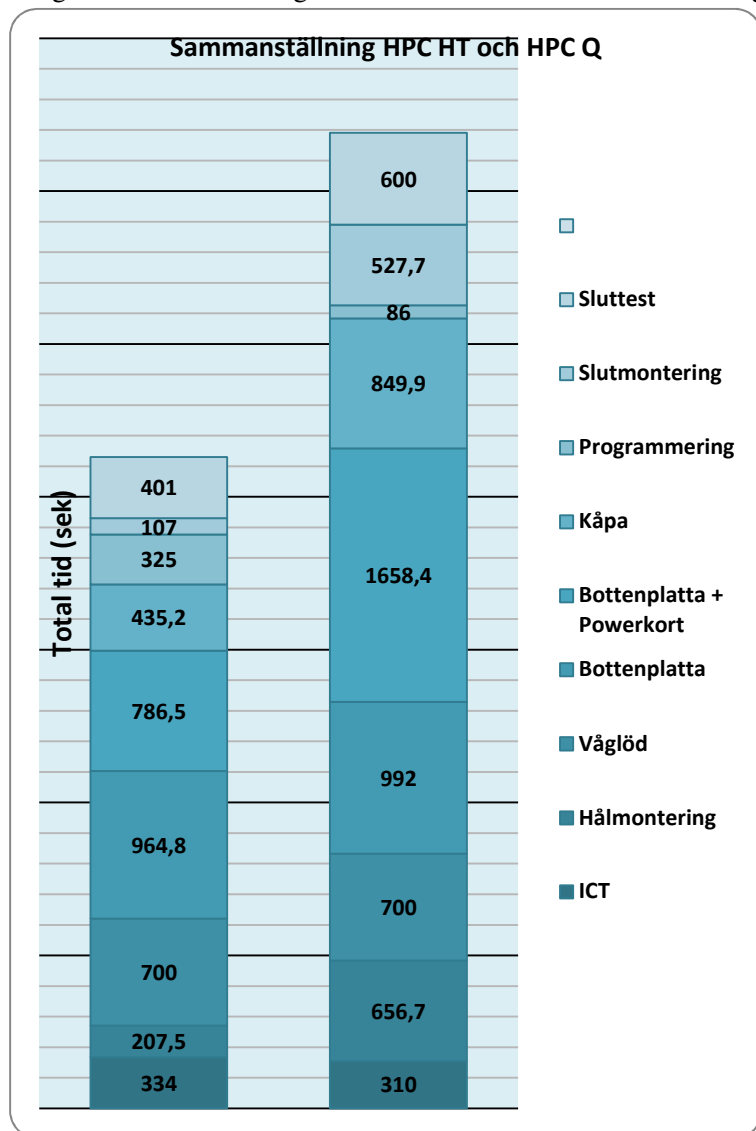


Figur 4.5 Diagram över tid för respektive moment för HPC Q



Figur 4.6 Diagram över tid för respektive moment för HPC HT

Diagrammet nedan, figur 4.7, visar den totala monterings tiden för HPC HT och HPC Q.

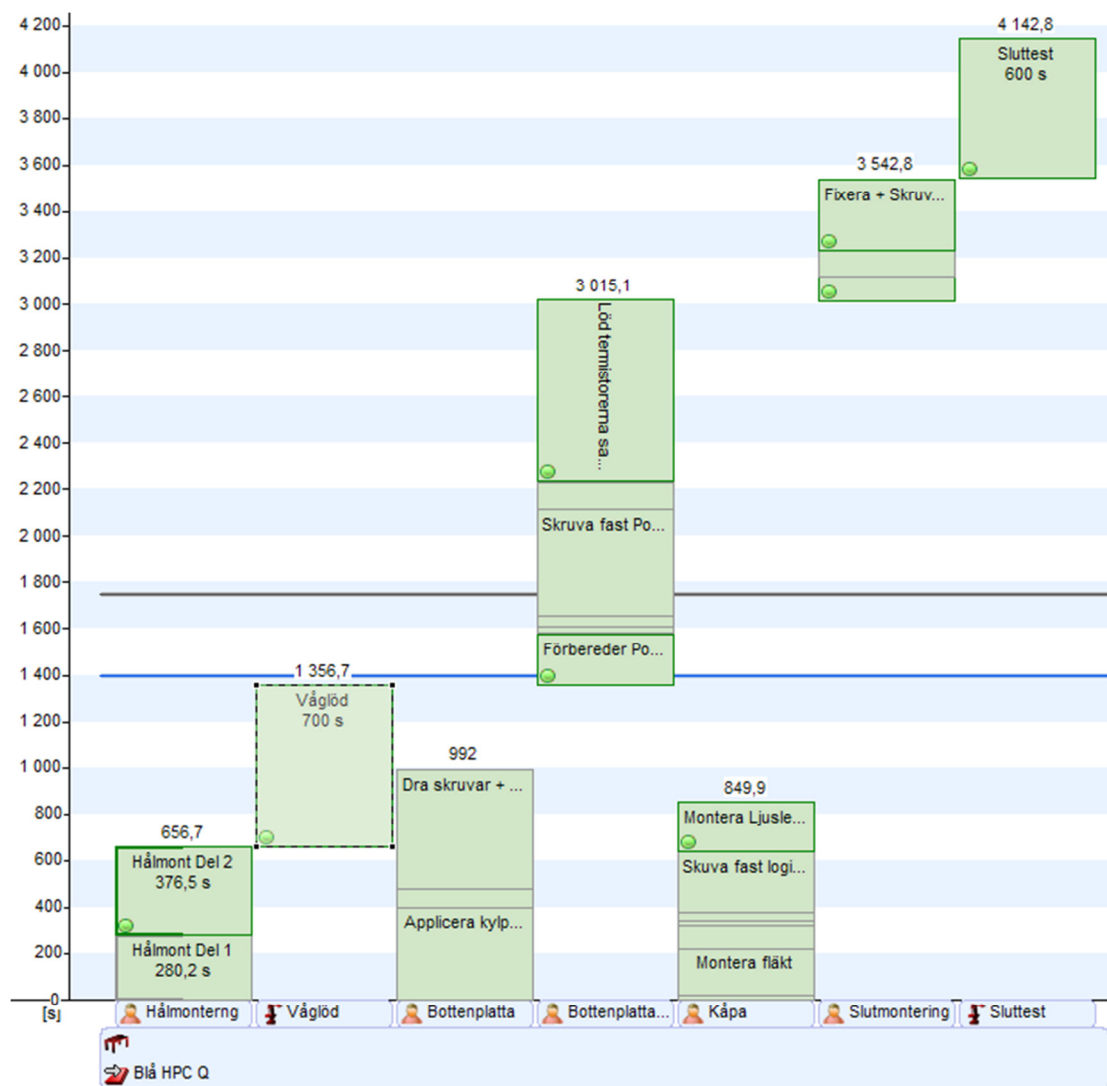


Figur 4.7 Totaltid för HPC HT och HPC Q

4.4 LEDTID

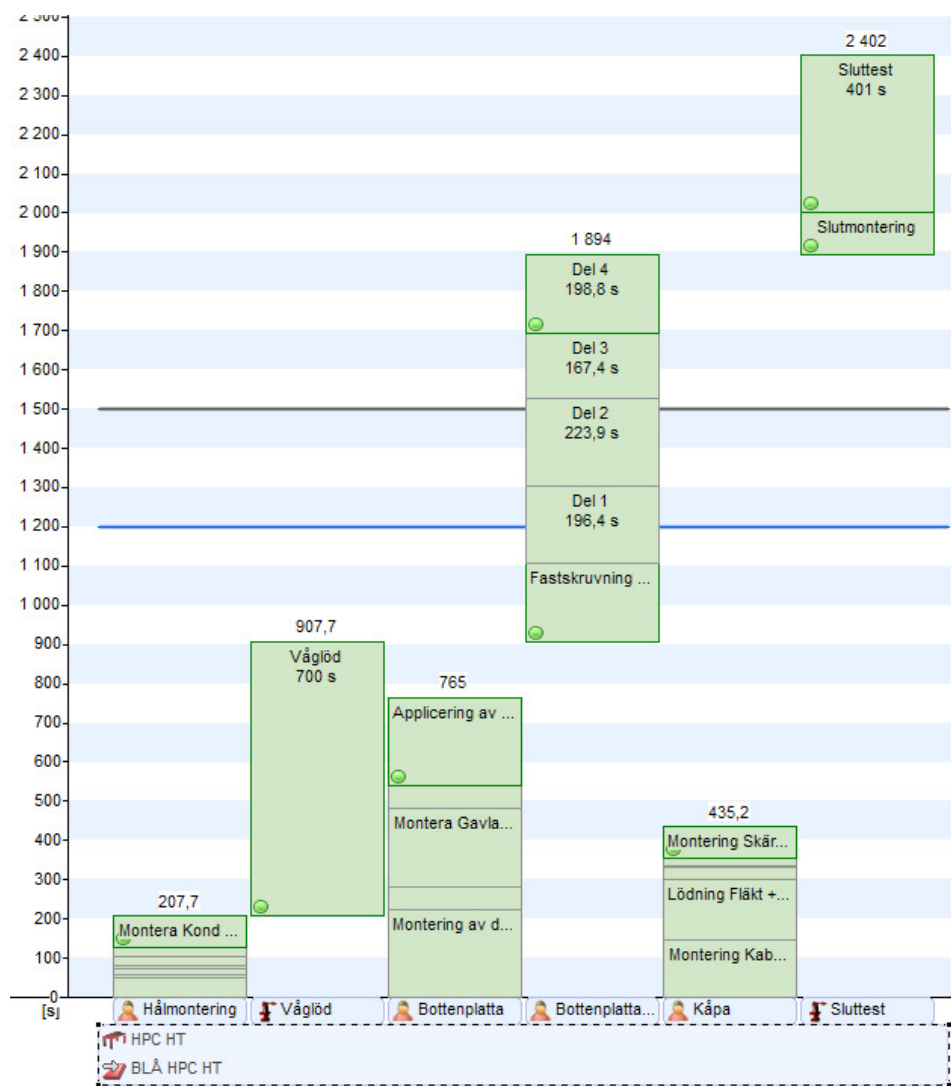
Både produkterna HPC Q och HPC HT har delmoment som måste utföras i en speciell ordning vilket gör att det inte går att producera huvuddelarna helt parallellt från start.

I figur 4.8 nedan visas kortaste möjliga ledtid för HPC Q med nuvarande processtider. Delprocesserna är uppdelade efter beroende på ordningskrav. Utifrån de mätningar som genomförts är den kortaste möjliga ledtid drygt 4140 sekunder för HPC Q enligt AviX.



Figur 4.8 Diagram över kortaste möjliga ledtid för produkt HPC Q

Även produktionen för HPC HT har analyserats på samma sätt som HPC Q. Kortaste möjliga ledtid för HPC HT är drygt 2400 sekunder. I diagramen går det att utläsa att ledtiden för HPC Q är ungefär 1740 sekunder (29 minuter, ~42%) längre än för HPC HT. En överblick över HPC HT visas nedan i figur 4.9.



Figur 4.9 Diagrammet visar kostaste möjliga ledtid för HPC HT

4.4.1 FLASKHALSANALYS

Utifrån de data som fått fram visas det att det är två moment som inte går att dela upp eller omplacera. Eftersom det endast finns två moment inom avgränsning för projektet som inte kan delas upp observerades dem noggrannare. Momenten som observeras var våglöd samt Sluttest för respektive produkt.

Våglöden är en process där cykeltiden är densamma oberoende vilken produkt den bearbetar. Cykeltiden för våglöden påverkas dock av beläggningen, om det blir ett större antal produkter än normalt som skall bearbetas kan det uppstå köproblem. Det gör att momentet kan ta längre tid än normalt. Processen går i kontinuerlig fart och det går inte att dela upp den i flera delsteg. Dessutom är det ett moment som måste göras efter håmontering av powerkort, och innan det monteras på bottenplattan vilket gör att det inte går att flytta. Ledtiden för våglöden är 700 sekunder enligt manuella tidsmätningar, dock behöver inte varje kort 700 sekunder helt själv utan nästa kort kan påbörjas innan det andra är färdigt.

Det andra momentet som observerades var sluttestet. Även detta är ett automatiserat moment, dock med några få manuella moment. Även detta moment går inte att dela upp och måste ske som sista steg innan leverans till packningen. Momentet har studerats för HPC HT och HPC Q då dessa skiljer sig

något. Samma utrustning används för slutttest av respektive produkt, dock skiljer sig cykeltiderna något åt. Tidsmässigt kräver HPC Q 600 sekunder jämfört med 400 sekunder för HPC HT för slutttestet. Dock uppstår ofta stopp och problem i dagsläget för testutrustningen vilket gör att tiderna är varierande och testet kan även behövas startas om vid fel. Slutttestet anses dock inte skapa några problem då detta är i slutet av produktionsprocessen.

Våglöden bedöms vara flaskhalsen för produktionen då den är mellan olika produktionsmoment och inte kan splittras i flera steg. Balanseringen måste därav anpassas utifrån detta.

4.5 TIDSASPEKTER

Beroende på vilken kund och hur kraven på produkten ser ut är planeringen för olika projekt inom företaget mycket varierande. Det finns kunder som avtalar produktion och utveckling flera år i förväg och det finns företag som vill ha produkten levererad inom några få månader. Företaget som beställer produkterna som detta arbete fokuserar på har mycket kort framförhållning. Det gör att produktionen måste var mycket anpassningsbar och flexibel mot framtida produkter. Från beställarens sida finns det inga krav angående hur produkten monteras och vilka metoder som används, bara den uppfyller produktkraven.

I dagsläget finns en prognostiserad efterfrågan. Företaget ser dock att en framtida ökning av produktionsvolym kan inträffa och det kan även tillkomma liknande produkter. Kunden i detta fall är företagets ägare.

5. RESULTAT

Nedan presenteras de beräkningar som genomförts för uppnått resultat.

5.1 KRAVSPECIFIKATION

Nedan presentas produktionskrav från Aros Electronics AB.

- Planerad årlig tillverkning:
 - 600 stycken HPC Q
 - 250 stycken HPC HT
- Ett år består av 45 veckor, á 5 dagar/vecka, á 6 ´produktionstimmar/dag
- Flexibelt mellan 1 till 5 montörer
- Tillverkning skall ske i tvåtimmarsblock
- Flexibel inför framtida produkter
- Det skall finnas en tidsmässig säkerhetsmarginal på 20 % på testningssteg om fel inträffar
- Resursbalansera i största möjliga utsträckning
- Projektet kan avgränsas till att det aldrig råder materialbrist
- Balanseringsförslagen skall fokuseras på tre områden:
 - Volymförändringar, minskade och ökade
 - Lågt PIA
 - Korta Ledtider

5.1.1 BERÄKNINGAR

Nedan, figur 5.1, beräknas den takttid som krävs för att uppnå efterfrågan. Beräkningarna är utförda enligt teorierna som är beskrivna i avsnitt 2.1. Beräkningarna visar att takten maximalt, för att kunna leverera erfordrad produktionsvolym, för HPC Q skall vara 10800 sekunder (3 timmar) och för HPC HT vara 25900 sekunder (~7,2 timmar). Dagens produktionstid, som är 6380 sekunder (~106 minuter) för HPC Q och 4220 sekunder (~70 minuter) för HPC HT, skulle belägga 94,5 % respektive 26,1 % för av den totala tillgängliga tiden på ett år, beräknat med en säkerhetsmarginal på 20 %. Företaget vill dock inte att produktionslinan har full beläggning med endast HPC Q och HPC HT.

Erfordrad takttid	HPC Q	HPC HT
Beräkningar av takttid		
Antal önskade produkter per år:	600	250
arbetstid per dag:	6	
Arbetsveckor per år:	45	
Antal produkter som måste produceras i veckan:	13,3	5,6
Antal produkter som måste produceras per dag:	2,7	1,1
Erfordrad Takttid i antal timmar:	2,25	5,4
Beräknad Erforderlig Takttid i sek:	8100	19440
Nuvarande takttid:	6381	4222
Säkerhetsmarginal:	20%	
Beläggning Totalt, utifrån uppmätta tider:	94,5%	26,1%

Figur 5.1 Erfordrad takttid beräknad på givna förutsättningar

5.2 VAL AV BALANSERINGSTEORI

Lösningssförslagen är utformade enligt Boysens balanseringsteorier. Kravspecifikationen samt de tidsmätningar som genomförts motiverade vilken balanseringsteori som valdes. Då produktionen är orderbaserad kan monteringen ske batchvis i den volym som ordern avser. Eftersom det är planerat att årligen producera 600 stycken HPC Q och 250 stycken HPC HT, vilket är ungefär 14 stycken respektive sex stycken i veckan, är det lämpligt att tillverka i batcher i respektive volym. Produktionen kommer därav ske enligt teorin för multi-model assembly line då variationerna mellan produkterna är för stora för att passa in i ett flöde. Främst skiljer sig produkterna i monterings tid vilket gör att väntan kommer uppstå om de produceras samtidigt. Verktyg som krävs är nästintill desamma vilket gör att de fungerar att montera på samma arbetsstationer.

5.2.1 BALANSERINGSFÖRLAG HPC Q

Den erforderade taktiden för HPC Q är i dagsläget större än dess ledtid. Detta innebär att balanseringens fokus kan flyttas från att uppnå en korrekt taktid, till att uppnå en så flexibel och effektiv produktion som möjligt. Balanseringens huvudsyfte blir således att strukturera upp alla delmoment inom produktionen av HPC Q så att de möter tidigare nämnda krav.

I avsnitt 4.4 så visas den kortaste möjliga ledtiden HPC Q kan ha och att vissa moment måste göras i en viss ordning. Detta begränsar hur balanseringen kan göras och hur väl den kan anpassas till de framtida tvåtimmarsblock som produktionen skall ligga inom.

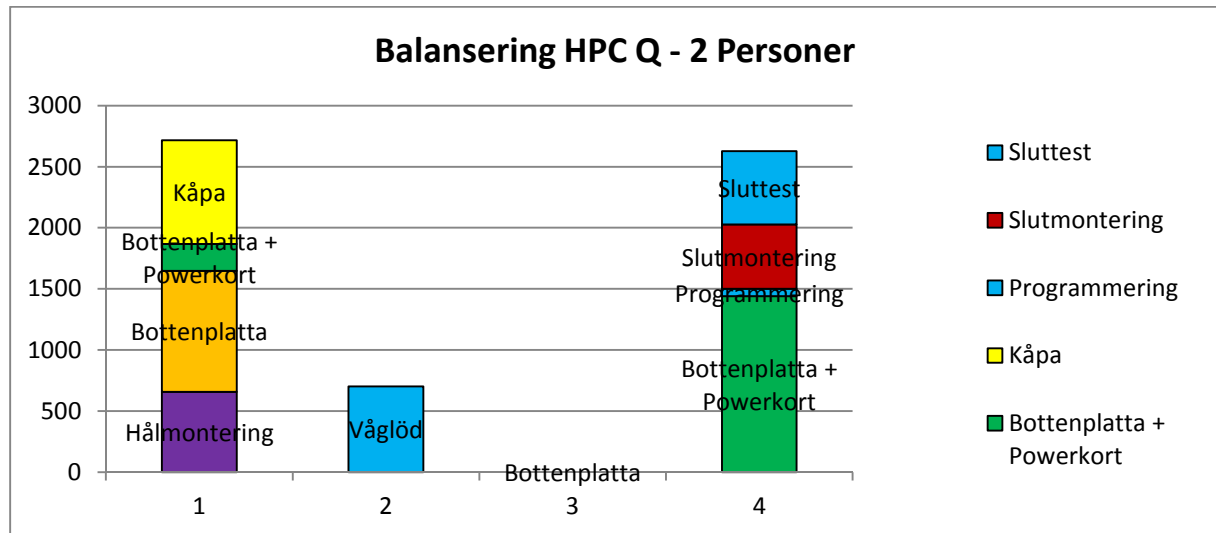
Utöver detta finns det även flaskhalsar inom produktionen. Den största och mest avgörande flaskhalsen är våglöden vilket har en processtid på 700 sekunder. Dock tar även sluttesten en del tid (ca 600 sekunder) och är omöjligt att dela upp denna i mindre delprocesser.

Utifrån krav och förutsättningar så har balanseringen resulterat i två olika balanseringsförslag.

5.2.1.1 BALANSERINGSFÖRSLAG 1

Balanseringsförslag 1 kör hela processen från början till slut utan några buffertlager. Fördelen med detta är att det blir ett lågt PIA men ledtiderna blir i gengäld längre och en viss väntan uppstår mellan olika stationer, då de beräknats otaktat synkront. Förslaget är uppdelat på antalet tillgängliga montörer och därav varierande taktid. Nedan visas fördelningen mellan olika arbetsmoment och stationer anpassat till olika mängder montörer. Fördelningen av arbetet är gjort sådant att det är jämnt tidsfördelat. Balanseringen är gjord efter teorin att det skall vara otaktat synkront, därav syftar benämningen taktid nedan den största cykeltiden.

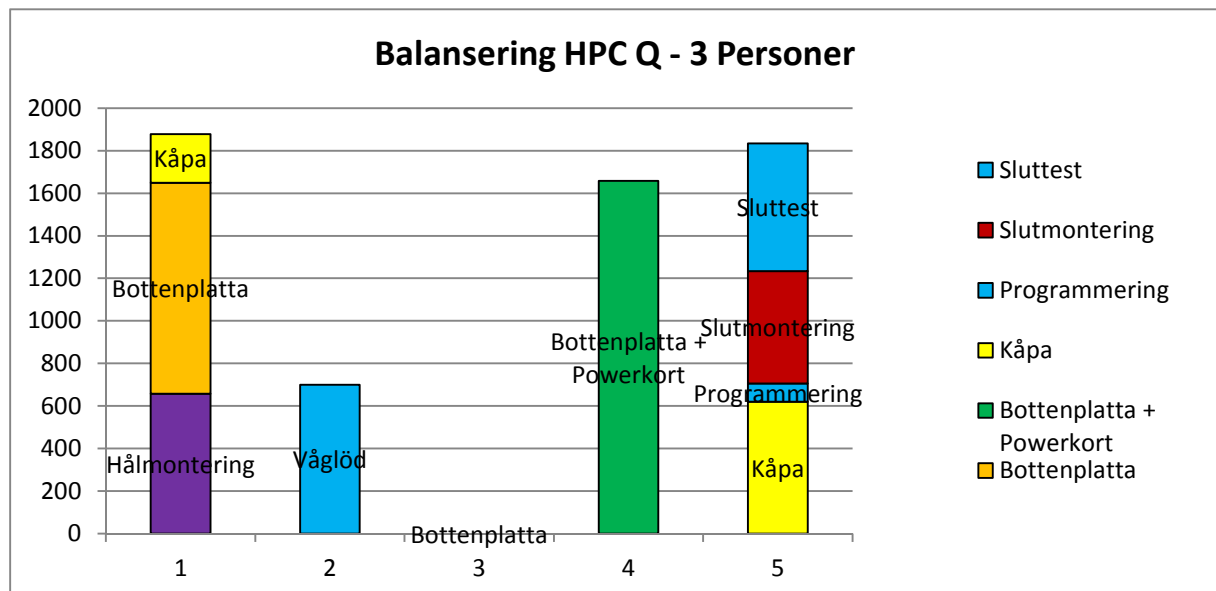
5.2.1.1.1 2 Personer



Figur 5.2 Balanseringsförslag 1 HPC Q - 2 Personer

- Taktid 2718 sekunder (~45 minuter)
- Kan genomföra 2 hela cykler på ett tvåtimmarspass
- För att slutföra den sista behövs ytterligare 16minuter
- Ledtiden är 5436 sekunder (~90 minuter)
- Vid uppstarten (första schemalagda bocket) produceras 1 produkt, sedan 2 stycken per block.

5.2.1.1.2 3 Personer

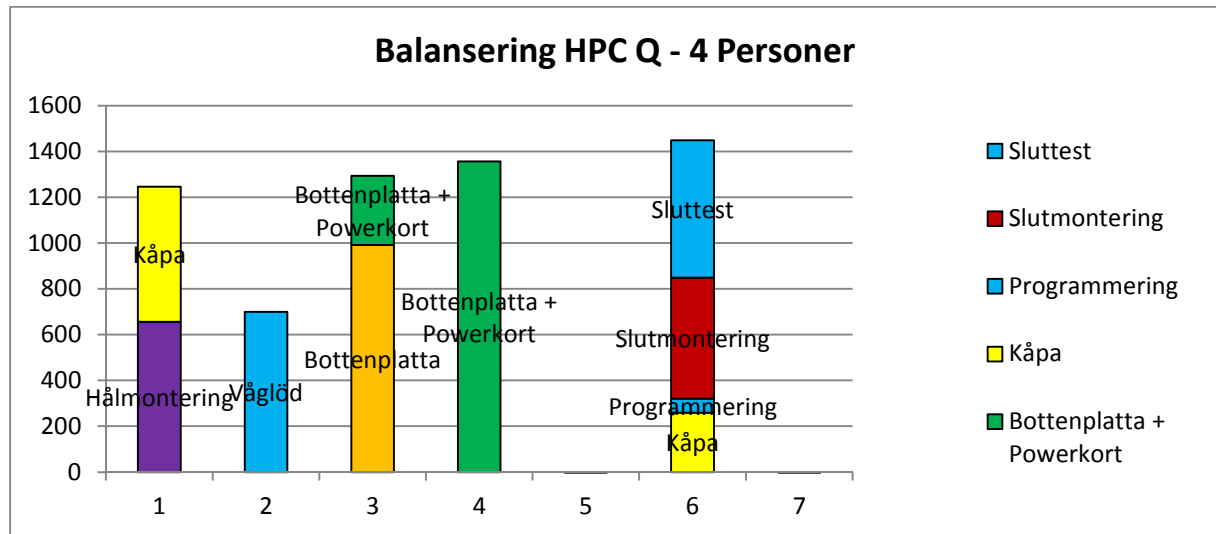


Figur 5.3 Balanseringsförslag 1 HPC Q - 3 Personer

- Taktid 1863 sekunder (~31 minuter)
- Kan genomföra 3 hela cykler på ett tvåtimmarspass
- För att slutföra den sista behövs ytterligare 4.2 minuter
- Ledtiden är 5589 sekunder (~93 minuter)

- Vid uppstarten (första schemalagda bocket) produceras 1 produkter, sedan 3 stycken per block.

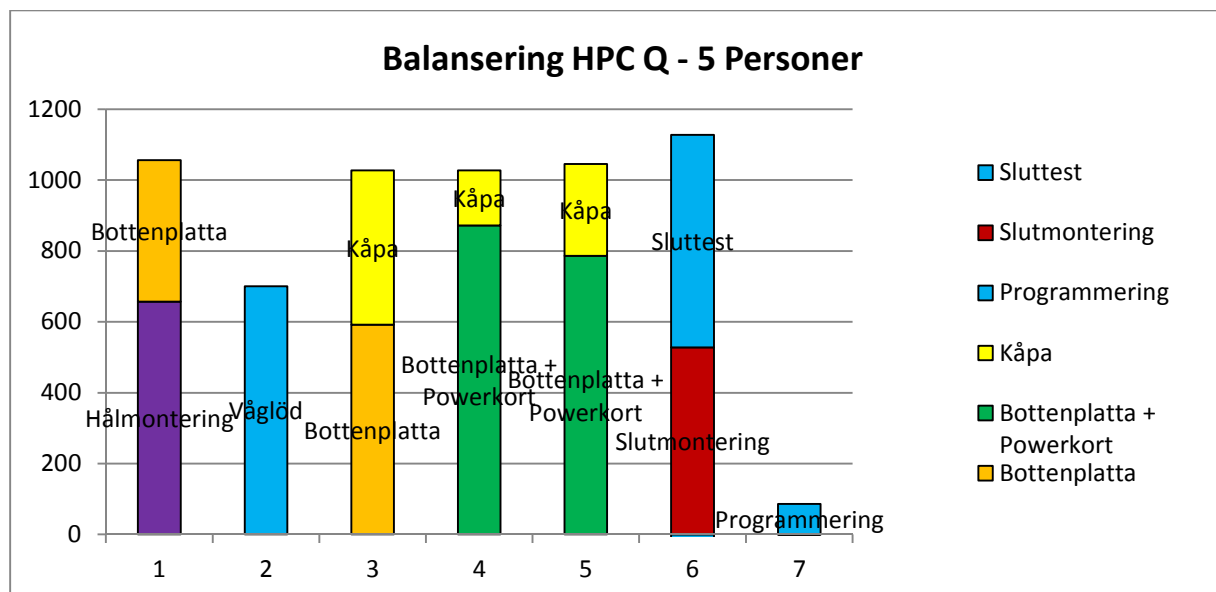
5.2.1.1.3 4 Personer



Figur 5.4 Balanseringsförslag 1 HPC Q - 4 Personer

- Taktid 1388 sekunder (~23 minuter)
- Kan genomföra 5 hela cykler på ett tvåtimmarspass
- För att slutföra den sista behövs ytterligare 18.8 minuter
- Ledtiden är 5552 sekunder (~93 minuter)
- Vid uppstarten (första schemalagda bocket) produceras 2 produkter, sedan 5 stycken per block.

5.2.1.1.4 5 Personer



Figur 5.5 Balanseringsförslag 1 HPC Q - 5 Personer

- Taktid 1128 sekunder (~19 minuter)

- Kan genomföra 6 hela cykler på ett tvåtimmarspass
- För att slutföra den sista behövs ytterligare 11.6 minuter
- Ledtiden är 5640 sekunder (~94 minuter)
- Vid uppstarten (första schemalagda bocket) produceras 2 produkter, sedan 5 stycken per block.

5.2.1.2 BALANSERINGSFÖRSLAG 2

Balanseringsförslag 2 har ett lager som innehåller alla de hålmonterade powerkort som användas till batchen, där de förproducerats. Resultatet av att införa ett lager är att kapital binds och att PIA stiger. Däremot kan takten under den resterande produktionen bli lägre och jämnare vilket underlättar anpassningen till tvåtimmarsblocken. Beroende på tillgängliga montörer går det att anpassa fördelningen mellan momenten och en montör kan alltid ta över uppgiften att fylla på lagret vid behov. Ledtiden är utan de hålmonterade powerkorterna då det ses som en separat process där korten fylls på till lager efter produktionsbehovet. De har därav separata ledtider.

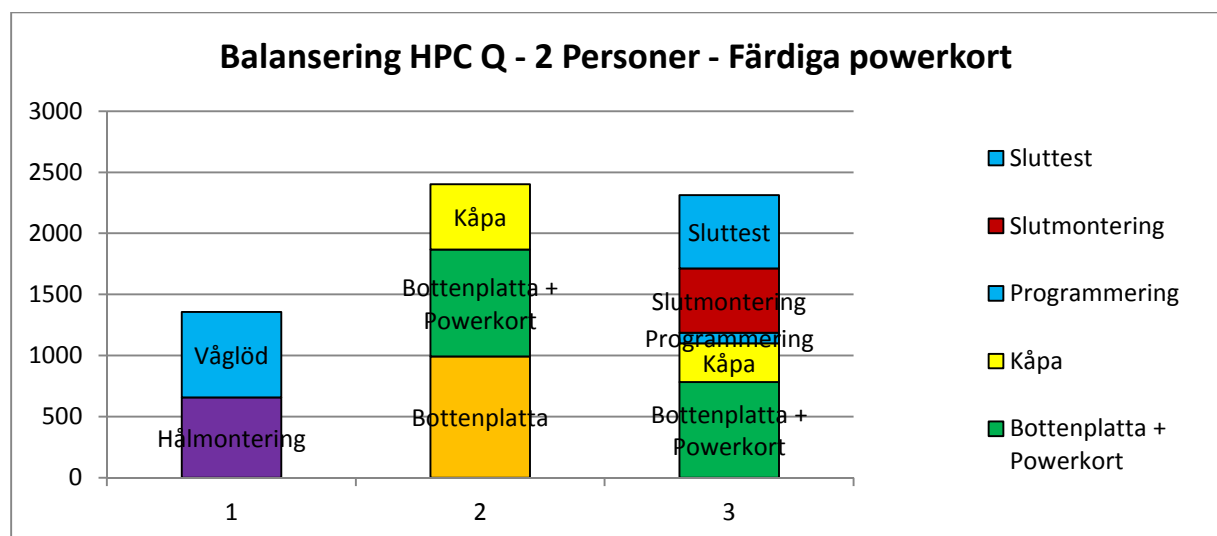
5.2.1.2.1 Tidsåtgång tillverkning av powerkort

Balanseringsförslag 2 som använder sig av ett lager med förproducerade powerkort för att minska genomloppstiden och balansera produktionen av HPC Q bättre. Detta innebär dock att en planering av när korten skall produceras måste schemaläggas. I tabellen nedan, figur 5.6, visas den möjliga mängden kort som kan produceras per antal montörer.

	Tillverkningstid per kort	Antal kort per 2h block	Tid (s) det tar att tillverka 15 st
Antal montörer	657		
1	657	10	9855
2	657	20	5256
3	657	30	3285
4	657	40	2628
5	657	50	1971

Figur 5.6 Erfordrad tid som krävs för att hålmontera powerkort till HPC Q

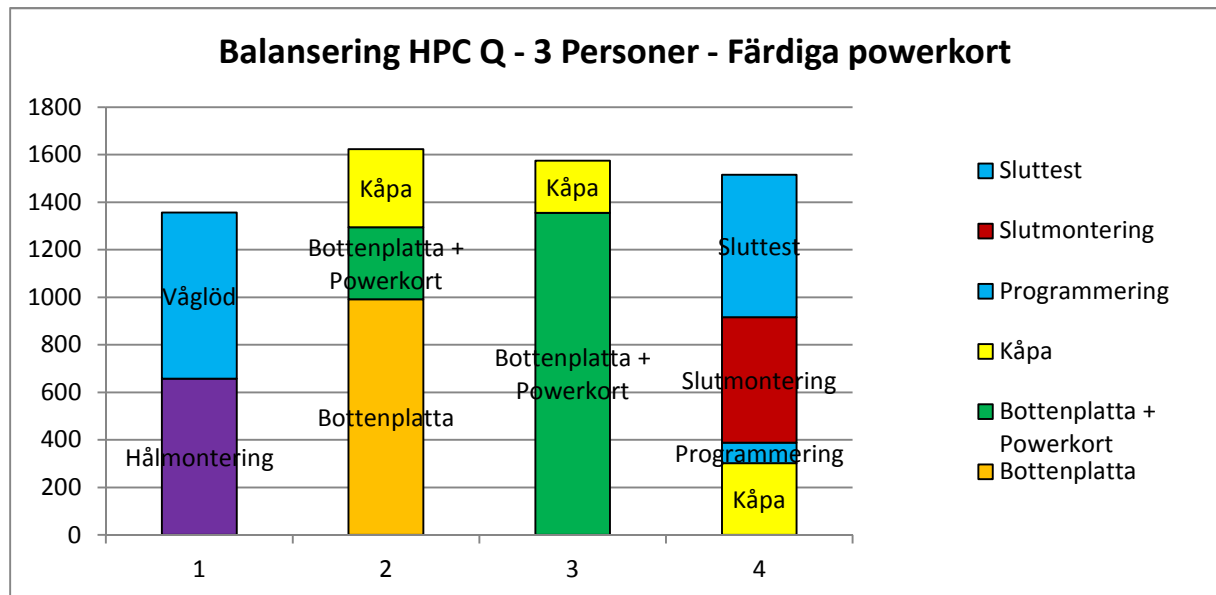
5.2.1.2.2 2 Personer



Figur 5.7 Balanseringsförslag 2 HPC Q - 2 Personer

- Taktid 2401 sekunder. (~40 minuter)
- Kan genomföra cirka 3 hela cykler på ett tvåtimmarspass.
- För att slutföra den sista behövs ytterligare 3 sekunder.
- Ledtiden är 4802 sekunder (~80 minuter)
- Vid uppstarten (första schemalagda bocket) produceras nästan 2 produkter, sedan nästan 3 stycken per block.

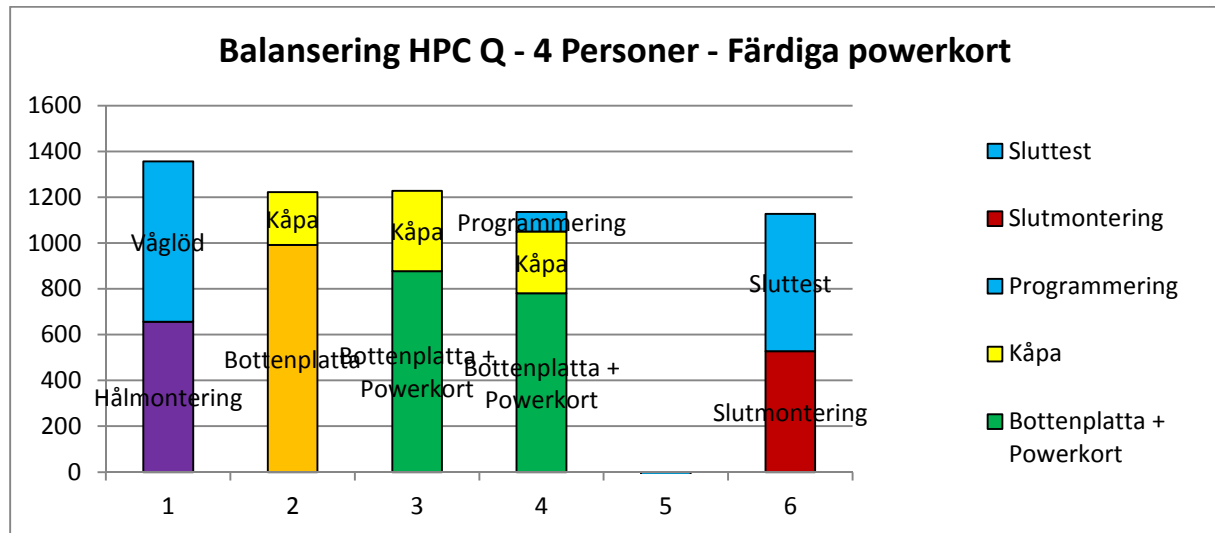
5.2.1.2.3 3 Personer



Figur 5.8 Balanseringsförslag 2 HPC Q - 3 Personer

- Taktid 1623 sekunder (~27 minuter)
- Kan genomföra 4 hela cykler på ett tvåtimmarspass.
- För att slutföra den sista cykeln behövs ytterligare 16 minuter.
- Ledtiden är 4869 sekunder (~81 minuter)
- Vid uppstarten (första schemalagda bocket) produceras 2 produkter, sedan 4 stycken per block.

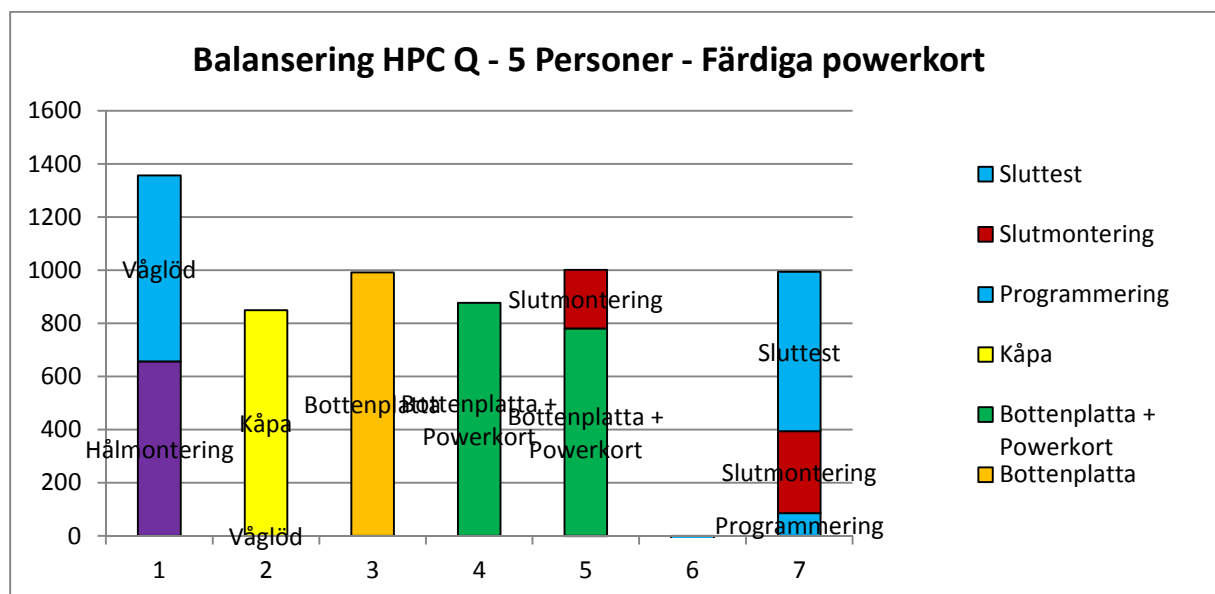
5.2.1.2.4 4 Personer



Figur 5.9 Balanseringsförslag 2 HPC Q - 4 Personer

- Takttid 1229 sekunder (~20 minuter)
- Kan genomföra 5 hela cykler på ett tvåtimmarspass.
- För att slutföra den sista cykeln behövs ytterligare 3 minuter.
- Ledtiden är 4916 sekunder (~82 minuter)
- Vid uppstarten (första schemalagda bocket) produceras 2 produkter, sedan 5 stycken per block.

5.2.1.2.5 5 Personer



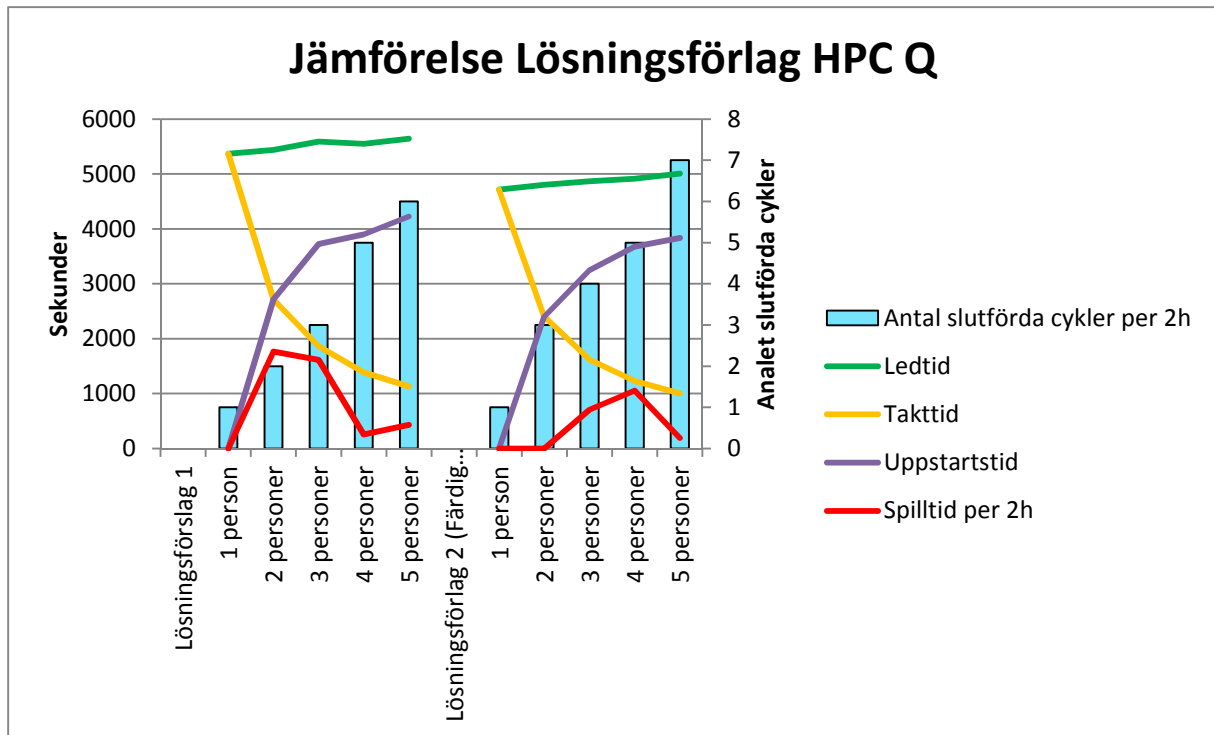
Figur 5.10 Balanseringsförslag 2 HPC Q - 5 Personer

- Takttid 1001 sekunder (~17 minuter)
- Kan genomföra 7 hela cykler på ett tvåtimmarspass.
- För att slutföra den sista cykeln behövs ytterligare 14 minuter.
- Ledtiden är 5005 sekunder (~83 minuter)

- Vid uppstarten (första schemalagda bocket) produceras 3 produkter, sedan 7 stycken per block.

5.2.2 JÄMFÖRELSE AV ANTALET MONTÖRER - LÖSNINGAR HPC Q

För att underlätta en jämförelse mellan de olika förslagen har diagrammet nedan, figur 5.11, tagits fram. Denne visar ledtid, taktid, uppstartstid, antal slutförda cyklar per tvåtimmarsblock och resterandetid som kallas för spilltid i tabellen för varje förslag. En liknande tabell har tagits fram för HPC HT, se avsnitt 5.2.4.



Figur 5.11 Jämförelse av hur antalet montörer påverkar processtider och antalet färdiga produkter per tvåtimmarsblock för HPC Q

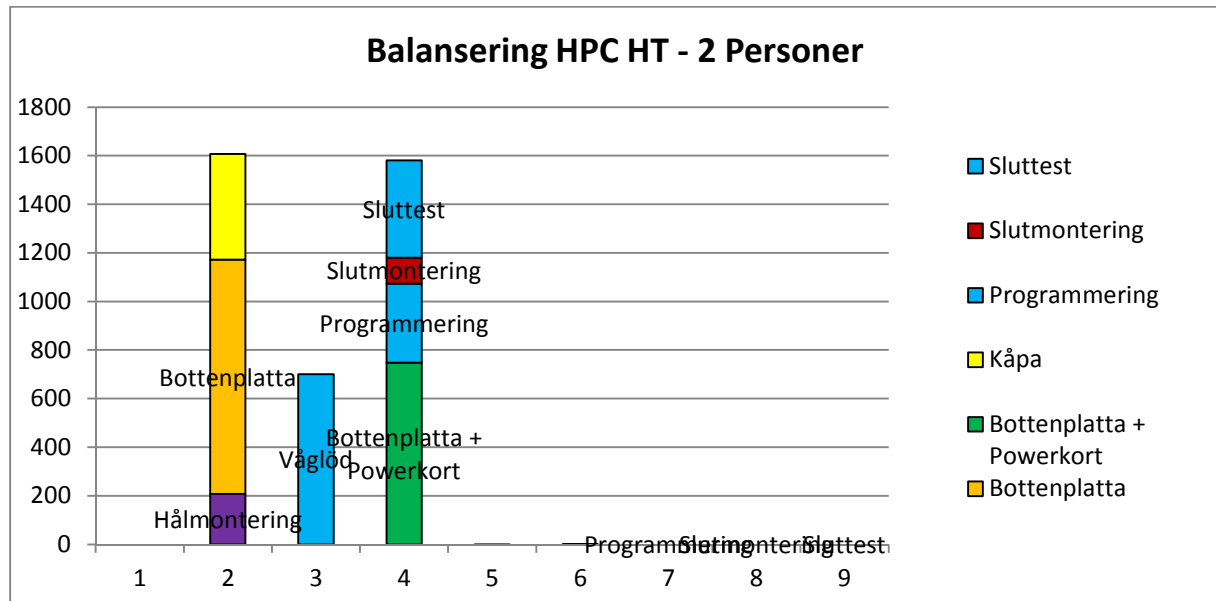
5.2.3 BALANSERINGSFÖRSLAG HPC HT

Då den planerade produktionsvolymen för HPC HT är förhållandevis liten jämfört med HPC Q (250 stycken respektive 600 stycken) lades fokus på att anpassa balanseringen till de planerade tvåtimmarsblocken. Den tillgängliga produktionstiden är mycket större än den tid som krävs för att producera HPC HT, vilket visades i avsnitt 5.1.1.

Flaskhalsanalysen visade att våglöden är ett moment som begränsar vilka möjligheter det finns att korta ner takten. Våglöden tar 700 sekunder och är inte möjlig att dela upp vilket gör att mindre än 700 sekunder finns det ingen anledning att göra kortare taktider än 700 sekunder.

Vid beräkning visar det sig att mer än fyra montörer, för HPC HT, kommer inte göra produktionen effektivare och lägre taktid.

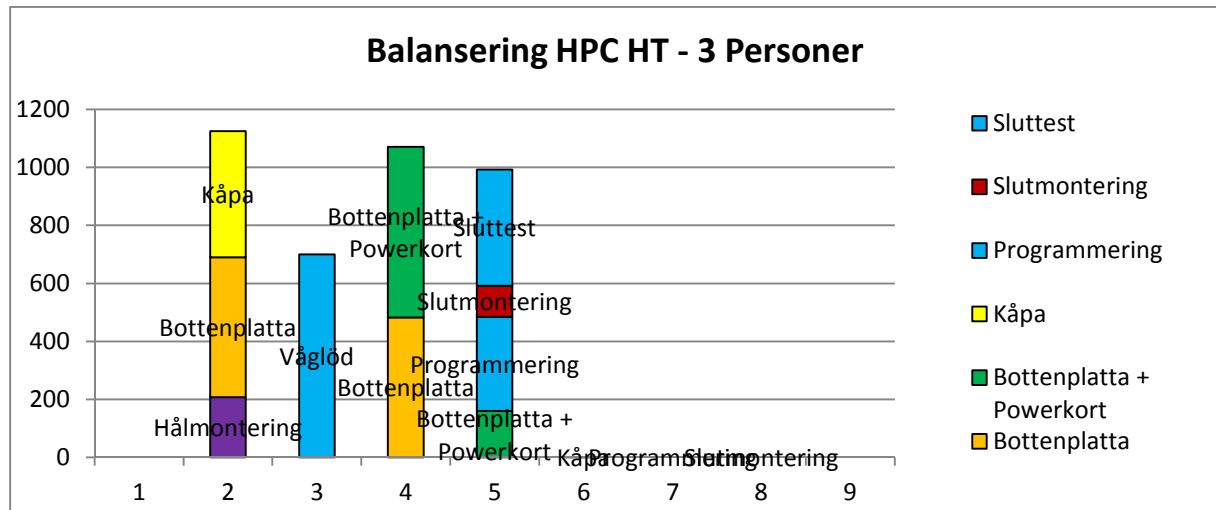
5.2.3.1 2 PERSONER



Figur 5.12 Balanseringsförslag HPC HT - 2 Personer

- Taktid 1608 sekunder (~27 minuter)
- Kan genomföra 4 hela cykler på ett tvåtimmarspass.
- För att slutföra den sista cykeln behövs ytterligare 14 minuter.
- Ledtiden är 3216 sekunder (~54 minuter)
- Vid uppstarten (första schemalagda bocket) produceras 3 produkter, sedan 4 stycken per block.

5.2.3.2 3 PERSONER

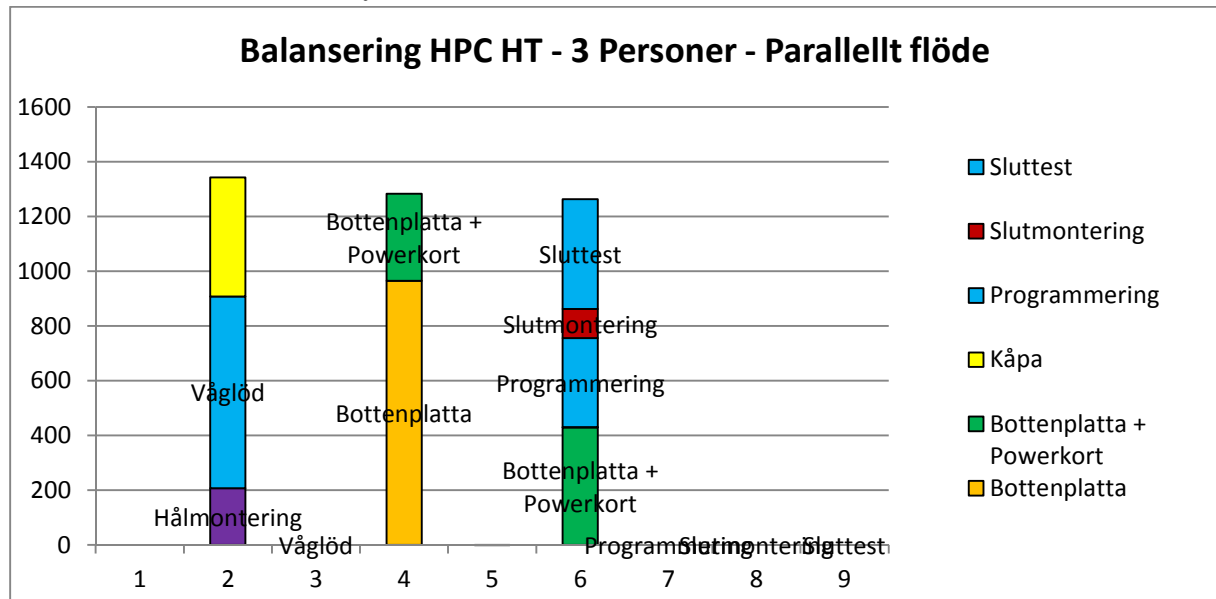


Figur 5.13 Balanseringsförslag HPC HT - 3 Personer

- Taktid 1125 sekunder (~19 minuter)
- Kan genomföra 5 hela cykler på ett tvåtimmarspass.
- För att slutföra den sista cykeln behövs ytterligare 3 minuter.
- Ledtiden är 4916 sekunder (~82 minuter)

- Vid uppstarten (första schemalagda bocket) produceras 4 produkter, sedan 6 stycken per block.

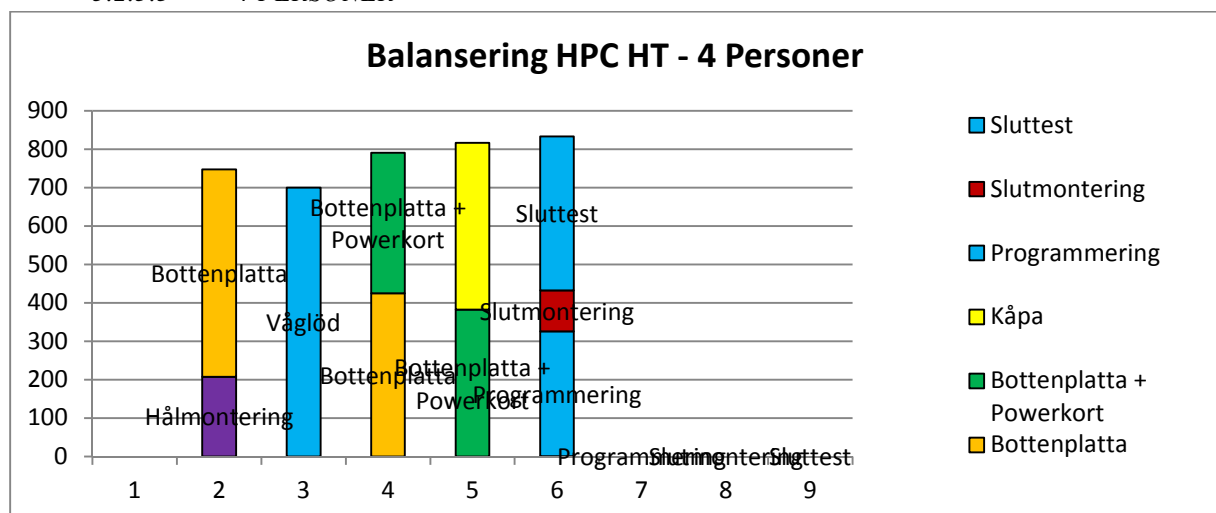
5.2.3.2.1 Parallellt flöde



Figur 5.14 Balanseringsförslag HPC HT - 3 Personer - Parallellt flöde

- Takttid 1343 sekunder (~23 minuter)
- Kan genomföra 5 hela cykler på ett tvåtimmarspass.
- För att slutföra den sista cykeln behövs ytterligare 15 minuter.
- Ledtiden är 2686 sekunder(~45 minuter)- parallellt flöde mellan station 1 och 2. Dessa 2 stationer arbetar samtidigt från start.
- Vid uppstarten (första schemalagda bocket) produceras 4 produkter, sedan 5 stycken per block.

5.2.3.3 4 PERSONER



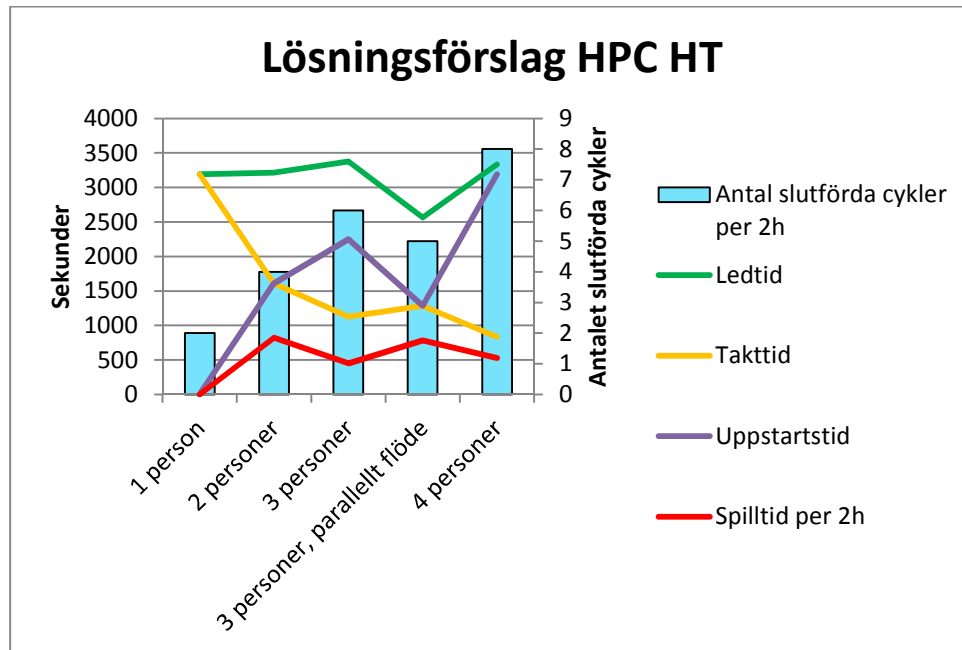
Figur 5.15 Balanseringsförslag HPC HT - 4 Personer

- Takttid 834 sekunder (~14 minuter)
- Kan genomföra 8 hela cykler på ett tvåtimmarspass.

- För att slutföra den sista cykeln behövs ytterligare 5 minuter.
- Ledtiden är 3336 sekunder (~56 minuter)
- Vid uppstarten (första schemalagda bocket) produceras 5 produkter, sedan 8 stycken per block.

5.2.4 JÄMFÖRELSE AV ANTALET MONTÖRER, HPC HT

Jämförelse av antalet montörer för HPC HT kan ses nedan, se figur 5.16.



Figur 5.16 Jämförelse av hur antalet montörer påverkar processtider och antalet färdiga produkter per tvåtimmarsblock för HPC HT

5.3 VAL AV LÖSNINGSFÖRSLAG

Underliggande avsnitt viktas och bedöms de olika lösningförslagen i förhållande till varandra.

5.3.1 HPC Q

Kesselringmatrix HPC Q		Ideal		Lösningförslag 1 (Utan buffertlager)		Lösningförslag 2 (Med buffertlager)	
Kriterium		v	t	v	t	v	t
Kapacitet	4	5	20	3	12	4	16
Flexibelt för volymförändringar	3	5	15	4	12	3	9
Flexibelt antal montörer	5	5	25	5	25	5	25
PIA	2	5	10	4	8	2	4
Anpassad till tvåtimmarsblock (Spilltid)	5	5	25	2	10	3	15
T=Σt			95		67		69
T/Tmax			1,00		0,71		0,73
Rangordning			1		3		2

Figur 5.17 Utvärderingsmatrix för balanseringsförslag HPC Q

Den utvärderande kesselringmatrisen, figur 5.17, visade att de framtagna lösningarna möter kraven i helhet nästan lika bra. Eftersom respektive kriterier viktats ger de utslag olika mycket hur väl lösningen bidrar till att uppfylla kravspecifikationen.

- **Kapacitet** – Förslaget då powerkort finns färdiga anses lösa problemen angående kapacitetsförändringar något bättre än då all produktion sker i ett flöde. Anledningen är att ledtiderna kan kortas genom att taktiden minskas.
- **Flexibelt för volymförändringar** – Då produktion sker utan förtillverkning av powerkort är det enklare att förändra produktionsvolymen under pågående tillverkning. Lösningförslag nummer 2 lämpar sig bättre då produktionsvolymen (batchens storlek) är fastställd på grund av att kortad ledtid tillges.
- **Flexibelt antal montörer** – Båda förslagen lämpar sig mycket väl med varierat antal montörer. Balanseringen är jämt fördelad oberoende av antalet montörer. Förslag nummer 1 lämpar sig bäst då det krävs fler än tre montörer för att uppnå produktionskapaciteten.
- **PIA** – Då förslag nummer 2 förutsätter att det finns färdiga powerkort i lager binder detta kapital. Det gör att detta förslag värderas sämre än förslag nummer 1 som endast binder kapital i förhållande till hur många montörer som arbetar på monteringslinan.
- **Anpassad till tvåtimmarsblock** – Beroende på hur många montörer som används varierar lösningförslagen angående hur väl de är anpassade till tvåtimmarsblocken. Om lösningförslag nummer 1 används med få montörer är det mycket tid då som går till spillo då montörerna behöver vänta.

5.2.1 HPC HT

Företagets beräknade årliga försäljning av HPC HT var relativt låg i förhållande till vad som är möjligt för företaget att producera, därav togs endast ett balanseringsförslag fram för denna produkt. Som vi kunde se i figur 5.16, minskade taktiden för produktionen ju fler montörer som används. Dock ökade taktiden då monteringen gjordes parallellt i början istället för i ett flöde. Fördelen med att tillverka produkten i ett parallellt flöde är dock att ledtiden minskar.

6. DISKUSSION

Målet med detta examensarbete har varit att ta fram en monteringslina som både är flexibel nog att kunna hantera olika produkter (HPC Q och HPC HT) och hantera olika produktionstakter.

6.1 METOD

Utfallet av arbetet är beroende av vilka metoder och antaganden som gjorts under projektets gång. Nedan diskuteras de som anses ha störst inverkan på resultatet.

- Vid längre projekttid och mer resurser skulle det vara möjligt att säkerställa och bekräfta de tider som mäts upp. Detta skulle även ge förståelse för tidsmässiga variationer som kan grunda sig av olika personer arbetar i olika hastighet samt hur hastigheten förändras under arbetspasset. Genomsnittliga tider hade då kunnat tas fram och ge mer rättvisande data.
- Balanseringsförslagen är skapade efter kravspecifikationen som inte specificerar någon budget i kvantitativa värden utan är endast begränsad till siffror gällande resurser och kapacitet. En mer detaljerad studie angående verktyg och resurser skulle kunna ge ett annat resultat av vilka balanseringsförslag som kan anses lämpliga.
- Påverkan av fysiska och psykiska förhållanden har inte undersökts vilket skulle kunna förändra balanseringsförslagen. Intressenter som kan ha inverknings på denna fråga kan vara det fackförbund som representerar de anställda på företaget.
- Under projektets gång har inte någon diskussion angående olika förslag utformats, diskuterats med de montörer som idag monterar produkterna. Information har endast hämtats och inte återkopplats tillsammans med montörerna. Detta skulle kunna påverka hur balanseringens slutgiltiga lösning är utformad.

6.2 NULÄGESANALYS

Som tidigare nämnt i avsnitt 3.5 så användes en värdeflödesanalys för att först kartlägga hur produktionen gick till i dagsläget. Vid första anblicken kan detta steg i arbetet verka onödigt men har varit av större innebörd för uppstarten inför det resterande arbetet. Utan värdeflödesanalysen hade det varit svårt att förstå hur ytmonteringen går till eller se hur alla komponenter transporteras. Utöver detta så har värdeflödesanalysen och flaskhalsanalysen gett den första inblicken kring vilka flaskhalsar som existerar inom produktionen.

För att vidare analysera monteringen valdes AviX, ett videoanalysprogram. Fördelen med att använda videodokumentation som mätmetod för att analysera de olika monteringsmomenten, tas upp i avsnitt 3.2, och bygger på att alla mätningar finns sparade. Detta medför att det alltid finns en möjlighet att återgå till en mätning och för att återanalysera specifika moment. Dock så nämner AviX att varje moment helst skall dokumenteras flera gånger om, för att undvika att missvisande data genereras. Under detta projekt har möjligheterna till detta tyvärr varit svåra att följa. De flesta moment har bara filmats en gång men värdeflödesanalysen som gjorts innan har använts som kontroll för att undvika så mycket missvisande data som möjligt. Ytterligare bör det nämnas att i nästa steg av arbetet bör de moment som klassats som nödvändiga(icke värdeadderande men krävs för produktionen) av AviX visas, kortas ner om möjligt. När detta har utförts kan det vara fördelaktigt att mäta om dessa moment, då dessa inte längre stämmer överens med den givna datan, vilket kan försvåra balanseringsberäkningarna. Dessutom kan det ha tillkommit eller förvunnit resurser som används, detta måste självfallet dokumenteras.

6.3 RESULTAT

Utifrån AviX-analysen påbörjades balanseringsberäkningarna. Syftet med balanseringarna är att fördela alla olika monteringsmoment på ett så effektivt sätt som möjligt. Produktionen skall planeras in i tvåtimmarsblock och produktionen skall kunna fungera med olika antal montörer beroende på hur efterfrågan ser ut. Dessutom skall stationerna vara tillräckligt flexibla att de kan hantera flera olika produkttyper utöver HPC Q och HPC HT, vilket medför att inte några för produktspecifika lösningar bör tas fram.

Efter AviX-analysen syntes det tydligt att monteringsledtiden var kortare än den givna ledtiden. Genomloppstiden för HPC Q är i dagsläget cirka 6380 sekunder och den erfordrade taktiden var cirka 8100 sekunder. Detta innebär att en ensam montör skulle kunna klara av att utföra hela produktionen av HPC Q men det hade tagit tid och bundit upp mycket av stationens tid. Att binda själva produktionen av HPC Q till en montör behöver inte vara ett dåligt alternativ, men produktionen blir relativt oflexibel. Ökar orderkvantiteten så kommer det att uppstå svårigheter att kunna bemöta dessa. Problematiken med att endast använda sig av en montör är med andra ord inte tidsaspekten utan istället handlar det om kapacitet och hur resurserna används.

6.3.1 ANPASSAD PRODUKTION AV HPC Q TILL PLANERADE TVÅTIMMARSBLOCK

Som tidigare nämnt har Aros planerat att produktionen skall planeras med hjälp utav schemalagda tvåtimmarsblock, det används tre tvåtimmarsblock per dag. Därmed är det av ytterst stor vikt att dessa block kan användas på ett så effektivt sätt som möjligt. Detta uppnås igenom att anpassa taktiden, så att denne går ett lämpligt antal hela cykler på ett tvåtimmarsblock utan att ett onödigt stort tidsspill uppstår.

Med detta krav i åtanke ter sig några utav lösningsförslagen lämpliga.

- För balanseringsförslag 1(avsnitt 5.2.1.1) är det arbetsfördelning mellan 4 och 5 personer som har minst spilltid per planerat block.
- För balanseringsförslag 2 (avsnitt 5.2.1.2) är det taktiden för 2 respektive 5 montörer som är bäst anpassad till tvåtimmarsblocken.

Av dessa fyra lösningsförslag är tre av dem relativt lika, dessa använder sig av flertalet montörer och har således alla tre låga taktider. Lösningsförslag 2 med 2 montörer skiljer sig här igenom att endast bruka 2 montörer i gengäld är taktiden högre.

6.3.2 FLEXIBILITET

Flexibilitet är Aros största krav på den framtida linan. Den skall vara flexibel nog att kunna hantera flera olika produkter och varierande kvantiteter. I avsnitt 2.7 beskrivs flexibilitet som förmågan att anpassa sig efter nya förutsättningar. Detta innebär att linan inte får vara för specifikt anpassad för varken HPC Q eller HT och att linan skall kunna klara av en kapacitetsökning beroende på behovet.

En kapacitetsanpassning kan uppnås genom att växla mellan olika antal montörer inom ett och samma lösningsförslag. Skall flera olika produkttyper gå i produktion under samma vecka gäller det med andra ord att varje produkttyp måste gå igenom linan så fort som möjligt så att produktionen av nästa variant kan starta så fort som möjligt.

Eftersom det är tänkt att alla produkter som går igenom linan skall tillhöra samma produktfamilj, är det möjligt att använda sig av en liknande stationsstruktur på linan. Detta kan dock medföra att

balanseringen av diverse moment kan bli något felfördelade på framtida produkter om dessa skiljer sig allt för mycket från varandra. Detta går att åtgärdas genom att se till att fler stationer har tillgång till samma verktyg.

En diskussion kan dock höjas kring hur vida det är lönsamt att investera i extra verktyg till fler stationer, då det är osäkert om de ens kan användas. Av de produkter som har analyserats i dagsläget så finns det en viss monteringsföljd som måste följas och där med används endast vissa verktyg endast senare i linan av denna anledning. Till exempel så gör en programmerad skruvdragare föga skillnad vid monteringsmoment så som hålmontering eller lödning av motorkort. När fler produkttyper införs på linan kan dock flera verktyg möjliggöra att en parallell produktion skulle kunna uppnås. Följaktligen kan det bli en fördel att investera fler verktyg till stationerna när antalet produkttyper ökar, men tills vidare går det endast två olika sorter kan det ses som en investering för överkapacitet.

6.3.3 VAL AV BALANSERINGSTEORI

Val av balanseringsteori gjordes utifrån de data som samlades in under nulägesanalysen. Vi kunde då se att produkterna skiljde sig tillräckligt mycket åt för att förhindra ett mixed-model assembly line. Framförallt skiljer sig tidsåtgången för respektive produkt vilket gör att arbetsbelastningen skulle bli mycket ojämn vid montering. Tillsammans med vetskap av att produktionsvolymerna skulle komma att vara begränsade valdes det att produkterna skulle produceras batchvis, i ett så kallat multi-model assembly line. De omställningar som kan tänkas behövas göras vid produktion av annan produkt(HPC Q respektive HPC HT) begränsas då till endast vid produktbyte vilket gör att tid sparas. Batcherna kan även enkelt anpassas till de planerade tvåtimmarsblocken. Detta främjar även flexibiliteten efter De Tonis teorier, då det är enkelt att anpassa sig tidsmässigt både på kort och lång sikt. Det är även positivt med hänsyn resurser att produkterna kan monteras på samma arbetsstation och med samma verktyg.

Cykeltiderna för varje moment förväntas minska ju mer erfarenhet montörerna får (Boysen, et al., 2008). När cykeltiderna minskas förväntas de bli ojämnt fördelade vilket gör att produktionen kommer bli enligt teorin otaktad synkronlina, de det vid beräkning visar maximala ledtiden som kan ske. Balanseringen har därför fokuserats till att fördela arbetet jämt tidsmässigt och en bestämd takttid kommer inte finnas, de är bara riktlinjer för stunden. När alla produkter är klara på respektive station flyttas alla samtidigt.

6.3.4 SÄKERHETSMARGINAL

Ett krav angående att det skulle finnas en säkerhetsmarginal på 20 procent för beräknade takttider. Vid utformning av lösningsförslagen inräknades det inte i takttiden på grund av att de uppmätta cykeltiderna förväntas minska vid införande i monteringslina. Standardisering och ökande erfarenhet hos montörerna kommer innebära att en säkerhetsmarginal kompenseras av minskande cykeltider. De minskande cykeltiderna kan bekräftas av Boysens teorier som beskrivs i avsnitt 2.6.4. Vår analys är att processtiderna kommer minska i samma storlek som säkerhetsmarginalen innebär.

6.3.5 KESSELRING

Sumeringen av kessleringmatrisen visar på att lösningarna löser helheten ungefär lika bra. Skillnaden mellan lösningarna är mycket små och enbart välja lösning utifrån det resultatet är osäkert. Osäkerheten beror på att antalet kriterium är begränsat vilket gör att utslaget av viktningsskillnader blir mycket stora. Resultatet av kesselringmatrisen bör därför endast som tolkas som att förslagen löser problemet lika bra i förhållande till det ideala fallet. Val av lösningsförslag bör därför göras med hänsyn till de olika kriterier och vilka som prioriteras högst.

6.4 EFFEKTEN AV ETT INFÖRT KORTLAGER

Kortlageret som används i lösningsförslag 2 och beskrivs i avsnitt 5.2.1.2 har som uppgift att korta ner monteringsprocessen för HPC Q. Men vilka blir effekterna av att införa ett sådant lager? Utöver att kapital binds i lagret och att PIA ökar så försvåras även planerings arbetet. Som tidigare nämnt ytmonteras alla kort i batcher. Dessa är av storleken 50st per batch. Skall ett lager på 15st färdigmonterade powerkort finnas tillgängligt i början av varje vecka går det att göra på ett flertal olika sätt. Antingen monteras alla kort från ytmonteringen direkt och förvaras sedan i lager och tas ut vid behov. Detta binder dock onödigt mycket kapital och detta kräver att alla andra komponenter behövs levereras i större batcher. Det andra alternativet är att i slutet av varje vecka producera upp nästkommande veckas behov av kort. Denna lösning tar upp mer utrymme i form av lager men det byggs inte upp lika stora lager av powerkort, och om ett fel upptäcks i sluttestet så kasseras max 15kort istället för 50 om det har skett ett fel vid hålmonteringen. Därav anses 15 lagret med 15 kort vara mer fördelaktigt att använda.

6.5 VAL AV LÖSNINGSFÖRSLAG

Nedanstående kapitel diskuterar de olika lösningsförslagen för respektive produkt.

6.5.1 HPC Q

Som kesselringmatrisen visar så är det inget självklart val, vilket lösningsförslag som lämpar sig mest för produktionen hos Aros.

Lösningsförslag 1 kan anpassas för att fungera väl i ett tvåtimmarsblock med både ett högt antal montörer och ett lägre antal. Detta medför att den är mer flexibel i varianser på order storlekar. Utöver detta förs inget lager på hålmonteradekort, att montera powerkort precis innan de används är ett sätt att minimera spill. Beroende på antal montörer kan felet upptäckas inom ett fåtal cykler och felet kan rättas till. Har felet uppkommit hos powerkort är det endast de mellan sluttestet och de som ligger på linan som behövs checkas istället för att kontrollera ett helt lager som hade behövts för lösningsförslag 2.

Dock kan lösningsförslag 2 producera något fler produkter per pass ,se avsnitt 5.4.2, i genomsnitt produceras det en extra produkt per pass. Men i gengäld måste produktionen av kort planeras in vid något annat tillfälle. Hade produktionen rört sig om större batcher hade tidsvinsten av att slippa ha våglöden som en flaskhals kunnat löna sig. Men i detta läge blir det mer jobb och ingen klar förbättring därför anses lösningsförslag 1 med 2 respektive 4 montörer vara den mest lämpliga metoden

6.5.2 HPC HT

Som tidigare nämnt så är uppskattade försäljningen per år av HPC HT relativt låg gentemot den teoretiska mängd som skulle kunna produceras. Därav ligger det mer i intresse att finna det lösningsförslag som kan anpassas bäst till den resterande produktionen. Med andra ord ter det sig bäst att fördela arbetsmomenten så att det går använda sig utav samma stationer som görs vid HPC Q. Med detta i åtanke lämpar det sig mest att fördela monteringen på 2 montörer. Denna monterings följd liknar den som har tagits fram för HPC Q och denne kan mycket väl möta veckobehovet inom loppet av två tvåtimmarsblock.

6.6 FOKUS VID FORTSATT ARBETE

Innan en monteringslinje kan börja byggas krävs det att ett antal områden vidare analyseras. Nedan beskrivs ett antal frågor som bör besvaras.

- Stationerna och monteringslinjen bör resursbalanseras för att minska investeringskostnaderna av nya maskiner och verktyg. Minimering av antalet verktyg per arbetsstation främjar även standardisering av arbetsmoment då antalet olika monteringsätt minskas och montörerna monterar på samma sätt. För att minimera antalet verktyg krävs det att företaget standardiserar och hänvisar vilka verktyg som skall användas till vilka monteringssteg. Idag används det verktyg som varje enskild anser lämpar sig bäst för stunden vilket kan bidra till kvalitetsskillnader.
- Framtagna förslag bör även diskuteras och utvärderas tillsammans med de montörer som idag är insatta i produktionen. Troligen har de flera åsikter angående hur förslagen är utformade och kan komma med förslag för förbättringar då de ser det från ett annat perspektiv. Balanseringsförslagen är anpassade för att möta de krav som specificerats och har inte tagit den fysiska och psykiska arbetsmiljön i åtanke vilket gör att förslagen kan behöva justeras.
- Innan den fysiska uppbyggnaden av stationen genomförs måste utformningen göras. Utformningen kräver kunskap om företagets budget angående projektet, möjlighet till nyanskaffning av inventarier och verktyg samt specificerad yta vart arbetsstationen skall byggas. Analys om vilken typ av layout som skall användas måste göras. Företaget bör även specificera monteringslinans totala kapacitet då det påverkar hur stor beläggning produktionen av HPC Q och HPC HT kommer utgöra.
- Företaget använder sig av Kanban-system i övriga delar av produktionen och skall även implementera detta för denna kommande arbetsstation. En analys över hur systemet skall fungera för denna monteringslina bör genomföras för att få förståelse i vilka kvantiteter komponenter används i inom specifik tidsram. Denna fråga innefattar även layout och utformning av arbetsstationerna.
- Företaget bör specificera och standardisera vilka verktyg som skall användas till vilka operationer. Detta leder troligen till minskat antal verktyg och därmed enklare för montören att välja rätt utifrån situationen. Standardisering av verktyg leder säkerställning av kvaliteten då variationen på antalet sätt något kan utföras minskar.

7. SLUTSATS

Vår slutsats är att produktionen enkelt kan standardiseras till en flexible arbetsstation med avseende på tidsaspekter och med små personalresurser för att möta efterfrågan. Att möta kraven angående planerad produktionsvolym kommer inte vara problem för någon av berörda produkter. Balansering av arbetsmomenten har utformats ur flera olika scenarion, förändrad produktionsvolym samt varierande tillgång på montörer.

Rekommendationer för företaget är uppdelat på vilket typ av balanseringsförslag som anses lämpligast samt vad framtida arbete bör fokusera mot.

- **Val av balanseringsförslag**
 - HPC Q
 - Balanseringsförslag 1, se avsnitt 5.2.1.1
 - Variera mellan två och fyra montörer, se avsnitt 5.2.1.1.1 samt 5.2.1.1.3
 - HPC HT
 - Balansera utefter HPC Q, se avsnitt 5.2.3
 - Två montörer möter väl prognostiserad försäljning, se avsnitt 5.2.3.1
- **Framtida arbete**
 - Resursbalansering bör göras för att minimera kostnaderna av verktyg
 - Standardisering av verktyg.
 - Utvärdera balanseringsförslagen tillsammans med montörer
 - Fysisk planering av monteringslina och produktionslayout
 - Ett Kanban-system för material bör framtas som i övriga delar av företaget

LITTERATURFÖRTECKNING

- Bartholdi, I. J. & Eisenstein, D., 1996. A productionline that balances itself. *Operations Research*, Volym 44, pp. 21-34.
- Baudin, M., 2002. *Lean Assembly: The Nuts and Bolts of Making Assembly Operations Flow*. New York: Productivity Press.
- Bellgran, M. & Säfsten, K., 2005. *Produktionsutveckling*. 1:a red. Lund: Studentlitteratur.
- Boysen, N., Flidner, M. & Scholl, A., 2008. Assembly line balancing: Which model to use when?. *Production Economics*, Issue 111, pp. 509-528.
- Chryssolouris, G., 2006. *Manufacturing Systems: Theory and Practice*. 2:a red. New York: Springer Science-i-Business Media, Inc.
- Chryssolouris, G. o.a., 2009. Evaluation of flexibility for the effective change management of manufacturing organizations. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, pp. 1-6.
- De Toni, A. & Tonchia, S., 2005. Definitions and linkages between operational and strategic flexibilities. *Omega*, Issue 33, pp. 525-540.
- Denscombe, M., 2010. *Good Research Guide: For small-scale social research projects*. 4:e red. Berkshire: Open University Press.
- Found, P., Griffiths, G., Haines, P. & Harrison, R., 2011. *Staying Lean*. 2:a red. New York: Productivity Press, Taylor & Francis Group.
- Imaoka, M., u.d. *Understand Supply Chain Maagement trough 100 words*. Citerad i Asprova Corporation (u.d.) Bottleneck (Constraint). [<http://www.lean-manufacturing-japan.com/scm-terminology/bottleneck-constraint.html>] (2014-05-29): u.n.
- Jeffery, D. & Liker, K., 2004. *Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York, Chicago, San Francisco, Athens, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, Singapore, Sydney, Toronto: McGraw-Hill Education.
- Johansson, H., J. P. & Pettersson, D., 2004. *Produktutveckling - Effektiva metoder för konstruktion och design*. 1:a red. Stockholm: Liber AB.
- Monden, Y., 2012. *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*. Fourth Edition red. BOCA Raton: CRC press.
- Nakano, M., Roser, C. & Tanaka, M., 2001. *A PRACTICAL BOTTLENECK DETECTION METHOD*. Nagakute, Aichi, Toyota Central Research and Development Laboratories.
- Rother, M. & Shook, S., 2005. *Lära sig se. Att kartlägga och förbättra värdeflöden för att skapa mervärden och eliminera slöseri*. 1.3 red. Stockholm: Stiftelsen Plan Utbildning.
- Solme AB, u.d. *AviX4 User Manual*. 1.5 red. Göteborg: Solme AB.

BILAGA 1 – TIDS DATA HPC Q

Tider Montering HPC Q		Totaltid: 6380,7 Värdeadderande: 530 8,31% Nödvändigt: 4073,9 63,85% Väntan: 80,8 1,27%			
Moment	Total tid (sek)	Antal (st)	Nödvändigt (sek)	Värdeadderande (sek)	Värdeadderande (sek)/(st) Värdeadderande /Total tid
Hålmontering	656,7		475,4	181,3	27,6%
Tejpa glapp mot lödkant, allt inte med!	44,9		44,9		0,0%
Mäta inför transistorpatch	22,0		22		0,0%
Klippa och bocka resistor	113,2		8,7	104,5	92,3%
Montering av T2 transistor	22,4	1	20,2	2,2	9,8%
Montera Säkringshållare	23,4	4	21,2	2,2	9,4%
Montering av T2 transistor	38,5	1	36,3	2,2	5,7%
Montera Säkringshållare	15,8	4	6,9	8,9	56,3%
Montera Säkringar	37,4	2	28,5	8,9	23,8%
Montera Resistor	149,5	12	136,1	13,4	9,0%
Montera Kondencator	18,1	2	13,6	4,5	24,9%
Montera Kondencator VDC	16,5	2	12	4,5	27,3%
Montera Kontakter MiniFit	35,6	4	28,1	7,5	21,1%
Montera Kontakter MiniFit Cvilux	28,3	4	22,9	5,4	19,1%
Montera Kondencatorer	91,1	8	74	17,1	18,8%
Bottenplatta	992,0		992	0	0,0%
Applicera Kylpasta + Placera Modul	105,0		105		
Placera Distanser	42,0		42		
Montera med skruvdragare	104,0		104		
Applicera Kylpasta	26,0		26		
Placera Modul	13,0		13		
Applicera Kylpasta	63,0		63		
Placera Modul	9,0		9		
Applicera Kylpasta	26,0		26		
Placera Modul	13,0		13		
Montera Skruvar + Bricka	13,0	4	13		
Montera Skruvar + Bricka	22,0	4	22		
Förbereda Skruvar	47,0		47		
Dra skruvar 1	77,0		77		
Dra skruvar 2	103,0		103		
Montera Termistorer	22,0	2	22		
Dra med programmerad skruvdragare	237,0		237		
Diverse	70,0		70		0,0%
Bottenplatta + Powerkort	1658,4		1386,4	212	12,8%
Förbereder Powerkort	218,9	2	148,2	70,7	32,3%
BusBar placeras	10,5	2	10,5	0	0,0%
Placerar 1:a Powerkortet	23,6	1	21,4	2,2	9,3%
Placerar 2:a Powerkortet	49,2	1	47	2,2	4,5%
Skruva fast Powerkort	459,4	10	347,1	52,3	11,4%
Skruva fast BusBar	115,0	4	112,8	2,2	1,9%
Löd Termistorerna + Powermodul	781,8	10	699,4	82,4	10,5%
Kåpa	849,9		752,4	76,7	9,0%
Förbereder Logikkort	16,9	1	11,4	5,5	32,5%
Montera Ljusledare	213,6	12	186,9	26,7	12,5%
Montera Fläkt	204,4	5	195,5	8,9	4,4%
Montera Bandkablar mellan Logikkort	98,1	2	87	11,1	11,3%
Placera Logikkort i Kåpa	17,3	1	17,3	0	0,0%
Förbereder Skruvar	39,5	10	39,5	0	0,0%
Skruva fast Logikkort	260,1	10	214,8	24,5	9,4%
Slutmontering	527,7		467,7	60	11,4%
Sätt i Bandkablar	105,3	4	96,4	8,9	8,5%
Skruva fast Skärmkontakter	115,1	4	106,2	8,9	7,7%
Fixera + Skruva fast Kåpa + Bottenplatta	307,3	15	265,1	42,2	13,7%
ICT	310	En del går i portalrobot, logik går i ICT.			
Våglöd	700				
Programmering	86	Utan hantering			
Sluttest	600				
Total Automation	1696				

BILAGA 2 – TIDSDATA HPC HT

Tider Montering HPC HT	Totaltid:		4222,4			
	Värdeadderande:		390,3	9,24%		
	Nödvändigt:		2024,8	47,95%		
	Väntan:		0	0,00%		
	Total tid	Antal	Nödvändigt	Värdeadderande	Värdeadderande	Värdeadderande
Moment	(sek)	(st)	(sek)	(sek)	(sek)/(st)	/Total tid
Hållmontering	207,5		161,2	46,3		22,31%
Placera Tejp	49		49		#DIVISION/0!	0,00%
Montera transistor	7,1		4,9	2,2	#DIVISION/0!	30,99%
Montera pressmuttrar	16,6		12,2	4,4	#DIVISION/0!	26,51%
Montera kondensator mini	7,7		5,8	1,9	#DIVISION/0!	24,68%
Montera kond polyprpen	25,4		14,3	11,1	#DIVISION/0!	43,70%
Montera Strömmätarmodul	21,7		15	6,7	#DIVISION/0!	30,88%
Montera Kond elyt	80		60	20	#DIVISION/0!	25,00%
Bottenplatta	964,8		830,1	87,4		9,06%
Montering av distanser	222	11	176,7	6,7	0,61	3,02%
Montering av gavlar	59,7		59,7		#DIVISION/0!	0,00%
Montera gavlar på Bottenplatta	200,3		164,1	36,2	#DIVISION/0!	18,07%
Montering av Termistor	58,8		56,6	2,2	#DIVISION/0!	3,74%
Applisering av kylpasta	224,2		210,8	13,4	#DIVISION/0!	5,98%
Fastskruvning av modulerna	199,8	12	162,2	28,9	2,41	14,46%
Bottenplatta + Powerkort	747,9		580,4	167,5		22,40%
Förbered Powerkort	84,4		25,2	59,2	#DIVISION/0!	
Montering av powerkort	233,9		211,6	22,3	#DIVISION/0!	
Placering av kablar	47,7		41,9	5,8	#DIVISION/0!	
Fastskruvning av kablar	39,8		33,1	6,7	#DIVISION/0!	
Montera BussBar	43,3		38,8	4,5	#DIVISION/0!	
Montera ihop kable med modul	100		93,3	6,7	#DIVISION/0!	
Väntan	0					
Montering Termistor	105,8		87,8	18		
Lödning av moduler	93		48,7	44,3		
Kåpa	435,2		399,6	35,6		8,18%
Montering av kabelskydd + fläkt	148,2	1	146	2,2	2,2	1,48%
Lödning av Fläkt + Logikkort	154,2	1	131,9	22,3	22,3	14,46%
Fastdragning av Fläkt + Logikkort	31,9	6	31,9		0	0,00%
Hantera Bandkabel	18,7	1	18,7		0	0,00%
Montera Skärmanslutningar	82,2	4	71,1	11,1	2,775	13,50%
Slutmontering	107		53,5	53,5		50,00%
	107		53,5	53,5		50,00%
ICT	334 =		160	174		
Våglöd	700					
Programmering	325					
Sluttest	401					
Total Automation	1760					