

# CHALMERS



## Produktionseffektivitet i Volvo Car Corporations monteringsfabrik i Torslanda

## Operational Efficiency at the Volvo Car Corporation Torslanda Assembly Plant

Kandidatarbete i Industriell ekonomi

RICHARD DUMONT

FRANK ERIKSSON BARMAN

ANDREAS HÅKANSSON

ANDERS JUTBACK

LARS LIND

GUSTAF SAVIN

Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation

*Avdelningen för Operations Management*

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2012

Kandidatarbete TEKX04-12-02



# Förord

Detta kandidatarbete utfördes under ledning av universitetslektor Jan Lindér vid avdelningen för Operations Management, inom Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation på Chalmers tekniska högskola. Arbetet genomfördes i samarbete med Volvo Car Corporations monteringsfabrik i Torslanda under våren 2012 och utmynnade i denna rapport.

Inledningsvis vill vi rikta ett stort tack till vår tillmötesgående handledare Jan Lindér, som under arbetets gång har bistått med ovärderlig erfarenhet samt råd och vägledning under den omfattande undersökningsprocess detta kandidatarbete innefattat. Vidare har vår primära uppdragsgivare, tillika produktionschef för monteringsfabriken, Magnus Prim, under kandidatarbetet gett oss möjligheten till värdefulla diskussioner tack vare sina kunskaper om, och långa erfarenhet av, monteringsfabriken. Magnus Prim har gjort kandidatarbetet möjligt genom att förse oss med nödvändiga resurser i form av intervjuobjekt, data samt obegränsad tillgång till anläggningen. Slutligen är vi innerligt tacksamma för den hjälp vi fått från all berörd personal i monteringsfabriken, från montörer till fabrikschef, men även från personalen på styrbryggan och stödfunktioner såsom produktionsteknik och layout- och flödesförbättring.

Chalmers tekniska högskola

Göteborg, Sverige

2012-05-08

Richard Dumont

Frank Eriksson Barman

Andreas Håkansson

Anders Jutback

Lars Lind

Gustaf Savin



# Ordlista

**5-varför-analys** – Utredningsmetodik som syftar till att hitta rotorsaken till ett problem.

**AML** – Regelsystem som ser till att arbetskrävande varianter fördelas jämnt längs monteringslinan för att förhindra stopp på grund av nerjobb.

**Balans** – Arbetsstation med en viss uppsättning arbetsuppgifter.

**Balansering** – Uppdelning av arbetsmoment på monteringslinans alla balanser.

**Brus** – Driftstopp som varar upp till 30 sekunder.

**Briststopp** – Driftstopp som inträffar när inflödet av monteringsobjekt till ett banavsnitt stryps, vilket sker när avsnittet innan har stått still under en längre tid.

**Cykeltid** – Tiden mellan att färdiga bilar lämnar produktionssystemet.

**Driftstopp** – Stopp av monteringslinan under produktionstid.

**Följdstopp** – Driftstopp som inträffar då ett banavsnitt inte kan leverera monteringsobjekt till nästa avsnitt. Uppstår då framförvarande avsnitt stått still under en längre tid.

**Haveri** – Volvos interna benämning för driftstopp längre än tio minuter.

**Kaizen** – Är en av grundstenarna i lean production och innebär ständiga förbättringar.

**Lean production** – Produktionsfilosofi med utgångspunkt i reduktion av muda.

**Muda** – Icke värdeskapande aktiviteter.

**Nerjobb** – När montören inte hinner utföra sina arbetsmoment innan bilen når slutet av balansen. Resulterar oftast i att monteringslinan automatiskt stannar.

**Poka-yoke** – Kvalitetssäkrande utrustning som skall förhindra operatörsberoende fel genom att informera operatören när fel uppstår, alternativt eliminera möjligheten att göra fel.

**Produktionsbortfall** – Alla bilar som inte hinns med att byggas under den tidsperioden de var planerade att byggas.

**QUEST** – Automatiskt inrapporteringsystem av driftstopp.

**Röddragning** – En felaktig skruvdragning som resulterar i att en röd varningslampa tänds. Röddragningar är en form av poka-yoke och stannar linan om de inte korrigeras.

**SBS-stopp** – Sekvensbalanseringsstopp.

**Sekvensering** – Planläggning av bilarnas byggordning som bestäms utifrån AML-reglerna.

**TPS** – Toyota Production System.

**Variantmix** – Den uppsättning varianter som produceras.

**VCC** – Volvo Car Corporation.

**VCT** – Volvo Cars Torslanda.

**VCMS** – Volvo Cars Manufacturing System.



# Sammanfattning

Denna studie har utförts i Volvo Car Corporations monteringsfabrik i Torslanda under våren 2012. Modern fordonsindustri ställer höga krav på att arbeta målinriktat för att ständigt stärka konkurrenskraften. Ett led i detta har varit anammandet av effektiva produktionsfilosofier såsom lean production. Volvo Car Corporations produktionssystem är starkt präglad av lean production, vilket karaktäriseras av ständig stävan efter att eliminera icke värdeskapande aktiviteter. Monteringsfabriken har länge lidit av ett produktionsbortfall på cirka fyra procent av produktionsmålsättningen, något som fabriksledningen försökt åtgärda utan större framgång. Studien syftar således till att identifiera kritiska problemområden, analysera komplexitet i systemet och presentera potentiella förbättringsområden och rekommendationer till fabriksledningen.

För att skapa förståelse för monteringsfabrikens produktionssystem och problembild, presenterar rapporten en kartläggning av systemet och dess processer. Med utgångspunkt i systemkartläggningen samlades både kvalitativ och kvantitativ empiri in med hjälp av intervjuer och extrahering av data. Utifrån empirin och relevant teori utarbetades hypoteser och modeller med avsikt att förklara problembilden och samband mellan orsak och verkan i fabriken. Vidare användes kvantitativa verktyg såsom statistiska tester för att verifiera alternativt förkasta de kvantitativa hypoteserna. Undersökningen visade att orsaken till föreliggande produktionsbortfall var oönskade och oplanerade stopp av monteringslinan, så kallade driftstopp, vilket föranledde vidare analys av potentiella orsaker. Studien behandlar följaktligen tre huvudområden: driftstörningar, produktionsteknik och organisation.

Analysen av driftstopp innefattade en omfattande undersökning av produktionsdagar med bättre respektive sämre produktionsresultat jämfördes och utvärderades med statistiska tester. Utfallet indikerade att driftstopp över sex minuter är starkt drivande för produktionsbortfallet. Resultatet kan förklaras av produktionssystemets tekniska karaktär och dess förmåga att dämpa och kompensera för driftstörningar av varierande tidslängd.

I fabriken föreligger det flera produktionstekniska mekanismer såsom buffertar och möjlighet till övertakt, vilka får stor betydelse för produktionsresultatet eftersom utnyttjandegraden i monteringsfabriken är hög. Undersökningen påvisar att fabriken buffertar är underdimensionerade i förhållande till föreliggande driftstopp. Vidare visar analysen att systemets omfattande komplexitet är en källa till driftstopp, delvis på grund av bred variantmix.

Därtill har en analys av företagets organisation genomförts, varpå problemområden såsom efterlevnad av samt utveckling av standardiserade arbetsprocesser lyfts fram som kritiska förbättringsområden. Undersökningen påvisar att det finns brister i både montörernas och ledarnas kompetens. Ledarskapets bör i huvudsak stödja och motivera montörerna att själva driva förbättringsarbetet. Därmed kan grunden läggas till en ny organisationskultur.

Avslutningsvis presenterar studien, med hänsyn tagen till genomförbarhet, ett flertal rekommendationer vilka på kort sikt ämnar förbättra fabriken prestation avseende produktionsbortfallet och samtidigt skapa förutsättningar för långsiktig operationell excellens.

*Nyckelord: produktionsbortfall, förbättringsarbete, lean production, buffert, komplexitet, Volvo Cars Torslanda, produktionssystem, driftstörningar, organisationskultur, monteringsfabrik*





# Abstract

This study has been conducted at the Volvo Car Corporation Torslanda assembly plant during the spring of 2012. The level of competition in the modern automobile industry truly forces its participants to continuously improve its processes in able to maintain its competitiveness on the market. One step in this process has been the adoption of contemporary production philosophies such as lean manufacturing, which is characterized by a relentless pursuit to eliminate non-value added activities. Volvo Car Manufacturing System is in turn heavily influenced by lean manufacturing. The assembly plant has long been suffering from a discrepancy regarding its production target and output. The magnitude of these losses is approximately four per cent of the target. This issue has not yet been successfully resolved by the factory management despite their efforts. The aim of this thesis is thus the identification of critical issues, analyse the complexity on a general level and finally deliver improvement proposals and recommendations to the management team.

This thesis commences with a holistic mapping of the system and its processes to enhance the comprehension of the underlying production system and the current situation. Both qualitative and quantitative empirical research based on this mapping was gathered by interviews and collection of data. Hypotheses were then formed based on the empirical research and suitable academic literature in order to explain the connections between causes and effects in regard to the overall problem situation. Quantitative tools such as statistical tests were used in order to be able to accept or reject the hypotheses. This report states that the main cause of the production losses were due to unwanted stoppages of the assembly line. Consequently, this study considers three main analytical areas: stoppages, technical aspects of the production system and organizational aspects.

The analysis regarding stoppages included extensive studies and statistical tests of two categories of production days; good and bad days. The outcome indicated that stoppages lasting at least six minutes strongly actuate the production losses. This result can be explained by numerous technical characteristics as well as the systemic ability to absorb stoppages of various lengths.

Both buffers and the ability to increase the rate of production, or takt time, are of great importance since the utilization rate at the assembly plant is considerably high. The buffer levels seem to be inadequately dimensioned being too small in regard to the current level of drift disturbances. Moreover, the vast complexity of the system is a source of stoppages in itself, in part due to the variety of models produced in the assembly plant.

Organizational aspects have been analysed and the main conclusions regards the lack of commitment to the standardized processes and lack of competence due to insufficient education. Further, the main task of leadership should be to support and motivate workers to drive the continuous improvement efforts and thereby develop a new organizational culture.

Finally, the report presents improvement proposals, chosen with respect to feasibility and estimated impact, which aim to reduce the production losses in the short run and lay the foundation for long-term operational excellence.

*Key words: production losses, continuous improvements, lean manufacturing, buffer, complexity, Volvo Cars Torslanda, stoppage, organizational culture, assembly plant*



## Läsanvisning

Rapporten är indelad i tolv kapitel vilka tillsammans behandlar problemsituationen på Volvo Cars Torslandas monteringsfabrik. Kapitel 1 inleder rapporten med att presentera Volvo Car Corporation samt ger en övergripande introduktion till problemsituationen vilken sätts i en vetenskaplig kontext. Vidare behandlar kapitlet syftet med rapporten samt dess avgränsningar. Rapporten fortskrider med kapitel 2, där problemsituationen utreds mer grundligt samt utmynnar i en konkret frågeställning som undersökningen ämnar besvara. Därefter återfinns rapportens metodavsnitt där tillvägagångssätt, val av datainsamlingstekniker, planering samt rapportens trovärdighet diskuteras. Metodbeskrivningen i kapitel 3 följs av en beskrivning av monteringsfabrikens produktionssystem i kapitel 4.

Rapportens analys inleds i kapitel 5 med en utredning av begreppet driftstopp på monteringslinan samt dess implikationer för fabriken produktionsmål. Kapitel 6 och 7 ämnar förklara orsakerna till den föreliggande problembilden genom att utreda det produktionstekniska systemet respektive organisatoriska aspekter. I kapitel 8 redovisas en analys av hållbarhetsarbetet inom Volvo Car Corporation. Rapportens huvuddel avslutas med en slutsats av den genomförda undersökningen i kapitel 9 samt presentation av rekommendationer i kapitel 10. Därefter följer kapitel 11, vilket behandlar vidare studieområden och frågor som kan vara värda att undersöka vidare. Rapportens samtliga källor redogörs för i kapitel 12 som återföljs av appendix, där mer ingående data och beräkningsgångar återfinns.

# Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte.....	3
1.3 Avgränsningar.....	3
2. Problemformulering.....	4
2.1 Frågeställning.....	5
3. Metod.....	6
3.1 Planering och genomförande.....	6
3.2 Metodansats och övergripande tillvägagångssätt.....	7
3.3 Datainsamling och analys.....	8
3.3.1 Kvantitativ metodansats.....	8
3.3.2 Kvalitativ metodansats.....	9
3.4 Undersökningens kvalitet.....	9
4. Beskrivning av produktionssystemet på Volvo Cars Torslanda.....	11
4.1 Beskrivning av flödet i fabriken.....	11
4.2 Organisationsstruktur.....	12
4.3 Produktionssystemet.....	15
5. Analys av driftstopp på monteringslinan.....	16
5.1 Introduktion till driftstopp och dess konsekvenser.....	18
5.2 Jämförande studier av driftstopp.....	19
5.2.1 Introduktion till statistiska tester.....	20
5.2.2 Test av antal driftstopp och brus för jämförelsedagarna.....	21
5.2.3 Test av driftstoppens effekt på produktionsresultatet utifrån tidslängd.....	22
5.2.4 Test av antal driftstopp och brus för respektive skift.....	25
5.2.5 Utfall och sammanfattning av statistiska tester.....	26
5.3 Strategisk målsättning och kategorisering av driftstopp.....	27
6. Analys av det produktionstekniska systemet.....	30
6.1 Monteringsfabrikens layout och tekniska mekanismer.....	31
6.1.1 Systemlogik.....	31
6.1.2 Takt och kapacitetsutnyttjande.....	32
6.1.3 Buffertar och dämpningsmekanismer.....	34
6.1.4 Fortplantning av driftstopp i produktionen.....	38
6.1.5 Kvalitetshjälpande utrustning.....	42

6.2	Produktkomplexitet.....	43
6.2.1	Variantmixen och dess bidrag till systemets komplexitet .....	44
6.2.2	Metoder för att bemöta produktkomplexitet.....	45
7.	Analys av det organisatoriska systemet.....	48
7.1	Kompetens inom produktionen .....	48
7.1.1	Ledarnas kompetens .....	49
7.1.2	Montörers kompetens .....	50
7.2	Incitamentsstruktur .....	53
7.3	Förbättringsarbete .....	54
7.3.1	Operativt förbättringsarbete.....	55
7.3.2	Strategiskt förbättringsarbete.....	56
7.4	Objektivitet vid beslutsfattande.....	57
7.5	Organisatoriska skillnader mellan dag och kväll .....	58
8.	Analys av hållbar utveckling.....	60
9.	Slutsats .....	63
10.	Rekommendationer .....	65
11.	Vidare studier .....	66
12.	Källförteckning .....	67
12.1	Skriftliga källor .....	67
12.2	Muntliga källor .....	70
	Appendix A - Intervjufrågor.....	72
	Appendix B - Flödeskarta över monteringsfabriken.....	77
	Appendix C - Beräkningsunderlag .....	78

# Figurförteckning

Figur 1 – Undersökningsprocessens tillvägagångssätt .....	6
Figur 2 – Flödesschema över monteringsfabriken. Grönt avser Pre-Trim, rött Trim och blått Final ....	12
Figur 3 – Monteringsfabrikens organisationsschema .....	13
Figur 4 – Fritt tolkad illustration över en del av monteringslinan .....	14
Figur 5 – Målsättning jämfört med produktionsresultat för den studerade perioden .....	16
Figur 6 – Grafisk illustration av antal driftstopp över sex minuter för jämförelsedagarna.....	22
Figur 7 – Histogram med driftstopp för jämförelsedagarna .....	23
Figur 8 – Summa av driftstoppminuter per orsakskategori för driftstopp över sex minuter .....	29
Figur 9 – Medelbuffertar .....	35
Figur 10 – Andel följdstopp för utvalda banavsnitt.....	39
Figur 11 – Följdstopp för kringflöde 2, Pre-trim.....	40
Figur 12 – Följdstopp för huvudflöde .....	41
Figur 13 – Egen tolkning av hur VCC kan inkorporera hållbarhet .....	61

# Tabellförteckning

Tabell 1 – Produktionsbortfallets uppskattade kostnader.....	17
Tabell 2 – Produktionstid, driftstopp samt produktionsbortfall över den studerade perioden .....	18
Tabell 3 – Produktionsresultat och målsättning för utvalda jämförelsedagar.....	20
Tabell 4 – Statistiskt test av antal driftstopp.....	21
Tabell 5 – Statistiskt test av antal brus.....	22
Tabell 6 – Test av typer av driftstopp.....	24
Tabell 7 – Medeldriftstopplängder under den studerade perioden.....	24
Tabell 8 – Statistiskt test av antal driftstopp, jämför dag- och kvällsskift.....	25
Tabell 9 – Statistiskt test av antal brus, jämför dag- och kvällsskift.....	26
Tabell 10 – Statistiskt test av typer av driftstopp, jämför dag- och kvällsskift.....	26
Tabell 11 – Sammanfattning av statistiska tester .....	27
Tabell 12 – Medelvärde och måluppfyllning av driftstopp per produktverkstad .....	27
Tabell 13 – Följdstopp per produktverkstad .....	42





# 1. Inledning

---

*Kapitlet presenterar Volvo Car Corporation, verksamhetsutveckling inom fordonsindustrin och bakgrunden till rapportens uppkomst. Vidare redogörs för rapportens syfte och avgränsningar.*

---

Volvo Car Corporations (hädanefter VCC) monteringsfabrik i Torslanda (hädanefter VCT) har under en längre period haft problem med att uppnå de produktionsmål som företagens ledning satt för fabriken. Monteringsfabriken har en budget, som är bestämd av VCC:s ledning, för att producera ett visst antal bilar. VCT uppnår inte sin produktionsmålsättning på grund av produktionsbortfall, vilket är utgångspunkten för denna rapport. (Produktionschef, 2012)

VCC tillämpar lean production och andra metoder influerade av Toyota Production System (hädanefter TPS), vilket motiverar en introduktion av TPS och dess förutsättningar inom andra företag. Detta är särskilt viktigt då lean production anses vara en betydelsefull del av svaret på rapportens frågeställning. Toyota Motor Corporation (hädanefter Toyota) har länge varit en förebild när det kommer till att utveckla och tillämpa metoder för effektiva processer (Liker & Convis, 2012). Andra företag har med varierande resultat anammat dessa metoder för att själva nå operationell excellens. Framgången har för många av dessa företag visserligen varit påtaglig, men samtidigt begränsad och få företag har rönt samma goda resultat som Toyota. Vissa kritiker menar att Toyotas filosofi endast kan fungera under de förutsättningar som återfinns i Japan, som att TPS skulle vara någon form av levande organism som bara kan frodas på japansk mark. Liker och Convis (2012) menar dock att huvudanledningen till de begränsade framgångarna i väst är att de kulturella aspekterna av lean production inte tagits i beaktande vid implementationen av produktionsfilosofin, något som är avgörande för framgång.

## 1.1 Bakgrund

VCC grundades i Göteborg 1927 och var svenskägt fram till att amerikanska Ford Motor Company (hädanefter Ford) förvärvade verksamheten 1999. 2010 såldes VCC vidare till kinesiska Zhejiang Geely Holding Group. Huvudkontor, produktutveckling, marknadsföring och administration är liksom den största monteringsfabriken fortfarande belägna i Torslanda utanför Göteborg. Omsättningen har de senaste åren fluktuerat kring 100 000 MSEK och var 2010 113 100 MSEK. De två största produktionsanläggningarna återfinns i Torslanda samt belgiska Gent och produktionen uppgick 2010 sammantaget till 387 802 bilar. Totalt sett uppgick antalet anställda 2010 till 19 494 personer, varav 12 917 i Sverige. (Volvo Personvagnar AB, 2011)

Verksamhetens övergripande vision och positioneringsstrategi är att bli "världens mest framåtsträvande och efterfrågade lyxbilsvarumärke". De största marknaderna är i avtagande ordning: USA, Sverige, Storbritannien, Kina och Tyskland. I Torslandafabriken producerades för den undersökta perioden fem modeller: V60, V70, XC70, S80 och XC90. (Volvo Personvagnar AB, 2011)

VCC verkar inom en industri som präglas av hård konkurrens vilket ställer höga krav på att produktionen fungerar så effektivt som möjligt. Hayes och Wheelwright (1985) beskriver operations bidrag till företaget som helhet i en fyrstegsmodell. Ett företag vars operations befinner sig i det första steget, internt neutral, har en roll som i mycket låg utsträckning bidrar till konkurrensfördelar för företaget och det huvudsakliga målet är att undvika att begå misstag. Steg två, externt neutral,

innebär att operations försöker förbättra verksamheten genom att jämföra sig med konkurrerande företag och implementera best practice. VCC tycks idag befinna sig i steg två då steg tre, internt stödjande, innebär att företagets operations är bland de absolut bästa i industrin. För att VCC skall kunna använda operations för att skapa konkurrensfördelar är det viktigt att de operationella enheterna utvecklas samtidigt som hänsyn tas till företagets förutsättningar.

Porter (1996) hävdade i en tongivande text inom ämnesområdet strategi, att operationell effektivitet är nödvändig men knappast tillräcklig för att ensam medföra konkurrensfördelar. Porter förklarar vidare varför operationell effektivitet i sig knappast kan utgöra någon strategisk spets. Detta beror på den hastiga implementationen av standardiserade företagslösningar såsom best practice från olika typer av konsultfirmor. Liker och Convis (2011) ifrågasätter dock hur uthålliga de fördelar blir som verksamheter erhåller vid användandet av organisationskonsulter inom operationellt förbättringsarbete. Vidare lyfter de fram att konkurrensfördelar skapas utifrån hur, snarare än att, best practice integreras. Hur väl verksamheter integrerar och vidareutvecklar best practice kan, och kommer, skapa asymmetrier på marknaden avseende operationella prestationsmått såsom kostnadseffektivitet och leveransförmåga. Rumelt (2011) beskriver asymmetrier som en kritisk förutsättning för möjligheten att erhålla någon form av fördelar. Därmed bör operationell effektivitet definitivt kunna medföra strategiska fördelar, genom att de verksamheter som bäst tillämpar best practice och vidareutvecklar dessa utifrån de verksamhets-specifika förutsättningarna särskiljer sig i konkurrensen. Liker och Convis (2011) menar vidare att uthållig framgång endast kan uppnås genom att utveckla och behålla kompetensen inom den egna organisationen. Vidare krävs att ett outtröttligt förbättringsarbete bedrivs samtidigt som förbättringarna befästs genom ett starkt ledarskap, för att på sikt kunna bygga en kultur av operationell excellens.

Det finns två viktiga förutsättningar som kan anses särskilt viktiga för framväxten av monteringsfabrikens föreliggande problemsituation vilka i hög grad även skapar förutsättningar för potentiella förbättringsåtgärder. Dessa kan beskrivas utifrån två vanliga perspektiv på verksamhetsstrategi där det första perspektivet, resursperspektivet, innebär att företagets begränsade resurser måste beaktas vid utvärdering av förbättringsåtgärder. Det andra perspektivet, marknadsperspektivet, innebär att marknadens förväntningar influerar verksamhetsstrategin och utgör beslutsunderlag. (Slack et al., 2009) Från marknadsperspektivet har ökade krav på flexibilitet och antal varianter bidragit till en mer komplicerad tillverkningsprocess för VCC, vilket skulle kunna tvinga fram investeringar i modern produktionsteknik för att möta dessa behov. Ur ett resursperspektiv har dock en begränsad budget samt hårda krav på kostnadsbesparingar under Fords ägande samt åtstramningar under finanskrisen lett till eftersatt utveckling av tekniken i monteringsfabriken (Fabrikschef, 2012). Sammantaget mynnar detta ut i dagens situation där Torslandafabriken har ett produktionsmål på cirka 55 bilar i timmen, i en gammal fabrik som ursprungligen byggdes för att producera cirka 40 bilar i timmen (Produktionschef, 2012). Detta belyser också rapportens omfång som innefattar att förbättra Torslandafabrikens möjligheter att nå produktionsmålet givet dessa förutsättningar.

## 1.2 Syfte

Syftet med studien är att genom (i) en beskrivning samt kartläggning av Volvo Cars Torslandas monteringsfabrik (ii) identifiera kritiska problemområden med utgångspunkt i Volvos möjlighet att nå sina produktionsmål. För de identifierade problemområdena skall samband mellan orsak och verkan redogöras med syfte att (iii) analysera komplexiteten i systemet. Därtill skall (iv) monteringsfabriken analyseras utifrån ett hållbarhetsperspektiv. Slutligen skall (v) förbättringsområden presenteras med utgångspunkt i analyserade problemområden, samt rekommendationer ges.

## 1.3 Avgränsningar

I studien behandlas endast företeelser innanför fabriken vägg. Detta innebär att externa påverkansfaktorer på produktionssystemet inte beaktas, eller annorlunda uttryckt, anses vara konstanta under den undersökta perioden. Systemet har utifrån denna avgränsning därför sin början vid inflödet av produktionsmaterial och har sitt slut där den färdiga bilen lämnar fabriken.

Kvaliteten i produktionen beaktas enbart i vilken grad den påverkas av monteringsarbetet men ges ingen egen, mer djupgående analys. Med andra ord betraktas kvalitet i denna rapport rent kvantitativt som andel felfria bilar. Kopplingar mellan till exempel kvalitet och kundtillfredsställelse eller kvalitet och lönsamhet ges inget utrymme.

De olika modeller, med tillhörande varianter, som produceras i fabriken ses som givna. Detta innebär att analysen inte kommer att behandla förändringar av antalet varianter eller modeller, utan snarare inriktas mot hur monteringsfabriken på ett så effektivt sätt som möjligt kan producera de bilar som marknaden efterfrågar.

Arbetstider för personalen anses vara oföränderliga. Detta involverar antal skift och längden på skiften. Inte heller användningen av bemanningsföretag och dess eventuella påverkan på produktionen har tagits i beaktning. Även om sociotekniska aspekter undersöks i varierande grad kommer specifika personalfrågor såsom löneavtal och fackliga krav inte utredas.

## 2. Problemformulering

*I detta kapitel redogörs vilka problem och frågeställningar som kommer att behandlas i rapporten.*

---

Huvuduppgiften för rapporten är att svara på varför VCC:s monteringsfabrik i Torslanda inte når sitt produktionsmål. Fabriken har under den studerade perioden, 1 december 2011 till 29 februari 2012, ett mål på 55 bilar per timme, men har under lång tid, av produktionsrelaterade skäl, haft ett bortfall på cirka två bilar per timme. Produktionsbortfall uppstår då monteringslinan av olika anledningar står still vilket motiverar en vidare undersökning av stoppsaker. Driftstopp definieras i rapporten som att monteringslinan står still under produktionstid, vilka kan vara från några sekunder till flera timmar långa. Det är viktigt att belysa hur mycket produktionsbortfallet varierar från dag till dag. Somliga dagar har ett bortfall på få eller rentav inga bilar samtidigt som andra dagar kan ha en betydande negativ avvikelse från produktionsmålet. Vidare är det en tydlig skillnad mellan produktionsbortfallen under dag- respektive kvällsskiftet, där kvällen genomgående har bättre produktionsresultat.

För att kunna utreda varför monteringsfabriken i Torslanda inte når produktionsmålen måste flera faktorer studeras och dess samvariation utredas. Ett antal områden har utretts för att förstå problemets grundorsak. För att underlätta identifieringen av kritiska områden krävs en solid systembeskrivning som underlag. Problemet har delats upp i tre kritiska huvudområden för att tydliggöra analysen: driftstörningar, produktionsteknik och organisation.

Analys av driftstörningar kräver en tydlig definition av störningarnas karaktär för att möjliggöra vidare studier. Driftstörningarnas inverkan på produktionsbortfallet kan härledas ur det produktionstekniska systemets förmåga, respektive oförmåga, att kompensera för driftstörningar av olika tidslängd. Detta föranleder en vidare analys av dämpande mekanismer såsom buffertar och övertakt som föreligger i monteringsfabriken. Vilket kan möjliggöras genom att kvantitativt jämföra produktionsdagar med bättre respektive sämre produktionsresultat.

Det finns flera produktionstekniska aspekter som kan påverka produktionsbortfallet i monteringen. Produktionstakt och dess effekt på hela produktionssystemets prestation bör analyseras närmre. Därtill skall fabriken uppbyggnad utredas med avseende på buffertar, kvalitetshjälpande utrustning och samverkan mellan produktionsavsnitt. Vidare måste det utredas vilka problem som uppstår när monteringsfabriken skall klara av att producera en bred variation av produkter på en och samma monteringslina, samt i vilken mån dessa problem påverkar produktionsresultatet.

Organisatoriska faktorer mynnar ut i ett antal frågeställningar som ligger till grund för organisationsanalysen. Organisationens kompetens måste utredas för att förstå vilka faktorer som är mest kritiska för att undvika driftstopp och förbättra verksamhetens prestation. Det finns dessutom anledning att undersöka vilka incitamentsstrukturer VCT använder för att behålla viktig kompetens inom monteringsfabrikens väggar. Dessutom bör det utredas hur monteringsfabriken arbetar med förbättringsarbete och hur det kan utvecklas för att generera bättre produktionsresultat på sikt.

För vidare förståelse samt underlag för identifiering av problemområden, jämförs dag- och kvällsskiftet med syfte att utreda vilka skiftrelaterade faktorer som har inverkan på produktionsresultatet.

## 2.1 Frågeställning

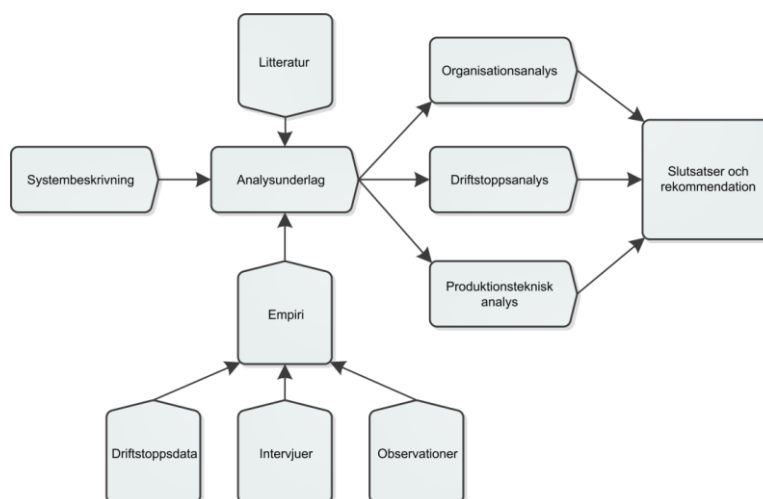
Rapporten kommer att besvara följande frågeställningar:

- Hur är produktionssystemet i VCC:s monteringsfabrik i Torslanda uppbyggt?
- Vilka kritiska problemområden finns och hur hindrar de fabriken att uppnå sitt produktionsmål?
- Hur ser komplexiteten ut i systemet utifrån de samband mellan orsak och verkan som återfinns i problemområdena?
- Hur ser monteringsfabrikens verksamhet ut sett ur ett hållbarhetsperspektiv?
- Vilka förbättringar kan genomföras inom analyserade problemområden?

### 3. Metod

I det här kapitlet presenteras det tillvägagångssätt samt den metodansats som använts för att genomföra projektet. En fokuspunkt i kapitlet är trovärdigheten hos de valda insamlingsmetoderna och extraherad data för det presenterade slutresultatet. Mer specifikt presenteras avsnitt såsom typ av studie, genomförande samt referensram, vilka alla ställs i relation till den behandlade frågeställningen.

Projektets inledande fas kan liknas vid en explorativ studie där VCT:s produktionssystem undersöktes med syfte att få en orientering över det studerade problemet och dess natur, vilket även utgör ett delsyfte i rapporten. Detta övergick under projektets gång till en så kallad förklarande studie i termer av föreliggande samband mellan orsak och verkan för produktionssystemets mekanismer. En förklarande studie nyttjades för att erhålla en djup förståelse för det studerade problemets omfattning och komplexitet. (Wallén, 1996) Se figur 1 nedan för en övergripande illustration av undersökningsprocessens tillvägagångssätt.



Figur 1 – Undersökningsprocessens tillvägagångssätt

#### 3.1 Planering och genomförande

Ledningen för monteringsfabriken kontaktades med syfte att diskutera möjligheterna till att genomföra ett kandidatarbete, något som mynnade ut i en diskussion kring fabriken produktionsbortfall som potentiellt studieobjekt. Under hela undersökningsprocessen, med syfte att erhålla förståelse för produktionssystemet, har kontinuerlig dialog i huvudsak förts med produktionschef Magnus Prim, men även med före detta teknikchef Sven Lundskog samt nuvarande teknikchef Lennart Gullstrand. Vidare har författarna haft möte veckovis med handledare Jan Lindér, universitetslektor på avdelningen för Operations Management på Chalmers tekniska högskola, som har bistått kandidatgruppen med råd och erfarenhet beträffande genomförandet av denna typ av studie. För att specificera vilken typ av information som studien krävde reflekterade rapportförfattarna i planeringsfasen över sin förförståelse av det behandlade ämnesområdet samt över VCT:s specifika produktionssystem. Rapportförfattarnas förförståelse påverkade i högsta grad vilka problemområden som valdes samt analyserades och således vilka slutsatser som drogs i rapporten. Vidare avgjorde resursbegränsningar, främst i form av den aktuella tidsramen, studieområdenas omfattning.

Då monteringsfabriken är vidsträckt och svåröverskådlig på grund av hög flödeskomplexitet, inleddes undersökningen med omfattande orientering i fabriken. Djup förståelse samt systemkännedom för fabriken komplexitet är essentiellt för genomförandet av denna typ av studie. Därav var ett flertal arbetsdagar, bestående av exempelvis observation av produktionsflödet och flödeskartor, nödvändiga för att erhålla grundläggande förståelse för produktionssystemet. Vidare har författarna spenderat cirka tre arbetsdagar per vecka under en två månader lång period i monteringsfabriken, till följd av systemets komplexa och extensiva karaktär, något som resulterade i totalt cirka 1 200 timmar. Systemets komplexa karaktär bekräftades av produktionschefen Magnus Prim, som med cirka 25 års erfarenhet, fortfarande anser sig sakna full systemförståelse. (Produktionschef, 2012)

Därefter påbörjades intervjuer av produktionsledare och annan initierad personal för att definiera problembildens omfattning och innehåll. Vidare extraherades information från fabriken rapporteringssystem av driftstopp kallat QUEST, som gav information om tidslängd, orsak samt geografisk placering i flödet. Utifrån driftstoppdata och intervjuer, utarbetades hypoteser och modeller med avsikt att förklara problembilden och orsak-verkan sambanden i fabriken. Allt eftersom att ny information tillkom, och vidare diskussion fördes med handledaren, reviderades modellerna och hypoteserna kontinuerligt. Samtidigt användes kvantitativa verktyg såsom statistiska tester för att verifiera alternativt förkasta de kvantitativa hypoteserna. Vidare har databearbetningen exempelvis innefattat en omfattande kategorisering av de cirka 1 000 driftstopp som varade minst sex minuter under det undersökta kvartalet. Avslutningsvis sovrades all insamlad empiri varpå analys utfördes utifrån relevant teori som därefter sammanställdes i denna rapport.

Källhänvisningen följer det så kallade Harvardsystemet, vilket kortfattat innebär att skriftliga referenser källhänvisas med källparanteser. I rapporten källhänvisas dock även intervjuer löpande med källparanteser snarare än med fotnoter, vilket är ett medvetet avsteg från Harvardsystemets praxis för att underlätta läsningen. Vidare källhänvisas intervjuer endast via intervjuobjektets funktion snarare än deras fullständiga namn, detta på grund av att en stor del av informationen kan anses vara känslig för berörda parter. Därtill refereras källor i den löpande texten före alternativt efter punkt beroende på huruvida källan endast avser föregående mening alternativt två eller fler meningar.

## **3.2 Metodansats och övergripande tillvägagångssätt**

Metodansatsen baserades inledningsvis inte på några föreliggande antaganden, hypoteser eller teorier avseende problemets natur. Således kan den valda metodansatsen betraktas som en induktiv sådan i och med den valda problemspecifikationen och avsaknad av teoretiska underlag. Dock på grund av, senare i projektet, använda teoretiska resonemang och ansatser, kan metodansatsen snarare betraktas som abduktiv. Detta då det föreligger ett starkt samspel samt kombination mellan insamlad empiri avseende VCT:s produktionssystem och, för det studerade ämnet, relevant teoretisk referensram. (Wallén, 1996)

Vidare uppträdde problem som kännetecknar en abduktiv metodansats som exempelvis avsaknad av entydiga samband i produktionen, vilket har bemötts genom kontinuerlig uteslutning av effekter och faktorer i takt med att utökad förståelse för systemet erhöles. Under projektets gång har empiri och teori kombinerats med syfte att dra slutsatser avseende orsak-verkan utifrån insamlad data, intervjuer samt observationer. Ett delsyfte med studien var att kartlägga orsak-verkan samband. Dock gav produktionssystemets höga grad av komplexitet upphov till olika multiplikatoreffekter och

synergier varvid detta delsyfte inte var tillräckligt för att beskriva systemets problematik, varav systemförklaringar gjorts i dessa fall. (Wallén, 1996)

VCT:s monteringsfabrik utgör ett komplext system med ett flertal objekt och faktorer som sinsemellan interagerar med varandra och således uppfylls definitionen av ett konstruerat system inom systemteorin. I projektets inledningsfas genomfördes något som kan beskrivas som en systemteoretisk analys vilken inbegrep beslut om systemets avgränsning samt uppbyggnad. Utfallet i denna systemteoretiska analys föranledde således undersökningens omfattning samt det valda studieobjektet. (Wallén, 1996) Utifrån problemformuleringen och uppdragsbeskrivningen från VCT avgränsades systemets omfattning till monteringsfabriken. De valda analysenheterna varierar från mer teknisk karaktär såsom buffertar, till mer organisatoriska som ledarnas kompetensutveckling.

### **3.3 Datainsamling och analys**

Insamling av data kan delas in i två huvudsakliga metoder, kvantitativa respektive kvalitativa. En kvalitativ metod behandlar företeelser som är svåra att operationalisera och förlitar sig på bland annat textmaterial och intervjuer. Metoden är fördelaktig att använda vid undersökning av exempelvis sociologiska förhållanden, något som är lämpligt i studien då de organisatoriska och sociotekniska aspekterna behandlades hos VCT. De kvantitativa metoderna avser undersöka en rad egenskaper hos studieobjektet som exempelvis frekvens, omfattning, samband och spridning. I analysen behandlades alla ovan nämnda egenskaper vid undersökningen av de studerade driftstoppen, något som ger en fördjupad bild av VCT:s problemsituation. En bra skiljelinje mellan metoderna är att kvantitativa avser undersöka bestämda egenskaper snarare än innebörden eller betydelsen, något som kan analyseras med hjälp av kvalitativa studier. (Eriksson Wiedersheim-Paul, 2008) Även om kvantitativa och kvalitativa analysmetoder har stora skillnader, så kompletterar de varandra då mer kvantitativa aspekter såsom driftstopp och mer kvalitativa aspekter som operativt förbättringsarbete båda fordras för att erhålla en komplett bild av problemsituationen.

Datainsamlingen bestod i hög grad av primärdata i form av intervjuer och observationer men även sekundärdata i form av extraherad data avseende driftstopp. Potentiella informationskällor vid datainsamling är produktionssystemet självt samt individer i systemet, vilka båda har använts vid insamlingen av data. Vidare finns det ett antal olika datainsamlingstekniker, exempelvis intervjuer och kopiering av registerdata (Medbo, 1998), vilka båda har använts frekvent i studien.

#### **3.3.1 Kvantitativ metodansats**

Det kvantitativa tillvägagångssättet har i huvudsak bestått av att samla in data avseende driftstopp samt analys med statistiska verktyg såsom hypotestest i Microsoft Excel. Insamlingen inleddes med att specificera vilka variabler som skulle undersökas samt under vilken period. Perioden valdes till kvartalet december 2011 till februari 2012. De aspekter som valdes att undersökas gällande driftstoppen under perioden var antal, tidslängd, orsak samt placering i flödet. Data extraherades ur monteringsfabrikens rapporteringssystem QUEST, som baseras på automatisk registrering av uppkomna fel längs monteringslinan och kompletteras med manuell inmatning av felorsak. Exempel på driftstoppsrapportering från QUEST återfinns i Appendix C. Vidare samlades information in avseende fabriken produktionsmålsättning respektive produktionsresultat för varje skift under perioden med syfte att kvantifiera produktionsbortfallet. Därtill har data om exempelvis buffertnivåer, personalomsättning samt ekonomiska aspekter samlats in.



Vid den kvantitativa analysen användes kopiering av registerdata, vilket är ett enkelt sätt att samla in stora mängder data. Dock är insamlad data inte anpassad för studiens syfte vilket kan äventyra validiteten och reliabiliteten. (Medbo, 1998) Egenintressen hos den berörda personalen vid driftstopp riskerar att medföra felaktig rapportering i form av orsaksuppkomst vilket kan ge missvisande data. Vidare har ett betydande problem avseende registerdata varit begrepp och termer som varit tudelade eller otydligt definierade. Ett ytterligare problem med användning av historisk registerdata är risken att insamlad data representerar ett förlegat system, exempelvis med avseende på varianter eller personal (Chung, 2003).

### **3.3.2 Kvalitativ metodansats**

Den kvalitativa studien innefattar intervjuer som en frekvent använd insamlingsmetod, vilken med fördel kan användas för att kartlägga mönster i intrikata system såsom VCT:s (Eriksson & Wiedersheim-Paul, 2008). Fabrikschef, produktionschefer, produktverkstadschefer och samtliga produktionsledare för dagskiftet har varit föremål för intervju. Urvalet utgör därmed hela undersökningspopulationen med avseende på produktionsledare för dagskiftet. Vidare har andra initierade personer som besitter stor erfarenhet och förståelse för problemet intervjuats, såsom teknikchef, flödes- och simuleringsansvarig samt controller. Dessa valdes strategiskt med syfte att verifiera samt vidareutveckla rapportförfattarnas hypoteser avseende problemområden i fabriken för att kunna utarbeta mer generella slutsatser. Totalt sett har 46 personer varit föremål för intervju under undersökningen, varav 19 stycken har utgjorts av produktionsledare.

För att undvika subjektiva svar från intervjuobjekten har intervjuaren undviktt ledande frågor samt använt så kallad standardisering. Detta innebär att samma intervjumall använts för all personal på samma position i organisationshierarkin, vilket ökar jämförbarheten intervjuobjekten emellan samt reliabiliteten i datainsamlingen (Medbo, 1998). Samtliga intervjumallar återfinns i Appendix A. Vidare har även triangulering använts, det vill säga olika personer, med olika bakgrunder, har intervjuats om problemet (Berglund, 2012). Inledningsvis har monteringsfabrikens användning av specifika definitioner och begrepp skapat förbistringar, men senare i undersökningsprocessen underlättades datainsamlingen samtidigt som risken för feltolkningar minskade. En fördel med att intervjua personer som har lång erfarenhet av produktionssystemet är att de kan besitta specifika kunskaper och djup förståelse för fabriken problemområden och komplexitet, något som inte är möjligt att uppmärksamma för en utomstående person. En ytterligare fördel med intervjuer är att det är en kostnadseffektiv och snabb datainsamlingsmetod. Emellertid kan intervjuer vara en subjektiv källa då informationen grundar sig i hur individen uppfattar och tolkar systemet. (Medbo, 1998)

Ytterligare en kvalitativ metod, som får anses utgöra arbetets teoretiska referensram, avser urval samt inläsning av litterär information för att kunna ansätta de företeelser och problem som har identifierats i monteringsfabriken i en vetenskaplig kontext. En stor del av den litteratur som behandlats har varit influerad av lean production varvid det således kan tyckas utgöra ett inslag av subjektivitet i analysen. Vidare har litteratur från rapportförfattarnas studiebakgrund utgjort en betydande del varpå detta kan begränsa omfånget av den teoretiska ansatsen och således de slutsatser som dras.

### **3.4 Undersökningens kvalitet**

En viktig aspekt i forskningsprocessen är att studien skall uppnå god kvalitet. För att avgöra studiens kvalitet och objektivitet kan den utvärderas utifrån reliabilitet, validitet samt generaliserbarhet.

(Berglund, 2012) Ett flertal faktorer har uppkommit under projektets gång, vilka kan påverka trovärdigheten i den presenterade analysen samt de dragna slutsatserna.

Reliabilitet definieras enligt Wallén (1996) som ett mått på mätningens pålitlighet, det vill säga förekomsten av slumpmässiga fel. Begreppet kan delas in ett antal dimensioner såsom kvalitet på den tekniska utrustningen, kvalitet på forskare samt objektivitet (Berglund, 2012). Den förstnämnda är relevant för studien dels på grund av kvaliteten hos inrapporteringsystemet QUEST och dels databehandlingsprogrammet Microsoft Excel. Den andra nämnda dimensionen är aktuell till följd av avsaknad av tidigare erfarenhet gällande undersökningar av denna typ och magnitud. Vidare saknas djupare erfarenhet från produktionssystem, likt VCT:s, något som kan påverka reliabiliteten i den analys som presenteras och de slutsatser som dras. Emellertid har god handledning erhållits från rapportens handledare som besitter erfarenhet av produktionssystem i synnerhet och forskningsprocesser i allmänhet. Den sistnämnda kategorin, objektivitet, kan påverkas av rapportförfattarnas relation till uppdragsgivaren, som dock har varit mycket öppen beträffande frågeställningen samt analysens problemområden. Sammanfattningsvis kan undersökningen anses vara relativt objektiv med tillfredsställande reliabilitet.

Enligt Eriksson och Wiedersheim-Paul (2008) definieras validitet som hur väl det som avses mätas mäts, vilket även kan tolkas som giltighet. Kontinuerligt under projektfasen har författarna reflekterat över undersökningens frågeställningar med syfte att begrunda huruvida rätt tillvägagångssätt samt insamlingsmetod använts. Till följd av frågeställningarnas omfattande karaktär kan dock vissa relevanta områden inte beaktats i tillräcklig hög utsträckning. Validiteten stärks i detta fall av att rapportförfattarna strävar efter så kallad kommunikativ validitet, vilket innefattar aktiviteter såsom beskrivning av urvalsprocess samt datainsamling (Berglund, 2012). Målet med detta förfarande är att läsaren skall kunna granska forskningsprocessen med syfte att utvärdera huruvida rapporten svarar mot frågeställningarna och syftet.

Generaliserbarhet innebär att resultaten i en studie skall kunna appliceras, samt representeras, i ett större sammanhang (Wallén, 1996). För den genomförda studien innebär detta att de slutsatser som dragits även skall kunna relateras till andra bilfabriker. Wallén (1996) skiljer på så kallad empirisk generaliserbarhet, där samband och villkor som analyseras begränsar räckvidden i resultaten, samt teoretisk generaliserbarhet, där antaganden och förutsättningar begränsar räckvidden.

Även om varje fabrik i vissa avseenden är unik kan dock somliga identifierade problemområden och dragna slutsatser troligtvis anses ha hög grad av generaliserbarhet inom övrig bilindustri. Generaliserbarheten minskar något då studien, i form av en lokal studie, endast beaktar en specifik fabrik tillhörande en mer omfattande industri. Den genomförda studien kan därför anses ha låg empirisk generaliserbarhet då fabriken specifika förhållanden medför specifika problemlösningar. Emellertid kan somliga större produktionstekniska samt organisatoriska problemområden möjligtvis kunna representera motsvarande problem på andra bilfabriker.

Däremot kan den teoretiska generaliserbarheten anses vara hög till följd av, i stor mån, avsaknad av antaganden och premisser som studien baserats på. Således kan motsvarande teoretiska samband användas i andra, liknande studier. En lokal studie ger likväl möjlighet till konkretisering av den problematisering som rapporten ämnar belysa, varvid en mer djupgående analys möjliggjordes. Ytterligare, kan etablerade sanningar och teoretiska resonemang prövas i ett specifikt och begränsat fall som VCT utgör.

## 4. Beskrivning av produktionssystemet på Volvo Cars Torslanda

*I detta kapitel introduceras monteringsfabrikens produktionssystem varvid fabriken beskrivs objektivt utifrån empiri. Produktionsrelaterade koncept tillhörande fabriken funktioner och processer specificeras samt definieras. Målet är att läsaren skall få övergripande förståelse för hur systemet fungerar genom att beskriva informations- och materialflöden, dels rent geografiskt längs fabriken monteringslina och dels rent organisatoriskt genom olika hierarkiska nivåer och avdelningar. I kapitlet beskrivs således monteringsflödet, takt, buffertar, organisationsstruktur och sekvensläggning.*

VCC har tillverkning på flera platser i världen varav en av de större produktionsanläggningarna ligger i Torslanda utanför Göteborg. Det produktionssystem VCC använder går under namnet Volvo Cars Manufacturing System (hädanefter VCMS), som dels baseras på Fords produktionssystem och dels på det tidigare praktiserade arbetssättet inom Volvos fabriker. VCMS är starkt influerat av lean production och syftar till att förstärka företagets konkurrenskraft. (Produktionschef, 2011)

VCT öppnades 1964 och består av tre fabriker: A-fabriken som innefattar pressning och svetsning av karosseridetaljer, B-fabriken där karosserna lackeras samt C-fabriken, det vill säga monteringsfabriken, där slutmonteringen sker. (Produktionschef, 2012) Slutmonteringen består av flera monteringslinor där produktionen, under den studerande perioden, innefattar följande bilmodeller och produktionsförhållande: V70/XC70 37 procent, V60 30 procent, XC90 25 procent och S80 8 procent (Chef styrningen, 2012). Vidare har respektive modell ett otal varianter som skiljer sig utifrån exempelvis takfönster och högerstyrning. Den totala produktionssammansättningen benämns hädanefter variantmix.

Rapporten behandlar monteringsfabriken och dess nuvarande problemområden varpå det nedan återfinns en orienterande beskrivning avseende monteringsfabrikens produktionsflöde, organisation samt produktionssystem.

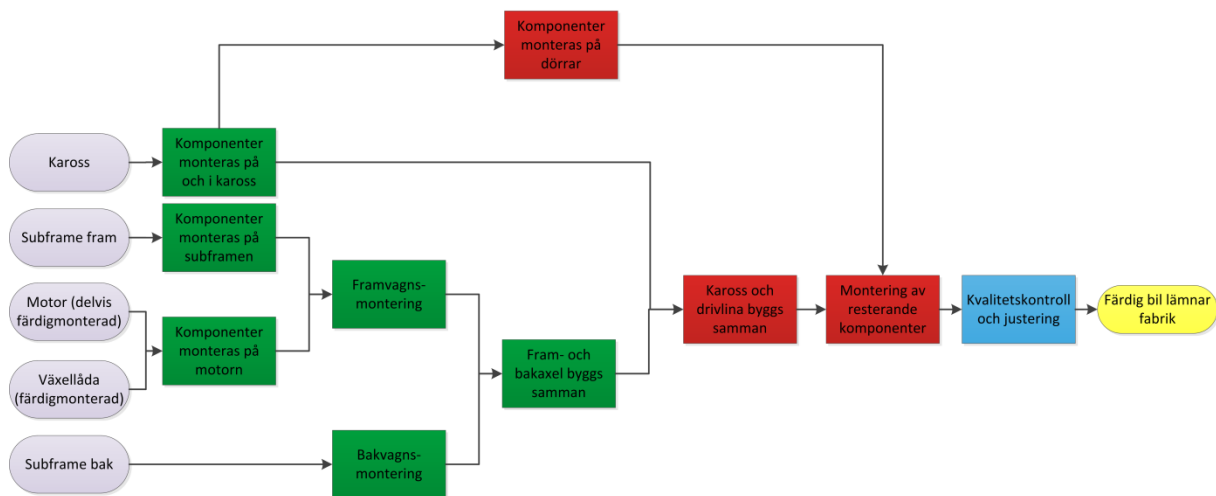
### 4.1 Beskrivning av flödet i fabriken

Monteringsfabriken på VCT är huvudsakligen uppbyggt av ett antal sammankopplade monteringslinor som löper genom hela fabriken, dock förekommer det balanser som är frikopplade från monteringslinorna vilka förser huvudflödet med färdigmonterade komponenter.

Monteringslinan är en mekanisk driven lina av så kallad mixed model där olika varianter produceras på en och samma lina samt består av en serie banavsnitt där montörer utför specifika arbetsuppgifter inom så kallade balanser (Wild, 1975). Mellan banavsnitten föreligger buffertar vars kärnfunktion är att frikoppla banavsnitt, dels med syfte att minska beroende och störningskänslighet i flödet, och dels för att kompensera för brist på kontinuitet (Jonsson & Mattsson, 2011).

Produktionen är fördelad över två skift per dygn, dag- och kvällsskift, där respektive skift är cirka nio timmar långt. Figur 2, som illustrerar produktionsflödet i aggregerad form, är inte geografiskt representativ utan är upprättad schematiskt för att underlätta förståelsen för fabriken processer.

## Flödesschema Monteringsfabriken



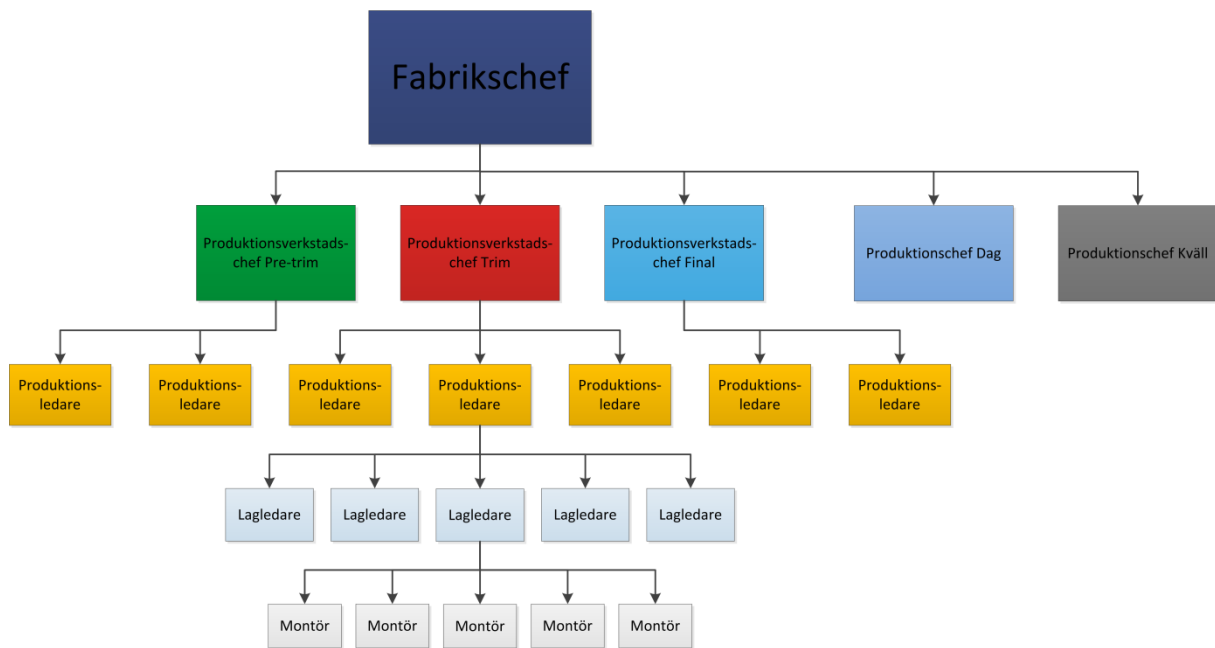
Figur 2 – Flödesschema över monteringsfabriken. Grönt avser Pre-Trim, rött Trim och blått Final

Monteringsfabriken består av tre produktverkstäder, Pre-trim, Trim respektive Final, som sammankopplats till ett enda flöde. Dessa delas sedan in i banavsnitt som i sin tur består av ett antal balanser. Pre-trim består av flera parallella delflöden med tillhörande banavsnitt där bilens drivlina monteras i främre och bakre hjälpramar. Dessa hjälpramar placeras i fixturer, eller paletter, som medför noggrann placering av infästningspunkter, vilket är kritiskt för senare montering. Ytterligare en del av Pre-trim är banavsnitten där arbetet med karossen påbörjas. På dessa banavsnitt monteras komponenter som exempelvis instrumentbräda i karossen samtidigt som den förbereds inför banavsnittet Marriage point, i vilket karossen byggs samman med drivlinan. Efter detta moment lyfts kaross och drivlina, som nu är en enhet, av de tidigare nämnda fixturerna för att sedan placeras på det första banavsnittet i produktverkstaden Trim. Trim är uppbyggd av banavsnitt som monterar resterande komponenter såsom inredning, påfyllning av vätskor samt installation av bilens mjukvaror. Slutligen passerar bilen produktverkstaden Final där den färdiga bilen kvalitetskontrolleras genom exempelvis rulltest och lackinspektion. (Produktionsledare, 2012) En mer detaljerad karta över fabriken, där samtliga banavsnitt illustreras geografiskt återfinns i appendix B.

## 4.2 Organisationsstruktur

Monteringsfabriken är tvärfunktionellt uppbyggd och består av avdelningarna produktion, produktionsteknik, logistik och underhåll. Produktion utgör kärnfunktionen i fabriken och omfattar den faktiska produktionen av bilar medan de övriga tre avdelningar kan betraktas som stödfunktioner. Utöver dessa förekommer avdelningar på mer generell nivå som omfattar hela VCT, till exempel ekonomi- och HR-avdelningen. (Produktionschef, 2012)

Avdelningen produktion har en hierarkisk struktur där ansvarsfördelningen indelas geografiskt samt funktionellt i olika områden och avsnitt (Produktverkstadschef, 2012). Figur 3, som ger en förenklad bild över organisationen, inkluderar emellertid inte avdelningar och stödfunktioner i fabriken vilka istället beskrivs längre ner i avsnittet.



**Figur 3 – Monteringsfabriken organisationschema**

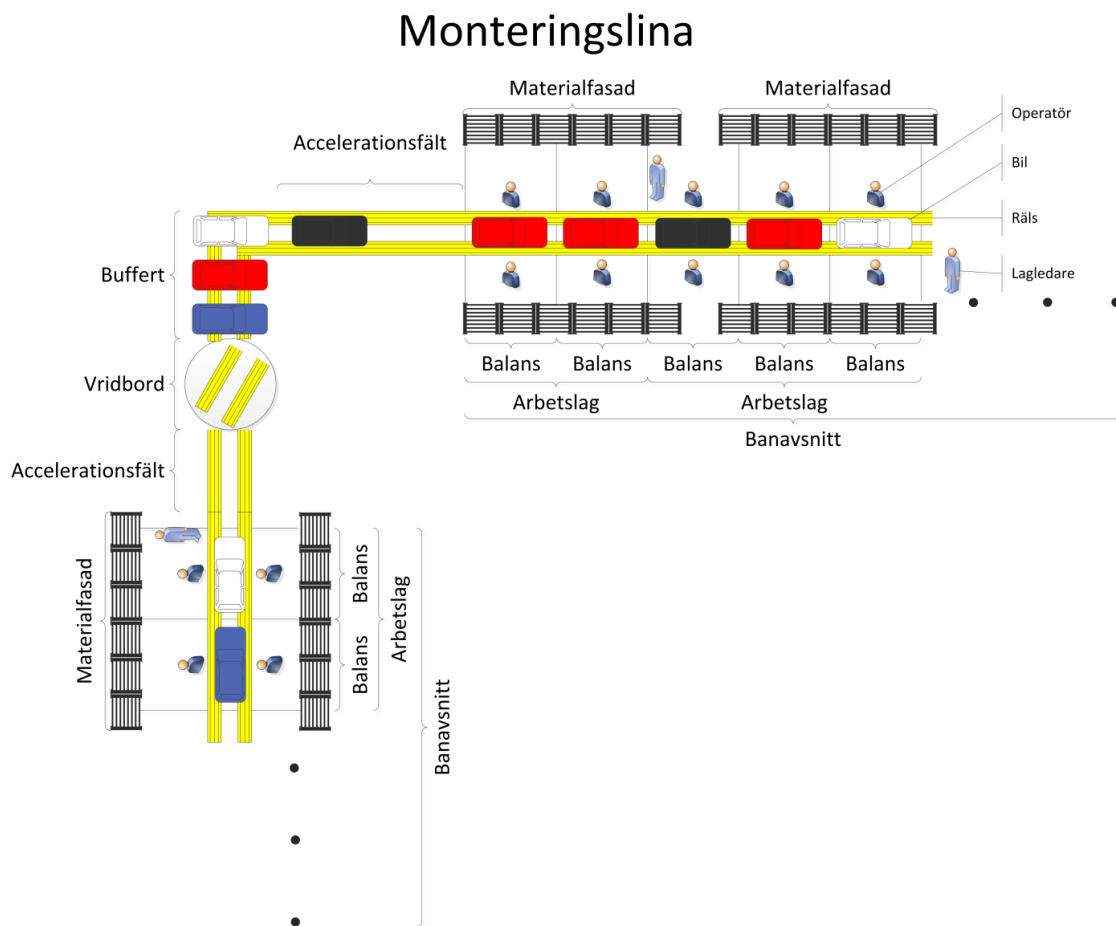
Fabrikchefen, som är placerad högst upp i fabriken organisationsstruktur, har ett övergripande ansvar för fabriken verksamhet, vilket i korta drag innebär att säkerställa fabriken produktion enligt plan och kostnad. Ansvaret innefattar områden såsom kvalitet, bemanning och produktionsvolym samt arbete med långsiktiga investeringar för att förstärka fabriken konkurrenskraft. (Fabrikchef, 2012)

Produktionschefsrollen är hierarkiskt placerad under fabrikenchefen och delas mellan två personer, ansvariga för dag- respektive kvällsskift. Produktionschefen ansvarar för driften av den dagliga produktionen, där den främsta uppgiften består av att fabriken skall uppnå sitt dagliga produktionsmål. Arbetsrollen är således operativ och präglas av möten med produktionsledare, justering av takt och analys av störningar, allt vilket grundas i en djup förståelse av produktionssystemet. Värt att notera är att produktionschefen har befogenhet för akuta beslut när det fordras, till exempel vid längre driftstopp. (Produktionschef, 2012)

Rollen produktverkeftadschef, som innehas av tre personer, är på motsvarande hierarkisk nivå som produktionschefen men arbetsrollen skiljer sig markant. Deras ansvarsområden begränsas till den produktverkeftad, Pre-trim, Trim respektive Final, som de är ansvariga för. Produktverkeftadschefen arbetar med samordning av dagliga aktiviteter samt långsiktigt förbättringsarbete inom sina produktverkeftäder, vilket inkluderar utarbetning av strategiska arbetssätt som skapar riktlinjer för hur produktionschefen skall arbeta. Det operativa arbetet inkluderar personalansvar, arbetsmiljö, kvalitet, effektiviseringar samt rationaliseringar inom banavsnitten. (Produktverkeftadschef, 2012)

Inom varje produktverkeftad finns ett antal produktionsledare som ansvarar för ett specifikt produktionsavsnitt, som i sin tur består av ett flertal banavsnitt. I dagsläget finns det, för varje skift, sju produktionsledare på Pre-trim respektive Trim samt två på Final varefter det totala antalet produktionsledare uppgår till 32 stycken. Dessa har i viss mån liknande arbetsuppgifter som produktverkeftadschefen men är begränsade till sitt egna produktionsavsnitt. (Produktionsledare, 2012)

Varje banavsnitt består av ett antal balanser där montörer utför det direkt värdeadderande arbetet. Dessa är indelade i arbetslag med en lagledare per grupp, se figur 4. Antalet montörer per arbetslag varierar kring fem till tolv stycken och antalet lagledare per banavsnitt är cirka fyra till åtta stycken. Lagledarna, som i de flesta fall tidigare varit montörer, har genomgått en kortare utbildning med syfte att lära sig att driva förbättringsarbete inom sitt arbetslag. (Produktionsledare, 2012)



Figur 4 – Fritt tolkad illustration över en del av monteringslinan

En ytterligare avdelning inom monteringsfabriken är produktionsteknik som arbetar med produktionstekniska analyser, däribland beräkning av balansering med hänsyn till bland annat takt, bemanning och varianter för olika banavsnitt. Arbetet inkluderar även utformning av morgondagens produktionssystem för att klara tillverkning av framtidens bilmodeller, till exempel med avseende på fordrad bemanning och investering. (Chef produktionsteknik, 2012) Logistik ansvarar för såväl den interna som externa logistiken i fabriken, något som innefattar ansvar över att material och komponenter finns tillgängliga på rätt plats vid rätt tid. Internt ansvarar logistikavdelningen för kontroll av fabriken förråds- och plocksaldo med syfte att kunna planera truckleveranser till respektive balans. (Produktionsledare, 2012)

Underhåll ansvarar för monteringsfabrikens underhåll av teknisk utrustning vilket inkluderar tre olika typer av underhåll: akuta reparationer, planerat underhåll och förbättrande åtgärder. Den förstnämnda kategorin, akuta reparationer, är den mest frekventa med cirka 70 uttryckningar per skift och sysselsätter ungefär tio reparatörer. Planerat underhåll innefattar förebyggande underhåll och reparationer som inte åtgärdas direkt vid uppkomna fel. Avslutningsvis omfattar förbättrande

åtgärder bland annat uppgraderingar av utrustning med syfte att öka effektiviteten i fabriken. (Chef underhåll, 2012)

### 4.3 Produktionssystemet

Volvos monteringsfabrik i Torslanda är enligt chefen för fabriken styrning (2012) kundorderstyrd. Liker (2004) är tydlig i sin definition av takt för efterfrågestyrd produktion som kvoten av antalet bilar som kunden efterfrågar under en tidsperiod och tillgänglig nettoarbetstid under samma tidsperiod.

$$\text{Takt [enheter/timme]} = \frac{\text{Efterfrågan [enheter/dag]}}{\text{Nettoarbetstid [timmar/dag]}}$$

Enligt den definitionen kan takt likställas med produktionsmålsättning. Det som explicit framgår ur definitionen är att det endast är kundernas efterfrågan eller antalet arbetstimmar som kan ändra takten (Hogan, 2009).

Monteringsfabrikens definition av takt är frekvensen av antal monteringsobjekt per timme som passerar en godtycklig punkt på monteringslinan. Hastigheten på monteringslinan grundar sig i efterfrågan och strider i detta avseende mot Likers definition ovan. Dock föreligger omfattande skillnader mellan takt på systemnivå och taksättning per banavsnitt, vilket föranleder förklaring. Där takt på systemnivå är ett uttryck för leveransmålsättningen och efterfrågan, kan banspecifik produktionstakt härledas till banavsnittens leveransförmåga och placering i flödet. Banavsnittens taksättning härrör ur cykeltiden som är den genomsnittliga tiden mellan att enheter lämnar systemet (Slack et al., 2009). Beroende på hur känsligt ett banavsnitt är för driftstörningar justeras produktionstakten uppåt, delvis genom att höja grundtakten och delvis med så kallad övertakt, tills erforderlig cykeltid uppnås och banavsnittet kan leverera utifrån faktisk efterfrågan.

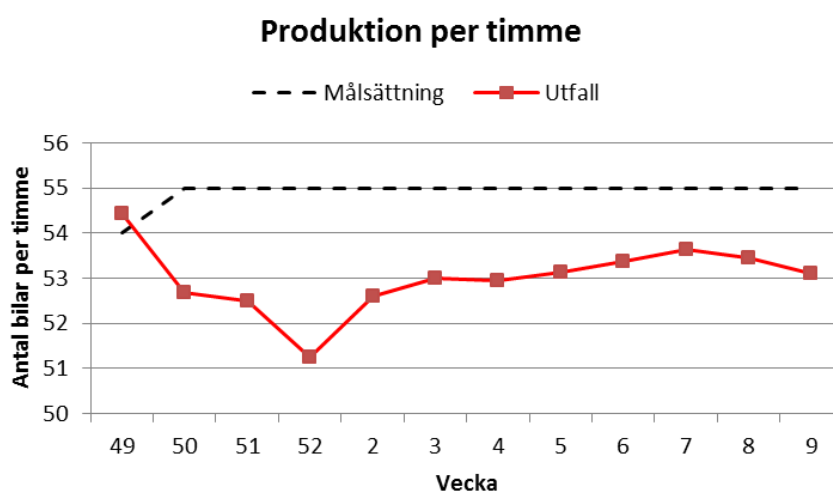
Utifrån den nödvändiga takten, för att kunna tillgodose efterfrågan, fördelas arbetsmomenten inom balanser med hänsyn tagen till att reducera balanseringsförluster (Ellegård et al., 1992), detta benämns balansering (Wild, 1975). Emellertid leder den tidigare nämnda variantmixen till balanseringssvårigheter och således balanseringsförluster till följd av att varje variant är unik i somliga aspekter. Detta gäller specifikt modellen XC90 som är baserad på en annan plattform än övriga modeller. (Chef produktionsteknik, 2012) Variantmixen styr sekvenseringen av modeller, det vill säga i vilken ordning produktionen av bilar sker. Bilmodellernas produktionsförhållande, i termer av andel av respektive modell, bestäms för två månader framåt och den specifika sekvenseringen av varianter bestäms på veckobasis. Genom att beakta materialtillgång samt så kallade AML-regler syftar sekvenseringen till att fördela modellerna jämnt, varpå mer respektive mindre arbetsintensiva varianter portioneras ut över perioden. AML dikterar sekvensen genom en rad krav som måste följas och syftar därmed till att förhindra problem som kan uppstå vid felaktig sekvensering. (Chef styrningen, 2012-02-23)

Monteringsfabriken använder så kallade sekvensbalanseringsstopp för att kompensera för tung balansering för vissa varianter på specifika balanser. Dessa är medvetet placerade banstopp på förbestämda banor, bilmodeller och tidpunkter samt ligger till grund för att ge montören tid att genomföra dennes arbetsmoment. SBS-stoppens syfte är att tillåta systemet att producera varianter baserade på olika plattformar, och arbetsbelastning, på samma monteringslina. Detta medför att det är möjligt att uppnå högre takt. (Chef produktionsteknik, 2012)

## 5. Analys av driftstopp på monteringslinan

I detta avsnitt beskrivs produktionsstörningarna, dess natur samt kartläggning över hur dessa påverkar produktionsresultatet. Detta innefattar användning av statistiska metoder för att förstärka studiens kvantitativa trovärdighet. Vidare presenteras faktorer som avgör huruvida störningar ger upphov till produktionsbortfall eller inte. Denna framställning syftar till att identifiera och belysa de störningsmoment som är mest kritiska för produktionsutfallet. Avslutningsvis presenteras en kategorisering av de mest kritiska driftstörningarna.

VCT har under lång tid haft stora svårigheter att konsekvent nå fabriken produktionsmålsättning, det vill säga det planerade antal bilar. Produktionsbortfallets storleksordning uppgår till cirka två bilar per produktionstimme. (Produktionschef, 2012) För det studerade kvartalet, 1 december 2011 till 29 februari 2012, åskådliggör figur 5 det specifika produktionsbortfallet uttryckt i medelvärde per timme veckovis, vilket utgörs av differensen mellan den streckade linjen för produktionsmålsättningen och utfallspunkterna. Notera den betydande variationen över tidsperioden där produktionsbortfallet varierar mellan cirka noll och fyra bilar per produktionstimme. Variationen kan anses vara ett mått på problemets stabilitet, vilket i det aktuella fallet innebär instabilitet. Svängningarna i produktionsbortfallet per skift är betydligt högre, med både bra och dåliga skift som kraftigt varierar avseende produktionsresultatet jämfört med målsättningen. Detta tyder på att problemsituationen antagligen har många bakomliggande faktorer med oklara orsakssamband. Problembilden är därmed relativt komplex vilket kan innebära svårigheter att urskilja enskilda rotorsaker. (Liker & Meier, 2006)



Figur 5 – Målsättning jämfört med produktionsresultat för den studerade perioden

Konkurrensmässigt, internt och externt, behöver monteringsfabriken stå sig väl ekonomiskt i termer av kostnad att tillverka bilar av respektive modell. Dock medför produktionsbortfallet försämrade konkurrenskraft och påverkar direkt och indirekt följande hållbarhetsdimensioner: ekonomisk, social samt miljömässig hållbarhet. Monteringsfabriken produktion är i det närmsta helt kundorderstyrd vilket innebär att en bil som inte blivit producerad måste tillverkas vid ett senare tillfälle för att tillgodose efterfrågan (Chef styrningen, 2012). Produktionschef Magnus Prim (2012-03-07) förtydligar problemet med produktionsbortfall vid kundorderstyrning:

*”En tappad bil är en tappad bil”*



Citatet ovan påvisar problemets enkelriktade karaktär, där monteringsfabriken tvingas kompensera för produktionsbortfallet genom att tillsätta extra skift under helgdagar eller beordra övertid, vilka båda är åtgärder som har direkt påverkan på de ovan nämnda dimensionerna. Total kostnaden per extra skift, inklusive kringkostnader såsom logistik, uppgår till cirka 2,9 MSEK. Detta ligger till grund för produktionsbortfallets uppskattade kostnader som återfinns i tabell 1 nedan, för beräkningsgång se Appendix C. (Controller, 2012) Kostnadsfrågan är central då resurser som avsatts för att montera efterfrågade bilar inte använts till detta. Därtill kan resurserna dessutom betraktas som utportionerade bland de bilar som faktiskt producerats under perioden, vilket medför att produktionskostnaden ökar, vinstmarginalen minskar och ett sämre ekonomiskt resultat åstadkoms för VCC (Hansson et al., 2006).

<b>Produktionsbortfall per skift, ekonomi</b>	<b>1 dec 2011 - 29 feb 2012</b>
<b>Medelproduktionsbortfall per skift</b>	15 bilar
<b>Kostnad per skift</b>	104 948 kr
<b>Kostnad undersökt period</b>	10 074 965 kr

**Tabell 1 – Produktionsbortfallets uppskattade kostnader**

Enligt fabrikschefen för monteringsfabriken genomförs dock inga kalkyler över kostnaden för produktionsbortfallet (Fabrikschef, 2012). Avsaknad av kalkyler kan invagga organisationen i en falsk trygghet, och på så vis dölja problemet samt försvåra att adekvata resurser tillsätts. Enligt en kostnadsuppskattning för det aktuella kvartalet uppgår kostnaden för produktionsbortfallet till drygt 10 MSEK. För att sätta beloppet i en relevant kontext motsvarar 10 MSEK kostnaden för att sysselsätta ytterligare cirka 35 montörer per skift under hela tidsperioden. Denna uppskattning belyser dock inte alla kostnadsaspekter som exempelvis kvalitetsbristkostnader. Den faktiska kostnaden för produktionsbortfallet kan därför vida överstiga summan. Därmed torde det vara ekonomiskt försvarbart att åtminstone undersöka möjligheterna till att tillsätta extra resurser för att åtgärda problemet.

Monteringsfabrikens nuvarande tillstånd kan analyseras utifrån en tredelad modell med följande komponenter: problem, symptom och rotorsak. Med syftet att utvärdera problemsituationen och identifiera lämpliga förbättringsåtgärder är det av vikt att klargöra de inbördes relationerna komponenterna emellan. För att underlätta förståelsen kan situationen med fördel liknas vid en patients besök på sjukhuset vid upplevt sjukdomstillstånd. Problemet är att patienten mår dåligt, symptom kan vara feber men rotorsaken till sjukdomstillståndet, och i förlängningen att patienten inte mår bra, är inte febern i sig. För att hjälpa patienten är det läkarens uppgift att identifiera den okända och underliggande rotorsaken. Applicerat på monteringsfabriken och dennes sjukdomstillstånd skulle problemet i denna kontext vara störningar vars symptom är produktionsbortfall. Utvärdering av symptom är en kritisk del för att erhålla förståelse för problemet och dess implikationer, men också absolut nödvändigt för att möjliggöra en grundlig identifikation av rotorsakerna. (Liker & Meier, 2006) I nästföljande avsnitt följer definitioner av de termer som relaterar till monteringsfabrikens problemsituation och därefter följer en vidare undersökning av symptomen med hjälp av statistiska samt produktionstekniska undersökningar. Avslutningsvis behandlas potentiella orsaker med syfte att komma ännu ett steg närmre rotorsakerna.

## 5.1 Introduktion till driftstopp och dess konsekvenser

För att påvisa magnituden av problemsituationen presenteras sammanställd information över den studerade perioden beträffande produktionstid, driftstopp samt produktionsbortfall i tabell 2 nedan. Det till synes låga produktionsbortfallet på cirka två bilar per timme resulterar ändå i ett markant bortfall per månad. Medelproduktionsbortfallet under det studerade kvartalet, drygt 480 bilar per 240 produktionstimmar, sammanfaller mycket väl med beskrivningen av produktionsbortfallets storleksordning som initialt presenteras.

Ifall monteringsprocessen hade varit kontinuerlig i den bemärkelse att den saknat buffertstavsnitt, som frikopplar monteringsprocessens olika avdelningar, hade antal driftstoppminuter i princip varit perfekt korrelerat med produktionsbortfallet då stoppminuter i flödet inneburit direkta produktionsbortfall. Detta är i dagsläget inte fallet för monteringsfabriken, vilket har följande potentiella förklaringar: frikopplade banavsnitt genom buffertar, möjlighet till övertakt, det vill säga tillverka i högre takt än grundtakten, samt det faktum att flera banavsnitt kan stå still samtidigt och driftstoppminuterna mäts separat men summeras på systemnivå, vilket förklarar varför driftsstoppstimmarna överstiger produktionstimmar i tabell 2 nedan.

Månad	Produktionstid	Driftstopp	Produktionsbortfall
Enhet	Timmar	Timmar	Antal bilar
December	235	601	565
Januari	235	573	526
Februari	251	637	358
Medel	240	604	483

Tabell 2 – Produktionstid, driftstopp samt produktionsbortfall över den studerade perioden

Sambandet mellan driftstopp och produktionsbortfall kan verka paradoxalt utifrån likheterna mellan december och januari jämfört med februari, då det under februari var betydligt fler driftsstoppstimmor per produktionsbortfall, räknat i antal bilar per driftsstoppstimme. En potentiell förklaring till detta fenomen kan vara produktionssystemets tekniska natur, som dämpar och kompenserar för vissa typer av driftstörningar i högre grad än andra (Produktionschef, 2012). Systemets förmåga att dämpa störningar är ett område för vidare analys vilken återfinns i kapitel 6.

Driftstörningar, även kallat störningar, innebär att det inträffar något som leder till avvikelser från den förutbestämda arbetsprocessen, dock reduceras begreppet i analysen till de företeelser som resulterar i någon form av driftstopp. Inträffade störningar kan kategoriseras både utifrån orsak och tidslängd. Monteringsfabriken skiljer i huvudsak på vad som kallas brus, stopp och haverier. Brus är de störningar som ger upphov till driftstopp vilka uppgår till högst 29 sekunder. Stopp är de störningar som varar minst 30 sekunder men understiger tio minuter, varefter stopp vilka uppgår till eller överskrider tio minuter klassificeras som haverier. Haverier anses vara extra kritiska för systemets leveransförmåga samt en av de största, om inte den största, orsaken till produktionsbortfallet (Produktverkstadschef, 2012). Hädanefter hänvisas det till driftstopp, stopp, störning alternativt driftstörning, oavsett tidslängd.

Förfarandet vid uppkomna driftsstopp i produktionen är sådant att lagledaren inom tre minuter skall åtgärda problemet, varefter produktionschefen kontaktas ifall lagledaren inte kunnat reda ut situationen inom detta tidsintervall. Produktionschefen ansvarar för beslut om huruvida

banavsnittets monteringslina skall förbli stillastående eller inte. (Produktionschef, 2012) Vidare varskos fabrikschefen om tidslängden på driftstoppet uppgår till tio minuter (Fabrikschef, 2012). Då haverier inträffat, genomför ansvarig produktionsledare en näranalys med innefattande 5-varför-analys med syfte att identifiera rotorsaken till problemet samt föreslå åtgärder (Produktionschef, 2012). Därtill diskuteras och utvärderas inträffade haverier veckovis vid ett särskilt haverimöte (Produktionschef, 2012).

Det finns en uppsjö av anledningar till att driftstopp inträffar, vilket beror på produktionssystemets komplexa karaktär. Driftstoppskategorierna kan ändå beskrivas i generella termer. Utöver orsaken till driftstoppet samt den tidsmässiga klassificeringen av driftstopp, kan dessa även kategoriseras utifrån vilket banavsnitt som orsakar driftstoppet i förhållande till var driftstoppet inträffar. Briststopp är de driftstopp som orsakas av att det objekt montören skall utföra sitt arbete på, exempelvis kaross eller palett för motormontering, saknas från det bakomliggande banavsnittet. Följdstopp är definitionsmässigt motsatsen till briststopp, det vill säga driftstopp till följd av oförmåga för något banavsnitt att leverera till det efterföljande banavsnittet för att flödet blockeras framifrån. Litteratur som behandlar buffertmekanismer kan, måhända något mer illustrativt, kalla briststopp för svältning och följdstopps för blockering (Konishi, 2010). Brist- samt följdstopps är överrepresenterade i vissa banavsnitt till följd av produktionssystemets utformning, vilket är ett ämne för vidare analys i senare avsnitt. Utöver de nämnda huvudkategorierna förekommer även av banavsnittet egenförvållande driftstopp.

Haverier anses oftast vara operatörsberoende, vilket innebär att det uppkomna problemet ofta är av teknisk karaktär, materialförsörjningsrelaterat alternativt organisationsrelaterat (Produktionschef, 2012). Brus och kortare driftstopp kan i högre grad anses vara individberoende. I samtal med produktionsledare framkommer vissa typer av störningar inom dessa kategorier som mer frekvent förekommande. Vanliga störningsorsaker som klassificeras som brus och kortare driftstopp är till exempel misslyckad kvittering av poka-yoke, oförmåga att slutföra givna arbetsuppgifter inom ramen för cykeltiden samt tekniska problem såsom röddragning och andra skruvdragarrelaterade problem. Givet samma orsak till störningarna, kan tidslängden på driftstoppet ändå variera från brus till haveri. Exempelvis kan lagledarens tillgänglighet och erfarenhet utgöra avgörande faktorer för snabb och effektiv hantering med efterföljande problemlösning. (Produktionsledare, 2012)

## 5.2 Jämförande studier av driftstopp

VCT upplever stora variationer mellan levererat produktionsresultat och planerad produktionsmålsättning i monteringsfabriken. Utöver denna variation förekommer det även omfattande skillnader beträffande frekvens, tidslängd samt på vilken plats i flödet driftstörningar uppkommer. Dessa komplexa företeelser är svåröversägliga, vilket innebär att monteringsfabriken har svårigheter att identifiera samt kartlägga de driftstopp som är mest kritiska att undvika för att nå produktionsmålsättningen. Alla störningar som ger upphov till driftstopp anses negativa ur produktionssynpunkt, undantaget möjligheten till förbättringsarbete vid uppkommet fel. (Produktionschef, 2012) Emellertid är det rimligt att anta att vissa typer av driftstopp påverkar produktionsresultatet mer än andra. Detta motiverar en djupgående analys över vilka driftstopp som särskiljer dagar och skift med bättre respektive sämre produktionsresultat. För att erhålla kvantitativ stöd för argumentationen, genomfördes en rad statistiska tester för att utröna vilka karaktäristiska drag som utmärker mer respektive mindre framgångsrik produktion.

### 5.2.1 Introduktion till statistiska tester

För att kunna extrahera information avseende utmärkande drag valdes bra och dåliga produktionsdagar, med bättre respektive sämre produktionsresultat, för att kunna klassificera och karaktärisera skillnader och likheter dagarna emellan. En viktig distinktion är att de bra dagarna inte per automatik innebär att fabriken är tillfredsställda med produktionsresultatet. En bra dag är egentligen en produktionsdag utan något produktionsbortfall överhuvudtaget. (Produktionschef, 2012) En mer detaljerad beskrivning av jämförelsedagarna återfinns i Appendix C. De fyra bästa respektive sämsta hela produktionsdagarna, alltså diskvalificerade dagar med enbart dag- eller kvällsskift, får för vardera kalendermånad utgöra de bra och dåliga dagarna under perioden december 2011 till februari 2012. Ett undantag gjordes dock för 17 januari 2012, som var den fjärde bästa dagen i januari månad men var sämre än den bästa av de dåliga dagarna i februari, den 20 februari 2012. Då karaktäriseringen syftar till att utreda skillnader och utmärkande drag kategorierna emellan, försämras analysens trovärdighet av att inkludera dessa dagar, varefter dessa ersattes till nästkommande bra dag respektive dåliga dag under den studerade perioden.

Medelresultaten för dessa utvalda dagar presenteras i tabell 3 nedan. Värt att notera är att produktionsbortfall avser den negativa differensen mellan produktionsmålsättning, alltså takt multiplicerat med produktionstimmar, och antal tillverkade bilar. Medelskillnaden i produktionsbortfallet är markant då de dåliga dagarnas bortfall uppgår till cirka tolv gånger så många bilar som de bra jämförelsedagarna. Ett produktionsbortfall motsvarande 59 bilar jämfört med planerad produktionsmålssättning på 834 bilar innebär en procentuell förlust på cirka sju procent av produktionsmålet. Värt att notera är att skift ett, alltså dagskiftet, har sämre produktionsresultat både för bra och dåliga produktionsdagar än för skift två, kvällsskiftet. Detta fenomen är föremål för en vidare utvärdering i avsnitt 5.2.4.

Medelvärden för 12 "bra" och 12 "dåliga" dagar			
Enhet	Antal bilar		
Skift	Produktionsresultat	Målsättning	Produktionsbortfall
1	413	417	5
2	412	412	0
<b>Totalt</b>	<b>825</b>	<b>829</b>	<b>5</b>
Skift	Produktionsresultat	Målsättning	Produktionsbortfall
1	384	419	36
2	392	415	24
<b>Totalt</b>	<b>776</b>	<b>834</b>	<b>60</b>

Tabell 3 – Produktionsresultat och målsättning för utvalda jämförelsedagar

Intuitiva förklaringar till varför vissa produktionsdagar har avsevärt sämre produktionsresultat skulle kunna vara förekomsten av fler eller längre driftstörningar på dåliga dagar jämfört med bra dagar. För att utreda huruvida det föreligger någon skillnad mellan de studerade populationerna, bra och dåliga dagar, genomfördes statistiska hypotestester avseende populationsmedelvärdet, antal driftstopp respektive brus per produktionsdag, där varianserna är okända samt antas skilja sig åt. Den valda nollhypotesen är att antal driftstopp respektive brus inte skiljer sig åt kategorierna emellan. Medelvärdet av antal produktionsminuter per produktionsdag skiljer sig endast cirka fyra minuter mellan kategorierna, 910 och 906 produktionsminuter för bra respektive dåliga dagar. Därmed anses trovärdigheten i resultatet inte påverkas av valet att inte ta hänsyn till antal produktionsminuter per undersökt produktionsdag.

För att genomföra hypotestesterna med hjälp av t-fördelning krävs det nödvändiga antagandet att populationerna är normalfördelade. För varje hypotestest beräknades teststatistikan, vilket är en funktion av stickprovet, som har en t-fördelning med ett visst antal frihetsgrader. (Montgomery & Runger, 2006) Frihetsgrader är relaterat till storleken på stickprovet och styr, tillsammans med vald signifikansnivå alfa, de framräknade övre respektive undre kritiska gränserna i konfidensintervallet (Olausson, 1992). Signifikansnivån alfa är sannolikheten för typ I-fel, vilket är sannolikheten att förkasta nollhypotesen då den är sann, det vill säga bedöma att det är en statistisk signifikant skillnad mellan populationerna när skillnaderna egentligen är orsakade av slumpen (Montgomery & Runger, 2006). Statistiskt signifikant innebär att det inte går att förklara sambandet med slump effekter (Olausson, 1992). Den valda signifikansnivån på 0,05 är en frekvent använd risknivå för typ II-fel, det vill säga att ej kunna förkasta nollhypotesen då det föreligger statistiskt signifikant skillnad mellan bra och dåliga produktionsdagar. (Marques de Sá, 2007) Vidare beräknades även p-värdet för varje test, vilket är sannolikheten att få teststatistikan som, givet att nollhypotesen är sann, uppgår till eller överstiger det observerade värdet (Montgomery & Runger, 2006).

### 5.2.2 Test av antal driftstopp och brus för jämförelsedagarna

Tabell 4 nedan sammanfattar det första hypotestestet beträffande huruvida det förekommer skillnader i det totala antal driftstopp per produktionsdag. Att teststatistikan har negativt tecken innebär att medelvärdet av antal driftstopp per dåliga dagar överstiger de bra dagarnas. Kontentan av resultatet är dock att nollhypotesen inte kan förkastas, vilket innebär att det inte föreligger statistiskt signifikant skillnad avseende antal driftstopp per produktionsdag kategorierna emellan.

Test av två stickprov avseende populationsmedelvärde	
Nollhypotes: $\mu_0 = \mu$ <span style="float: right;"><math>\alpha = 0,05</math></span>	
$\mu_0$ : Antal driftstopp bra dagar	$\mu$ : Antal driftstopp dåliga dagar
(Oberoende stickprov, olika varians)	
Testparameter	Antal driftstopp
Teststatistika	-1,10
Frihetsgrader	18
Kritiskt t-värde, övre	2,10
Kritiskt t-värde, nedre	-2,10
P-värde	0,29
Resultat	Förkasta ej

Tabell 4 – Statistiskt test av antal driftstopp

Tabell 5 redovisar resultatet av hypotestestet av antal brus per produktionsdag för respektive kategori. Teststatistikans tecken indikerar i detta fall att medelvärdet av antal brusstörningar per dag är fler för de bra dagarna jämfört med de dåliga. Emellertid resulterade testet i att det ej föreligger statistiskt signifikant skillnad av antal brus per produktionsdag och kategori.

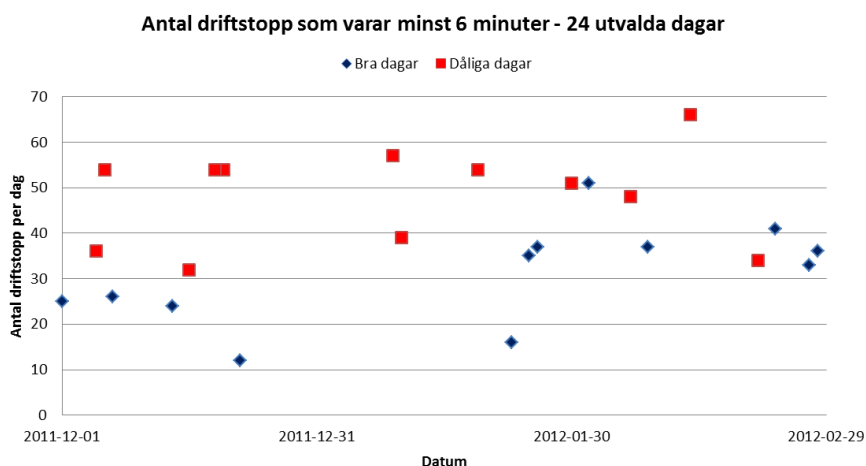
Test av två stickprov avseende populationsmedelvärde	
Nollhypotes: $\mu_0 = \mu$	$\alpha = 0,05$
$\mu_0$ : Antal brus bra dagar	$\mu$ : Antal brus dåliga dagar
(Oberoende stickprov, olika varians)	
Testparameter	Antal brus
Teststatistika	1,23
Frihetsgrader	20
Kritiskt t-värde, övre	2,09
Kritiskt t-värde, nedre	-2,09
P-värde	0,23
Resultat	Förkasta ej

Tabell 5 – Statistiskt test av antal brus

Sammanfattningsvis visar de statistiska testerna att det med statistisk signifikans inte förekommer några signifikanta skillnader mellan de bra och dåliga produktionsdagarna avseende varken antal driftstopp eller brus. Resultatet av att antal driftstörningar inte skiljer sig åt mellan kategorierna är anmärkningsvärt då det kan anses strida mot sunt förnuft. Antal störningskällor tycks vara relativt konstanta över tid, och givet att det föreligger någon skillnad mellan de bra och dåliga dagarna kan det snarare vara hanteringen samt hur kritiska driftstörningar faktiskt är, som skiljer sig åt dagarna emellan. Detta motiverar en vidare undersökning av driftstoppens karaktär och differenser kategorierna emellan avseende tidslängd och frekvens.

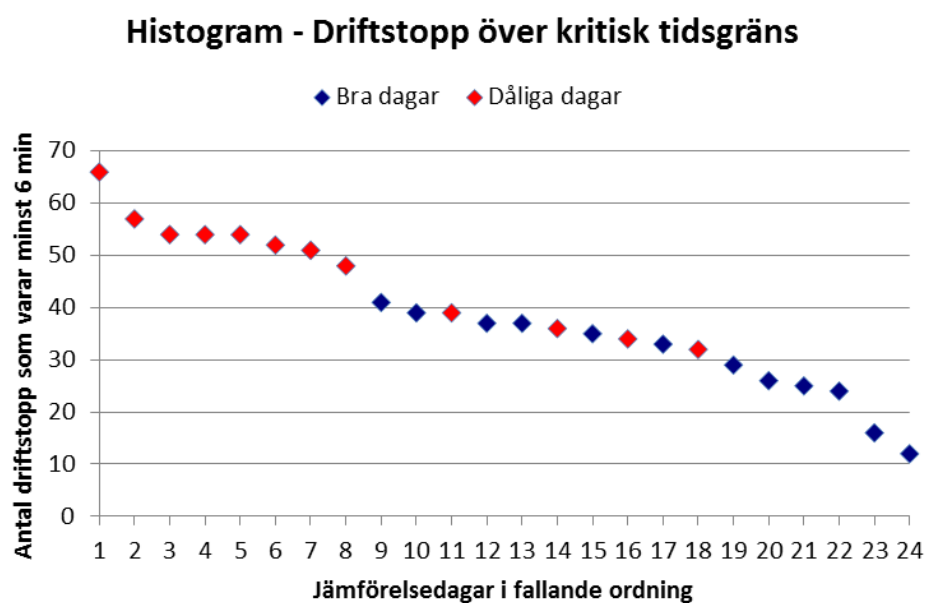
### 5.2.3 Test av driftstoppens effekt på produktionsresultatet utifrån tidslängd

Som tidigare nämnts har monteringsfabriken klassificerat haverier som driftstopp vars längd antingen uppgår till eller överstiger tio minuter. Indelning kan uppfattas godtycklig, särskilt ifall kategorin haverier förväntas korrelera med produktionsbortfallet. Därför analyserades, för vardera av de utvalda dagarna, skillnader mellan kategorierna bra och dåliga dagar iterativt med hjälp av grafiska representationer av antal förekomster av driftstopp över en viss längd. Syftet med förfarandet var att undersöka huruvida det fanns en gräns varvid det uppstår tydliga visuella skillnader mellan antal förekomster kategorierna emellan. Iterationen genomfördes genom enhetsökningar av antal minuter från en till 20, där graferna jämfördes med varandra. Det slutliga valet av driftstopp vars längd överskrider sex minuter som brytpunkt presenteras grafiskt för vardera kategorin i figur 6 nedan.



Figur 6 – Grafisk illustration av antal driftstopp över sex minuter för jämförelsedagarna

Tyngdpunkten av antal driftstopp som varar minst sex minuter är betydligt högre för de dåliga dagarna än för de bra dagarna, vilket åskådliggörs i figur 6 ovan. Dock förekommer ett antal datapunkter som tycks strida mot hypotesen att antal driftstopp över sex minuter är drivande för ett sämre produktionsresultat. För att göra en adekvat bedömning av situationen är det viktigt att se till att helheten av den grafiska datarepresentationen, och erinra sig om att det är naturligt med spridning kring tyngdpunkten i ett icke-deterministiskt system (Montgomery & Runger, 2006). En ytterligare representation av differenserna av antal driftstopp som varar minst sex minuter mellan de bra och dåliga produktionsdagarna återfinns nedan i figur 7, där jämförelsedagarna är sorterade i fallande ordning med avseende på antal driftstopp. Värt att notera är kurvans karaktär med en tydlig uppdelning utifrån färg, det vill säga bra och dåliga produktionsdagar. Frågan huruvida det faktiskt föreligger en statistiskt signifikant skillnad avseende tyngdpunkten av antal driftstopp över sex minuter kvarstår dock och motiverar vidare statistiska test.



Figur 7 – Histogram med driftstopp för jämförelsedagarna

Förutom den ovan motiverade brytpunkten på sex minuter valdes två ytterligare kategorier. Den första kategorin innehåller driftstoppen som varar en respektive två minuter. Den andra kategorin innefattar driftstoppen som varar tre, fyra respektive fem minuter. Motiveringen till att förena stopp av olika tidslängd till en och samma kategori är att driftstoppen i de presenterade kategorierna på ett generellt plan kan antas ha jämförbara och liknande orsaker. Vidare kan, till följd av storleken på stickproven, ett ökat antal tidsintervall innebära en sneddriven fördelning och i förlängningen påverka resultatet i det statistiska testet (Montgomery & Runger, 2006). För de utvalda intervallen genomfördes statistiska tester av medelvärden med hypotesen att det ej föreligger skillnader mellan bra och dåliga dagar, vilket presenteras i tabell 6 nedan.

Test av två stickprov avseende populationsmedelvärde			
Nollhypotes: $\mu_0 = \mu$		$\alpha = 0,05$	
$\mu_0$ : Antal driftstopp bra dagar		$\mu$ : Antal driftstopp dåliga dagar	
(Oberoende stickprov, olika varians)			
Intervall	1-2 min	3-5 min	6+ min
Teststatistika	-1,07	-1,94	-3,91
Frihetsgrader	18	18	22
Kritiskt t-värde, övre	2,10	2,10	2,07
Kritiskt t-värde, nedre	-2,10	-2,10	-2,07
P-värde	0,298	0,068	0,001
Resultat	Förkasta ej	Förkasta ej	Förkasta

Tabell 6 – Test av typer av driftstopp

Slutsatsen är att det inte föreligger några statistiskt signifikanta skillnader avseende förekomst av antal driftstopp av typerna en till två respektive tre till fem minuter mellan bra och dåliga dagar. Emellertid existerar en statistiskt signifikant skillnad för driftstoppskategorin sex minuter eller längre. Fler driftstopp av just denna typ tycks därmed vara ett karaktäristiskt drag som utmärker de studerade dåliga dagarna jämfört med dem bra. Detta medför att denna kategori framstår vara av särskild vikt att vidare undersöka med syfte att effektivt identifiera grundorsaker med avsevärd inverkan på produktionsbortfallet.

En ytterligare viktig aspekt att analysera är tidslängden av de inträffade driftstoppen, längderna kan skilja sig åt mellan driftstoppen även om medeltidslängden inte gör det. För att utreda huruvida det föreligger skillnader avseende tidslängden av driftstoppen, kan medeldriftstopplängden jämföras för de bra och dåliga produktionsdagarna, vilket kan ställas i relation till medelvärdet för hela den undersökta perioden. Tabell 7 presenterar en sammanställning av analysen vilken även inkluderar en uppdelning mellan dag- och kvällsskift.

Medeldriftstoppstid			
Brytpunkt	Alla	Bra	Dåliga
1 december 2011 - 29 februari 2012			
Enhet	Minuter		
6 minuter	Skift 1		
Under	1,3	1,3	1,3
Över och lika med	10,9	10,0	10,2
6 minuter	Skift 2		
Under	1,3	1,2	1,3
Över och lika med	12,0	9,0	12,7

Tabell 7 – Medeldriftstopplängder under den studerade perioden

För samtliga kategorier i tabellen föreligger det ytterst marginella skillnader, avseende driftstopp som varar under sex minuter, mellan kategorierna bra och dåliga dagar samt kategorin alla produktionsdagar, för hela den studerade perioden. Det finns en tendens till kortare medeldriftstoppstid för de bättre dagarna, men eftersom tabellen presenterar avrundade värden med enheten minuter, är tidsskillnaden i praktiken ytterst liten. Det som däremot skiljer sig mellan kategorierna bra och dåliga dagar, är medeldriftstopplängden för driftstopp som överstiger sex minuter.



## 5.2.4 Test av antal driftstopp och brus för respektive skift

Förutsättningarna för dag- och kvällsskiften kan intuitivt antas vara högst jämförbara utan vidare erfarenhet av eller djupa insikter i produktionssystemet. Emellertid är detta ganska långt från verkligheten då det mer eller mindre är konsensus att kvällsskiftet är mer högpresterande. Som tidigare redovisats i tabell 3 på sid 20 har kvällsskiftet avsevärt bättre produktionsresultat för både de bra och dåliga jämförelsedagarna. Dock är det viktigt att betona att detta fenomen inte enbart gäller VCT:s monteringsfabrik. Ett betydligt bättre presterande kvällsskift än dagskift är en vanlig företeelse bland många produktionsanläggningar (Fabrikschef, 2012). Denna företeelse har många förklaringar som exempelvis personalfrånvaro, vilket medför undermålig bemanning. Något som är betydligt vanligare på dagskiftet än kvällsskiftet till följd av bättre möjligheter att åtgärda personalläget (Produktionschef, 2012).

Som det tidigare har framgått i analysen, föreligger det inte några signifikanta skillnader mellan antal brus eller driftstopp jämförelsedagarna emellan. Därtill kan det inte påvisas skillnader gällande antal driftstopp inom kategorierna en till två minuter samt tre till fem minuter, utan enbart inom kategorin sex minuter eller längre. Vidare genomfördes enligt samma metod som ovan, en rad statistiska hypotestester för att utröna huruvida det finns några statistiskt signifikanta och kvantifierbara skillnader i antal driftstopp skiften emellan. Initialt testades hypotesen att det är samma antal driftstopp skiften emellan, vilket redovisas i tabell 8 nedan. Vid jämförelse mellan bra och dåliga dagar, förkastas i detta fall nollhypotesen, till skillnad från tidigare jämförelser. Resultatet från testet påvisar att det med statistik signifikans förekommer fler driftstopp på dagskiften än kvällsskiften.

Test av två stickprov avseende populationsmedelvärde	
Nollhypotes: $\mu_0 = \mu$	$\alpha = 0,05$
$\mu_0$ : Antal stopp dagskift	$\mu$ : Antal stopp kvällsskift
(Oberoende stickprov, olika varians)	
Testparameter	Antal driftstopp
Teststatistika	5,523
Frihetsgrader	89
Kritiskt t-värde, övre	2,10
Kritiskt t-värde, nedre	-2,10
P-värde	0,0000003
Resultat	Förkasta

Tabell 8 – Statistiskt test av antal driftstopp, jämför dag- och kvällsskift

I enighet med tidigare förfarande avseende bra och dåliga produktionsdagar genomfördes även ett statistiskt hypotestest, som redovisas i tabell 9 nedan, av antal förekomster av brus, alltså driftstopp som varar upp till 30 sekunder, mellan dags- och kvällsskiften. Testet utgår i detta fall från nollhypotesen att väntevärdena för antal brus inte skiljer sig åt mellan skiften. Även i detta fall förkastades nollhypotesen, vilket innebär att det med statistisk signifikans inträffar fler brus under dagskiftet jämfört med kvällsskiftet.

Test av två stickprov avseende populationsmedelvärde	
Nollhypotes: $\mu_0 = \mu$ <span style="float: right;"><math>\alpha = 0,05</math></span>	
$\mu_0$ : Antal brus dagskift	$\mu$ : Antal brus kvällsskift
(Oberoende stickprov, olika varians)	
Testparameter	Antal brus
Teststatistika	2,240
Frihetsgrader	82
Kritiskt t-värde, övre	1,99
Kritiskt t-värde, nedre	-1,99
P-värde	0,028
Resultat	Förkasta

Tabell 9 – Statistiskt test av antal brus, jämför dag- och kvällsskift

Den tidigare presenterade jämförelsen mellan bra och dåliga dagar resulterade i att kategorin av driftstopp som varar minst sex minuter kan anses särskilt kritisk för produktionssystemets leveransförmåga. Ett statistiskt test genomfördes för att utvärdera huruvida det även skiljer sig mellan antal förekomster per driftstoppskategori, vilket redovisas i tabell 10 nedan. För samtliga kategorier förkastas nollhypotesen att väntevärdena inte skiljer sig åt. Således är resultatet att det med statistisk signifikans inträffar fler driftstörningar inom varje kategori under dagskiften.

Test av två stickprov avseende populationsmedelvärde			
Nollhypotes: $\mu_0 = \mu$		$\alpha = 0,05$	
$\mu_0$ : Antal stopp dagskift	$\mu$ : Antal stopp kvällsskift		
(Oberoende stickprov, olika varians)			
Intervall	1-2 min	3-5 min	6+ min
Teststatistika	4,72	4,13	4,77
Frihetsgrader	89	89	92
Kritiskt t-värde, övre	1,99	1,99	1,99
Kritiskt t-värde, nedre	-1,99	-1,99	-1,99
P-värde	0,00001	0,00008	0,00001
Resultat	Förkasta	Förkasta	Förkasta

Tabell 10 – Statistiskt test av typer av driftstopp, jämför dag- och kvällsskift

### 5.2.5 Utfall och sammanfattning av statistiska tester

Resultatet från samtliga tester presenteras i tabell 11 nedan. Det förekommer inga statistiskt signifikanta skillnader mellan bra och dåliga produktionsdagar, vare sig antal driftstopp eller brus. Likväl ger de uppkomna driftstörningarna upphov till stopp av varierande tidslängder.

Produktionsdagar med mycket brus behöver inte nödvändigtvis medföra ökat produktionsbortfall. Skäl till detta kan vara buffertarnas förmåga att kompensera för kortare störningar samt att förekomsten av mycket brus kan indikera att produktionen fortskridit utan längre driftstopp. Eftersom antal störningar inte skiljer sig åt kan det föreligga betydande skillnader i hantering av driftstörningar mellan olika störningstillfällen. Vidare är det rimligt att anta att vissa störningar kan ha mer diffusa grundorsaker eller medföra mer omfattande korrigeringsarbete. Dessa skillnader påverkas av ett flertal faktorer vilka relaterar till flera av fabriken funktioner, deras kompetens och inbördes kommunikation. Exempel på faktorer är kompetens och uppmärksamhet hos lagledare och produktionsledare samt snabbt och effektivt agerande i kombination med lämplig kompetens hos

underhållstekniker. Detta motiverar en vidare undersökning av alla driftstopp tillhörande den kritiska driftstoppskategorin, stopp över eller lika med sex minuter, för att utreda vilka faktorer som är av särskild vikt för att minimera effekterna av inträffade störningar.

Test av två stickprov avseende populationsmedelvärde				Testparameter	Antal brus
Nollhypotes: $\mu_0 = \mu$ (Oberoende stickprov, olika varians) $\alpha = 0,05$				$\mu_0$ : Antal brus bra dagar	$\mu$ : Antal brus dåliga dagar
				Resultat	Förkasta ej
				$\mu_0$ : Antal brus dagskift	$\mu$ : Antal brus kvällsskift
				Resultat	Förkasta
Intervall	1-2 min	3-5 min	6+ min	Testparameter	Antal driftstopp
$\mu_0$ : Antal driftstopp bra dagar	$\mu$ : Antal driftstopp dåliga dagar	$\mu_0$ : Antal driftstopp bra dagar	$\mu$ : Antal driftstopp dåliga dagar		
Resultat	Förkasta ej	Förkasta ej	Förkasta	Resultat	Förkasta ej
$\mu_0$ : Antal stopp dagskift	$\mu$ : Antal stopp kvällsskift	$\mu_0$ : Antal stopp dagskift	$\mu$ : Antal stopp kvällsskift		
Resultat	Förkasta	Förkasta	Förkasta	Resultat	Förkasta

Tabell 11 – Sammanfattning av statistiska tester

Vidare styrks den presenterade hypotesen om sex minuter som kritisk gräns vid driftstopp av oberoende undersökningar som genomförts av flödes- och simuleringsansvarig, på avdelningen för layout- och flödesförbättring på VCT. Därtill visar resultatet av dessa att den nedre gränsen för driftstopp som är särskilt kritiska för produktionsbortfallet är belägen mellan fem och åtta minuter. Detta anses bero på aktuella buffertnivåer samt var i flödet driftstörningen uppkommer. (Flödes- och simuleringsansvarig, 2012)

### 5.3 Strategisk målsättning och kategorisering av driftstopp

Varje produktionsledare har ett mål beträffande antalet driftstoppminuter som är baserat på den tid banavsnittet anses kunna stå stilla och ändå ha möjlighet att nå produktionsmålsättningen. Målsättningarna är beräknade utifrån antal bilar som måste produceras under det aktuella skiftet samt antal produktionsminuter fabriken har till förfogande. Vidare genomförs kontinuerliga inrapporteringar av driftstoppminuter för varje skift med uppföljning avseende hur väl varje produktionsavsnitt uppfyllt sina respektive mål. (Produktionschef, 2012)

Måluppfyllning driftstopp		PRE-TRIM	TRIM	FINAL
Medelvärde av driftstopp		[minuter per skift]		
Skift 1	Inklusive följdstopp	491	243	23
	Exklusive följdstopp	351	145	21
Skift 2	Inklusive följdstopp	428	198	25
	Exklusive följdstopp	313	117	25
Målsättning driftstopp per skift		178	104	12
Andel PL-områden som klarar målsättningarna		[procentuell andel av samtliga skift]		
Skift 1	Inklusive följdstopp	0%	0%	0%
	Exklusive följdstopp	25%	17%	0%
Skift 2	Inklusive följdstopp	0%	0%	0%
	Exklusive följdstopp	38%	83%	0%

Tabell 12 – Medelvärde och måluppfyllning av driftstopp per produktverkstad

En analys har genomförts där, för varje produktionskift under kvartalet 1 december 2011 till 29 februari 2012, medelvärdet av antal driftstoppminuter har beräknats samt jämförts med målsättningen för monteringsfabrikens tre produktverkstäder. Därtill har antal produktionsavsnitt som lyckats uppfylla sina målsättningar beräknats varvid resultatet åskådliggörs i tabell 12 ovan. Vid beräkning av driftstoppminuter inkluderar inte monteringsfabriken driftstopp orsakade av

följdstopp. Detta kan dock ge en missvisande bild av produktionen, då man endast får en uppfattning av antal minuter som monteringslinan är nere på grund av egna störningar och inte den totala tiden. Därför utfördes beräkningarna både inklusive respektive exklusive följdstopp. Motiveringen till att exkludera följdstopp är att banavsnitt som inte orsakat stoppet inte heller skall vara ansvarig för stoppet (Flödes- och simuleringsansvarig, 2012).

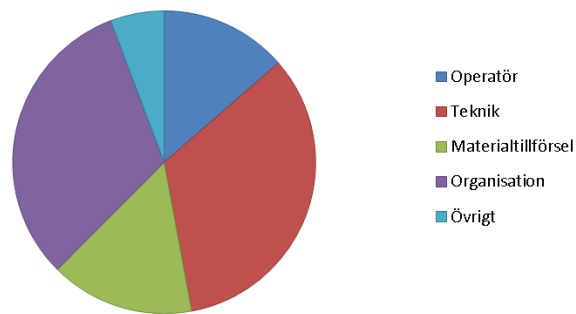
Värt att notera från tabell 12 ovan är att alla produktverkstäder, även exklusive följdstopp, misslyckas att uppnå sina respektive målsättningar avseende driftstopp per skift. Detta bekräftar den digra problembilden i fabriken med mycket driftstopp och stora svårigheter att nå sina produktionsmål. Resultatet för varje produktverkstad har även brutits ner till produktionsavsnittsnivå. Detta visar att inget produktionsavsnitt klarar sin målsättning, inklusive följdstopp. Syftet med målsättning gällande driftstoppminuter är att de skall spegla produktionsbortfallet, dock upplevs det i dagsläget inte vara fallet (Produktverkstadschef, 2012). Detta beror på det tidigare förda resonemanget om att produktionssystemet klarar av att kompensera för vissa typer av driftstörningar bättre än andra. Därför bör störningsminuterna tidssegmenteras specifikt för varje banavsnitt, utifrån bland annat det aktuella banavsnittets buffertar.

Med syfte att skapa en bättre bild över orsakerna till driftstörningarna samt skapa förutsättningar för vidare förbättringsarbete, har rapporterade driftstopp över eller lika med den tidigare identifierade kritiska tiden på sex minuter analyserats och slutligen grupperats i lämpliga kategorier. Med hjälp av denna analys förtydligas orsaksområdena som ger upphov till kritiska driftstörningar och således bidrar starkt till produktionsbortfallet.

Samtliga driftstopp som uppgår till minst sex minuter under kvartalet december 2011 till februari 2012 har sammanställts i fem identifierade kategorier: operatör, teknik, materialtillförsel, organisation samt övrigt. I analysen har följdstopp exkluderats då de inte, på ett påtagligt sätt, belyser grundorsaken och snarare är en konsekvens av, istället för en orsak till, driftstopp. Dock riskerar detta förfarande att ge upphov till en ofullständig analys av respektive banavsnitts bidrag till driftstopp. I fall där extraerad data inte givit tillräckligt information om driftstoppsorsaken har avvägningar gjorts utifrån erfarenheter av produktionssystemet samt intervjuer av initierade personer. Utfallet från kategoriseringen är således inte helt felfritt men torde vara tillräckligt precist för att ge en övergripande samt representativ bild av problemsituationen. I ett längre perspektiv kan dock samtliga driftstopp anses vara beroende av den mänskliga faktorn, då fabriken styrs av människor.

Den förstnämnda kategorin, operatör, inkluderar driftstopp som är operatörsberoende och således är driftstopp som kan härledas till operatörerna. Teknikkategorin omfattar alla typer av fel som härrör från fabriken maskinpark, verktyg samt informationssystem. Materialtillförsel innefattar driftstopp som kan härleddas till fabriken logistiska funktioner och utgörs exempelvis av materialbrist, karossbrist samt defekta komponenter. Organisationskategorin syftar till att omfattade de driftstopp som kan härröras till aktiviteter såsom planering och styrning. Avslutningsvis inbegriper kategorin övrigt de driftstopp där den faktiska orsaken är oviss.

### Summa stopptid i minuter - orsakskategori



Figur 8 – Summa av driftstoppminuter per orsakskategori för driftstopp över sex minuter

Figur 8 ovan åskådliggör utfallet från kategoriseringen med avseende på summan av driftstoppminuter för respektive kategori. Teknik är den enskilt största kategorin och utgör över en tredjedel av alla driftstopp under den studerade perioden. Vid vidare analys av studerad data framkommer det att en betydande andel av de teknikrelaterade driftstoppen återfinns i de maskintunga banavsnitten L5A, L7A samt Marriage point. L5A samt L7A står för 13 procent och Marriage point för elva procent av alla driftstoppminuter, för de driftstopp som varar minst sex minuter. I operatörs kategorin utgör speciella fall av massfrånvaro orsaken till 32 procent av driftstoppminuterna. I de flesta fall av dessa fall kan externa orsaker vara en påverkande faktor, exempelvis oväder och trafikomläggning (Produktionschef, 2012). Övrig andel av operatörsberoende driftstopp utgörs till stor del av material, kablage eller fixturer som fastnat eller fixerats i fel läge.

Materialtillförseln är helt avgörande i fallen när det föreligger brist av artiklar och komponenter. Driftstopp till följd av skadade eller någon annan form av defekta artiklar är relativt få i sammanhanget. Uppemot 26 procent av driftstoppminuterna i kategorin materialtillförseln kan härröras till Doorline-avsnitten. I organisationskategorin utmärker sig två huvudsakliga orsaker till driftstopp som är båda av typen briststopp, palettbrist som står för 16 procent respektive flakbrist som står för 20 procent av driftstoppminuterna, vilka båda kan förklaras av undermålig planering (Chef styrning, 2012). Inom samma kategori kan 33 procent av driftstoppminuterna kopplas till så kallade produktionslagsstopp och uppstartsmöten. Behovet samt effekten av möten är svårbedömt, men värt att notera i sammanhanget är att möten står för elva procent av det totala antal driftstoppminuter i studien, det vill säga cirka 410 minuter per månad. Slutligen utgör kategorin övrigt endast sex procent av alla driftstopp som varat minst sex minuter och föranleder därmed ingen vidare analys.

Avslutningsvis genomfördes en indelning av analyserade driftstopp utifrån banavsnitt. Resultatet ger information om kritiska banavsnitt längs produktionsflödet och således var fabriken skall rikta sina resurser för vidare förbättringsarbete. Resultatet visar att L5A, L7A, Doorline-avsnitten samt Marriage point står för de flesta av driftstoppminuterna där driftstoppen varar minst sex minuter.

## 6. Analys av det produktionstekniska systemet

---

*Detta kapitel sträcker sig över produktionens funktioner och processer ur en teknisk synvinkel med syfte att analysera och förklara bakomliggande orsaker till resultatet av tidigare presenterade tester. Således avgränsas kapitlet från organisatoriska och sociotekniska aspekter vilka istället beaktas i efterföljande kapitel. Ur denna produktionstekniska utgångspunkt analyseras fabriken layout med banavsnitt, buffertar, och följdstopp som fokuspunkter. Vidare utgör taktbegreppet och kapacitetsutnyttjande centrala delar i produktionssystemet samt dess inverkan på produktionen redogörs ingående. Fabriken maskiner och utrustning utreds kortfattat med inriktning på kvalitetshjälpande utrustning. Slutligen undersöks produktkomplexitet med fokus på variantmix och hur denna aspekt resulterar i högre produktionskomplexitet och potentiellt produktionsbortfall.*

---

Med syfte att analysera samt förklara VCT:s produktionsbortfall relativt planerad produktionsmålsättning genomfördes en undersökning där bra och dåliga produktionsdagar med bättre respektive sämre produktionsresultat identifierades. De utvalda dagarna jämfördes och utvärderades sedan med statistiska tester för att kunna klassificera samt karaktärisera kategorierna emellan, och därmed möjliggöra identifikation av de driftstopp som är mest kritiska för produktionsbortfallet. Resultatet från undersökningen visar att det föreligger en statistisk signifikant skillnad i antal driftstopp som varar sex minuter eller längre. Utfallet av de genomförda testerna kan motiveras och förklaras genom vidare analys av produktionssystemets tekniska karaktär och dess förmåga att dämpa och kompensera för störningar. För att underlätta förståelsen för produktionssystemets komplexitet och den analys som presenteras, följer härmed en kort och övergripande introduktion till fabriken beskrivet utifrån dess funktioner och processer.

Monteringsfabriken består rent fysiskt av en maskinpark, flera banavsnitt, buffertar samt produkter och artiklar som flödar längs fabriken monteringslina. Uppbyggnaden av dessa formar, tillsammans med organisatoriska aspekter, fabriken och dess prestanda. Produktionsmaterial som antrar systemet färdas längs en monteringslina, vars hastighet avgörs av takten, som således styr vilket produktionsresultat som kan uppnås. Maskinparken begränsar fabriken kapacitet rent tekniskt vilket därmed begränsar produktionsresultatet. (Produktionschef, 2012) Därtill begränsas flexibiliteten i produktionen eftersom maskiner ofta har en specifik funktion och utför specifika arbetsmoment. Även buffertar, vars kapaciteter var fixa för den studerade perioden, påverkar produktionsresultatet genom att, som tidigare nämnts, delvis frikoppla banavsnitt. Buffertarna kan reducera följdstopp och briststopp genom att förhindra att driftstopp fortplantar sig till framförvarande respektive efterföljande banavsnitt och styr därmed förmågan att uppnå planerad produktionsmålsättning (Jonsson & Matsson, 2011). Själva produkterna, eller bilarna i monteringsfabriken fall, skiljer sig åt beträffande monteringsförfarandet, varvid det ställs varierande krav på monteringslinan och dess uppbyggnad. Slutligen påverkar artiklarna produktionssystemet genom att bidra till monteringskomplexitet och de krav som ställs på den interna logistiken.

Till skillnad från personal som kan anställas och utbildas på kort varsel samt planering och metodik som kan modifieras eller ersättas på relativt kort sikt, bidrar de produktionstekniska aspekterna till ett mer statiskt produktionssystem. Möjligheten att förändra systemet utan större investeringar är begränsad (Fabrikschef, 2012). Däremot finns det möjligheter att ändra till exempel takt, balansering och sekvensering för att i högre mån uppnå produktionsmålen, trots fabriken fysiska begränsningar. Utvärdering av de tekniska aspekterna i ett produktionssystem bör utgå från att minimera

driftstörningar eftersom dessa har en stark påverkan på produktionsresultatet, enligt tidigare fört resonemang. Analysen som presenteras i kapitlet bygger på denna utgångspunkt.

## **6.1 Monteringsfabrikens layout och tekniska mekanismer**

Monteringsfabriken i Torslanda har en mycket komplex layout på grund av diverse ad hoc-lösningar till följd av att nya bilmodeller introducerats vilka har ställt skiftande och utökade krav på fabriken (Flödes- och simuleringsansvarig, 2012). VCC:s monteringsfabrik i Gent, som i detta fall kan fungera som jämförelseobjekt, präglas istället av ett strömlinjeformat flöde där motsvarigheten till produktverkstäderna Pre-trim och Trim löper på var sin sida i fabriken (Fabrikschef, 2012). Den enskilt största skillnaden mellan fabriken är Gentfabrikens större buffertar samt möjlighet till parallellflöde vid fyra kritiska banavsnitt. Detta kan vara en potentiell förklaring till varför fabriken i Gent inte präglas av samma problem med produktionsbortfall som fabriken i Torslanda. Parallellflöden av denna typ existerar inte i monteringsfabriken, varvid fabriken är känsligare för driftstopp på grund av avsaknad av möjligheter till isolering av fel. Således ökar risken för att driftstopp fortplantar sig längs monteringsflödet, vilket i slutändan kan leda till produktionsbortfall. (Produktionschef, 2012)

Ett produktionssystem, likt monteringsfabrikens med buffertar som frikopplar banor, är ett flexibelt system på så vis att takter kan justeras individuellt för varje banavsnitt utan direkta konsekvenser för kringliggande banavsnitt. Vidare har monteringsfabriken, likt alla andra produktionssystem, kritiska stationer och banavsnitt som gör systemet känsligt för störningar, och således behövs därför någon form av dämpningsmekanism vid driftstörningar. Dessa dämpningseffekter utgörs främst av buffertar vilka generellt sett är uppbyggda i form av ett seriekopplat fält med accelerationsfält i vardera änden till övriga monteringslinan. (Produktionschef, 2012) Många buffertar härstammar från en tid då måltakten på monteringslinan var betydligt lägre, något som kan medföra problem vid ökad takt, som är fallet för monteringsfabriken. Accelerationsfältet evakuerar slutet av varje banavsnitt och får aktuell bil att snabbt förflyttas till bufferten för att där mellanlagras, innan den sedan accelereras igen när den nått slutet av buffertavsnittet och åter skall äntra ett balanserat banavsnitt. Problemen vid ökad takt är att vissa accelerationsfält är så pass långsamma att de mer eller mindre går i bantakt, vilket kan medföra briststopp på efterföljande banavsnitt. Resultatet blir att bufferten i realiteten får mindre kapacitet än den är menad att ha. (Flödes- och simuleringsansvarig, 2012)

### **6.1.1 Systemlogik**

Ett produktionssystem behöver någon form av automatiserad styrning av aktiviteter som exempelvis tidpunkten då en bil i en buffert skall accelereras in på efterföljande banavsnitt. Detta styrs i dagsläget av diverse givare och brytare som används för att uppnå logik i produktionssystemet. Denna logik brister dock emellanåt, främst vid synkronisering av rörelser som inte tillåter buffertar att utnyttja sin maximala kapacitet. Problemen gör sig framförallt påmind i buffertar med relativt låg kapacitet med komplexa rörelsescheman. Ett tydligt exempel på företeelsen är bufferten mellan banavsnitten 1-30 och 1-3 som utgörs av ett accelerationsfält ut från 1-30, en hiss upp till en transportlina som vrider och förflyttar bilen till en annan hiss vilken sedan sänker ner bilen till 1-3. Logiken i systemet leder till att onödiga stopp uppkommer då bilen inte kan förflyttas från hissen efter 1-30, innan bilen framför vridits och förflyttats, trots tillräckligt utrymme för att undvika kollision. Detta leder i sin tur till att hissen efter 1-30 hamnar i ett vänteläge då den står i toppläge med en bil. När bilen förflyttats och hissen åter kan sänkas kan det hända att 1-30 redan hunnit

stanna i följdstopp. (Flödes- och simuleringsansvarig, 2012) Genom att ändra logiken för att tillåta hissen att sänkas redan innan bilen framför vridits, skulle ett jämnare flöde lokalt kunna uppnås. En sådan åtgärd hade dock, med nuvarande hårdvara i form av exempelvis givare, inneburit att systemet inte skulle ha information om bilens position. (Produktionschef, 2012) Sådana åtgärder hade möjligtvis inneburit ökad systemkomplexitet samt ökade kostnader. Kostnader för att uppgradera systemet kan vara motiverade, men först efter att de ställts i relation till eventuella besparingar en sådan lösning hade kunnat ge.

Förklaringen till hur dagens produktionssystem ser ut rent fysiskt, beror som tidigare nämnts på diverse kompromissartade lösningar på layoutproblem (Flödes- och simuleringsansvarig, 2012). Sådana typer av lösningar tillåter systemet att tillverka de bilar kunder efterfrågar och kan kortsiktigt vara motiverat. På lång sikt kan emellertid kompromissartade lösningar missgynna företaget då komplexitet adderas och systemet blir svårare att överblicka. Däremot finns lösningar som inte gynnar systemet totalt sett, varken på lång eller kort sikt. Synkroniseringslösningar som begränsar systemets flexibilitet är ett exempel på en sådan lösning. Förändring av ett systems logiklösningar borde dock vara en försumbar kostnad i sammanhanget. Således förefaller det finnas andra, bakomliggande, anledningar än kostnader till att systemet inte alltid har den bäst anpassade logiken. Potentiella förklaringar till detta skulle kunna vara bristande kunskap hos personerna som installerat systemet eller fattat beslut i frågan samt det faktum att frågan är nedprioriterad. Med kunskap menas här specifik systemkännedom om monteringsfabriken, men även buffertars generella betydelse för ett produktionssystem. Ökning av buffertarnas kapaciteter, genom att bygga ut dem, är på kort sikt mycket problematiskt på grund av monteringsfabrikens fysiska begränsningar. Därför skulle korrigerig av systemets logikupbyggnad kunna få stor genomslagskraft då de mindre buffertarna i systemet utnyttjas mer effektivt. Denna förändring skulle öka buffertkapaciteten, vilket skulle medföra att en ökad flexibilitet i systemet uppnås med små medel.

En ytterligare förklaring till synkroniseringsproblemen skulle kunna vara att logiken konstruerats för många år sedan. Då buffertars reella kapaciteter minskar när takten i systemet ökar, kan det hända att synkroniseringsfelen inte utgjorde något problem då takten var lägre, och således inte ägnades någon uppmärksamhet. Samma resonemang som ovan gäller dock även i detta fall, då symptomen är densamma, det vill säga underutnyttjande av buffertar och onödigt många driftsstopp till följd.

### **6.1.2 Takt och kapacitetsutnyttjande**

De tidigare redovisade statistiska testerna påvisade, med statistisk signifikans, det relativt anmärkningsvärda resultatet att totala antalet driftsstopp under en dålig produktionsdag inte skiljer sig från en bra. Detta kan förklaras av att antalet störningskällor i produktionen är någorlunda konstanta över tiden. Det är snarare driftstoppens specifika karaktär, vilket påverkar möjligheterna till snabb och effektiv åtgärdshantering, som avgör huruvida produktionsresultatet påverkas signifikant eller inte. Vidare visade undersökningen att antal brus inte heller skiljer sig åt kategorierna emellan. En potentiell förklaring till denna företeelse kan återfinnas i produktionssystemets tekniska karaktär där övertakt används frekvent. Övertakt, som i princip alla banavsnitt har möjlighet till, kompenserar för kortare driftsstopp varefter produktionsbortfall i viss utsträckning kan undvikas. (Produktionschef, 2012) Intuitivt kan det tyckas att övertakt är suboptimalt då det kan leda till fler störningar och driftsstopp, men så är dock inte fallet (Flödes- och simuleringsansvarig, 2012).



Övertakt har, med avseende på driftstörningar, en dämpande funktion och verkar till att reducera de kortare driftstoppens negativa effekter. Ifall banans grundtakt är 50 bilar per timme, innebär en övertakt på tio procent en reell takt på 55 bilar per timme. Detta genererar fem extra bilar per timme och övertakt kompenserar därmed i detta fall för cirka fem driftstoppminuter per produktionstimme då cykeltiden uppgår till cirka en minut. (Produktverkstadschef, 2012) Emellertid leder brus till produktionsbortfall på de banavsnitt som saknar dämpande och kompenserande mekanismer såsom buffertar och övertakt (Produktionsledare, 2012). Vidare kan kortare driftstopp och brus medföra ytterligare negativ inverkan på produktionssystemets leveransförmåga beroende på hur dessa påverkar montörens möjlighet att arbeta ostört utifrån den standardiserade arbetsprocessen, banavsnittets placering i flödet, den momentana buffertsituationen, tiden mellan kortare driftstopp samt ackumuleringseffekter (Produktionschef, 2012).

Emellertid kan övertakt störa flödet och missgynna systemet som helhet (Flöde- och simuleringsansvarig, 2012). Det är möjligt att övertakt skapar ett ryckigt flöde, där varje banavsnitt har sin individuella takt, vilket leder till brist- alternativt följdstopp. Exempelvis kan övertakt användas för att kompensera för det föreliggande bortfallet när ett specifikt banavsnitt har drabbats av följdstopp, något som dock kan leda till ytterligare följdstopp. Ett banavsnitt som utmärker sig i detta avseende är 1-00, vilket är det enda banavsnittet som inte använder sig av övertakt (Produktionsledare, 2012). Banavsnitt som inte tillåts använda övertakt resulterar i att den aktuella banans produktionsbortfall blir hela systemets bortfall, trots buffertar (Flödes- och simuleringsansvarig, 2012).

Monteringsfabriken i Torslanda ligger på gränsen till vad den klarar av kapacitetsmässigt, till skillnad från Volvos monteringsfabrik i Gent, vilken har hög överkapacitet i jämförelse (Produktionschef, 2012). I monteringsfabriken definieras verkningsgrad som kvoten mellan verklig takt och måltakt. Verkningsgrad kan därför ses som en form av utnyttjandegrad utifrån aktuell måltakt. Dessutom är den totala utnyttjandegraden förhållandet mellan fabriken verkliga och maximala takt, oberoende av måltakt. Verkningsgraden konvergerar mot utnyttjandegraden då måltakt närmar sig produktionssystemets teoretiska maximala kapacitet, vilket är fallet i monteringsfabriken. (Produktionschef, 2012) Approximationen att verkningsgrad sammanfaller med utnyttjandegrad kommer att användas i resonemanget som följer.

Det finns en målkonflikt mellan kort genomloppstid och hög utnyttjandegrad. Önskas hög utnyttjandegrad måste långa genomloppstider accepteras. Det andra alternativet är att acceptera låg utnyttjandegrad, det vill säga låg verkningsgrad i fallet med monteringsfabriken, och erhålla korta genomloppstider. (Slack et al., 2009) Konsekvensen av målkonflikten blir således längre genomloppstid vid högre utnyttjandegrad, vilket är fallet i monteringsfabriken. Förklaringen till att nettotakt understiger måltakt beror på förekomsten av driftstopp, något som är föga förvånande då utrustning belastas kraftigt vid hög takt, speciellt då det förebyggande underhållet är eftersatt, vilket medför känsligare maskiner. (Chef produktionsteknik, 2012), (Fabrikschef, 2012) En förklaring till det eftersatta underhållet kan dels härledas till åtstramningar under finanskrisen och dels tidigare ägandeförhållanden då Ford var ägare till VCC under större delen av 2000-talet. Detta har följaktligen fått betydande konsekvenser när det gäller förebyggande underhåll och modernisering av maskinparken på grund av hårt åtdragen budget. (Fabrikschef, 2012)

Monteringsfabriken i Gent har högre produktionskapacitet och en utnyttjandegrad på 92 procent. Fabriken i Torslanda har nära 100 procents verkningsgrad. (Produktionschef, 2012) Som tidigare nämnts, kan utnyttjandegraden i monteringsfabriken approximeras som verkningsgrad, och således har fabriken nära 100 procents utnyttjandegrad. Produktionssystemet blir mindre störningskänsligt vid hög utnyttjandegrad om processerna i hög utsträckning är standardiserade (Slack et al., 2009). Monteringsfabrikerna i både Torslanda och Gent kan antas ha standardiserade processer med låg processvariation till följd av att de bedriver vad som kallas massproduktion (Clarke, 2005). Detta kan till viss del förklara hur Gentfabrikens lägre utnyttjandegrad, på 92 procent, kan ha stor genomslagskraft gällande antal driftstörningar. Därigenom förtydligas hur Torslandafabrikens höga utnyttjandegrad kan vara en potentiell förklaring till fabriken produktionsbortfall och låga nettotakt. Produktionschef Magnus Prim (2012-04-18) uttryckte i en intervju vad som händer då han sänker takten när systemet lider av störningar:

*"Ibland får vi ut fler bilar genom att sänka takten"*

Citatet ovan bekräftar fenomenet att lägre utnyttjandegrad kan innebära färre driftstörningar. Reduktion av antal driftstopp i monteringsfabriken genom att sänka utnyttjandegraden bör emellertid varken ses som det enda eller nödvändigtvis bästa tillvägagångssättet. Det minst ekonomiskt betungande kan vara att behålla hög utnyttjandegrad och hantera det till synes ofrånkomliga produktionsbortfallet med extrainsatta skift vid ett senare tillfälle, i stället för att sänka takten och belastas med kostnader för överkapacitet. Sänkning av takten skulle i dagsläget dessutom betyda att utöka från två till tre skift per dygn, om samma efterfrågan önskas tillgodoses. Det viktiga är dock att inte motarbeta eller ignorera den ovan nämnda målkonflikten utan snarare att acceptera och agera i enighet med den.

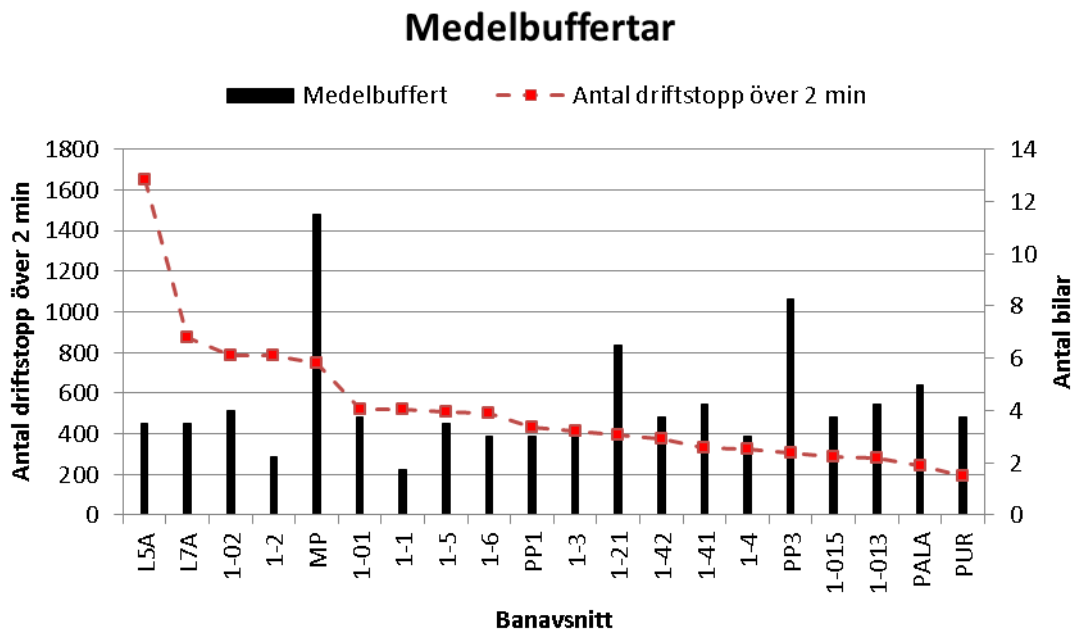
Den diskuterade målkonflikten innebär att det föreligger svårigheter att uppnå högt kapacitetsutnyttjande i kombination med önskad nettotakt utifrån måltakt. Monteringsfabriken önskar, som tidigare nämnts, erhålla hög utnyttjandegrad samtidigt som störningar minimeras. Därför är det intressant att undersöka fabriken layout vilken innefattar maskiner, utrustning och buffertar som påfrestas till följd av målkonflikten.

### **6.1.3 Buffertar och dämpningsmekanismer**

På basis av tidigare presenterad information, beträffande hur vissa typer av driftstopp är mer drivande för produktionsbortfallet än andra, motiveras en vidare undersökning av systemets förmåga respektive oförmåga att kompensera för störningar som resulterar i driftstopp av varierande tidslängd. Produktionssystemets förmåga att kompensera för vissa typer av driftstörningar är starkt korrelerat till buffertnivåerna på respektive banavsnitt.

Med syfte att vidare styrka samt förklara bakomliggande orsaker till den presenterade tesen att driftstopp över eller lika med sex minuter är särskilt drivande för produktionsbortfallet genomfördes en undersökning. Data beträffande fabriken buffertar med tillhörande maxkapacitet, insamlades samt analyserades. Vidare beräknades antalet driftstopp som överskrider två minuter för samtliga banavsnitt för den studerade perioden, 1 december 2011 till 29 februari 2012. Därefter valdes de 20 banavsnitt med högst antal driftstopp ut för att analyseras vidare. Figur 9 nedan presenterar resultatet, där banavsnittet är sorterade utifrån fallande antal driftstopp. Valet av att beräkna antalet driftstoppminuter över eller lika med två minuter grundar sig i risken för snedvriden fördelning, ifall driftstopp under två minuter även skulle inkluderas. Detta på grund av att större delen av alla

driftstörningar resulterar i kortare driftstopp och brus. Därmed skulle banavsnitt ha valts utifrån brus snarare än driftstopp, som har större inverkan på produktionsbortfallet, vilket skulle motverka syftet med analysen.



Figur 9 – Medelbuffertar

Beräkningen av aktuella buffertnivåer på respektive banavsnitt utgick från att nivåerna i buffertarna över tid uppgår till hälften av sin maxkapacitet, vilket enligt VCT:s flödes- och simuleringsansvarige är ett rimligt antagande som ger en representativ bild av det verkliga systemet (Flödes- och simuleringsansvarig, 2012). Vidare är ambitionen i fabriken, med syfte att skapa flexibilitet i flödet, att ha buffertnivåer som uppgår till cirka halva maxkapaciteten (Layoutansvarig, 2012). Detta för att tillåta kortsiktig taktvariation före och efter bufferten. Ett flertal av driftstoppen i monteringsfabriken är följdstopp som beror på fulla buffertar. En full eller tom buffert fungerar inte som tänkt eftersom en full buffert är buffert till efterföljande banavsnitt men inte till föregående, och vice versa. Därför gör en buffertsituation, som det ovan beskrivna, med fulla respektive tomma buffertar, att systemet blir mycket känsligt för störningar. (Flödes- och simuleringsansvarig, 2012) Emellertid fluktuerar buffertnivåerna kraftigt, vilket behandlas i efterföljande avsnitt där konsekvenserna av variationerna beskrivs som brist- respektive följdstopp. Analysen av kritisk driftstoppstid bortser dock från dessa variationer och beaktar endast medelbuffertnivåer.

Vid analys av buffertdata för den aktuella perioden framkom det att medelbuffertstorleken för de 20 utvalda banavsnitten under den studerade perioden uppgår till cirka 4,5 bilar. Detta innebär att systemet, med periodens aktuella takt på 55 bilar per timme, klarar av att kompensera för driftstopp som uppgår till approximativt fem minuter. Förklaringen till att driftstopp som varar minst sex minuter är starkt bidragande till produktionsbortfall grundar sig således i buffertarnas oförmåga att dämpa driftstörningar, till följd av storleken på buffertarna i förhållande till takten. Vidare bidrar även avsaknad av mekanismer för att kompensera för driftstopp över denna tidslängd till utfallet, då övertakt enbart kan kompensera för brus samt kortare driftstörningar. Den kritiska tiden påverkas av kombinationen av aktuell takt samt buffertkapacitet på det specifika banavsnittet. En eventuell

taktökning minskar den reella bufferten och produktionen erhåller så kallade icke-buffertar, det vill säga buffertar som frångår sin primära funktion som dämpande effekt vid driftstörningar och istället enbart utgör transportsträcka. Icke-buffertar uppkommer då bilar kontinuerligt transporteras genom bufferten istället för att momentant mellanlagras och således verka som buffert. Även större buffertar drabbas vid hög takt, men inte i lika stor utsträckning som små buffertar, och får endast aningen mindre reell kapacitet. Därtill minskar, till följd av ökad takt, fyllnadstiden som är tiden innan följdstopp, samt tömningstiden, som är tiden det tar att tömma bufferten, till den nivå där det är möjligt att upprätthålla produktion på efterföljande banavsnitt. En reducerad fyllnadstid samt tömningstid medför ökad risk för fabriken att drabbas av följd- respektive briststopp. (Flödes- och layoutansvarig, 2012) Därför är det av yttersta vikt att ta hänsyn till de fasta buffertkapaciteterna vid taktökningar då buffertarnas störningsdämpande egenskaper avtar, givet samma fysiska och tekniska buffertförutsättningar. Buffertstorlekarna kan rentav bli en faktor som orsakar driftstopp på kringliggande banavsnitt ifall de inte är adekvat dimensionerade och således inte klarar av att frikoppla banavsnitt, vilket kan resultera i något som tidigare i rapporten har definierats som brist- och följdstopp.

I monteringsfabriken, liksom andra produktionssystem, är det möjligt att dölja problem via ökad kapitalbindning i form av större buffertar som tillåter fler samt längre driftsstörningar (Flödes- och simuleringsansvarig, 2012). Detta kan ge intrycket av att systemet fungerar bättre än det egentligen gör. Emellertid är den nuvarande målsättningen vid förändringar i fabriken layout att, med syfte att reducera konsekvenserna av driftstörningar, dimensionera för buffertar med så stor maxkapacitet som möjligt. För ett par år sedan strävade fabriken istället efter att minimera produkter i arbete, men detta var dock inte ekonomiskt försvarbart. Detta då de uppkomna driftsstörningarna, till följd av minskade buffertar, visade sig vara betydligt mer kostsamma än den ekonomiska förtjänsten av reducerad kapitalbindning. Denna erfarenhet ligger till grund för dagens policy att dels dimensionera för så stora buffertar som möjligt och dels betrakta kapitalbindningskostnaderna som försumbara i sammanhanget. (Layoutansvarig, 2012) Även produktionschefen (2012) delar denna uppfattning men poängterar samtidigt att det är en avvägning mellan att dämpa driftsstörningar och dölja problem i produktionen. Dimensionering av buffertar är ett strategiskt beslut och innefattar beslut avseende längden på de driftstopp respektive banavsnitt skall kunna kompensera för (Flödes- och simuleringsansvarig, 2012).

Emellertid kan förekomsten av buffertar i fabriken strida mot produktionsfilosofin lean production som starkt genomsyrar och präglar Volvos egen produktionsfilosofi. Filosofin karaktäriseras av ständig strävan att eliminera all form av icke värdeskapande aktiviteter, även kallat muda. (Åhlström, 1997) Värde måste enligt Womack och Jones (1996) avse slutkundens uppfattning om vad värde innebär, för att begreppet skall ha någon mening. Vidare är eliminering av muda, som förekommer i sju olika former (Slack et al., 2011), en av de principer som utgör byggstenarna inom lean production (Åhlström, 1997). Dessa sju former av muda har i högsta grad anammats av monteringsfabriken genom att arbetslagen identifierar och strävar efter att eliminera vad de kallar sju slöserier, vilket kontinuerligt redovisas på arbetslagens tavlor. Lagerhållning i alla dess former, exempelvis i form av buffertar mellan banavsnitt, är en av de identifierade källorna till slöseri. Grundtanken med att eliminera slöseri i fabriken är att minska de totala kostnaderna i produktionssystemet samt förbättra arbetsprocesserna, vilket leder till ökad operationell effektivitet. (Liker & Meier, 2006)

Lager leder till ökade genomloppstider samt döljer felaktigheter och problemområden i produktionen såsom defekter och olika former av driftstörningar (Liker & Meier, 2006). Vidare bidrar lagerhållning till att driva upp nivåerna av produkter i arbete i fabriken och påverkar enligt DuPont-modellen sålunda, i form av ökade omsättningstillgångar, företagets avkastning negativt (Hansson et al., 2006). Lager och dess funktion i produktionen kan liknas vid den så kallade japanska sjön (Liker & Convis, 2012), där vattnet i sjön representerar lager som döljer problem. Dessa illustreras med hjälp av stenar vilka orsakar turbulens i flödet. Genom att gradvis sänka vattennivån i sjön, det vill säga minska nivån på buffertar samt andra former av dämpande mekanismer, förs problem till ytan som kan identifieras och sedan åtgärdas. (Slack et al., 2009)

Detta förfarande lyfter Liker och Convis (2012) fram som en viktig del av ledarutvecklingen då ledare får erfarenhet av verkliga problem snarare än iscensatta. Detta kräver dock att ledarna har tillräckligt stöd i termer av mentorer, utbildning samt adekvata resurser för att lösa problemet utifrån produktionssystemets metodik och vidareutveckla processerna på ett önskvärt sätt. Emellertid bör inte buffertar och andra former av lager elimineras helt godtyckligt, då de existerar av en orsak, varvid fabriken bör åtgärda orsakerna till problemen först (Åhlström, 1997). Monteringsfabrikens förhållningssätt till buffertar kan beskrivas som att de analogt önskar höja vattennivån i den japanska sjön med syfte att dämpa driftstörningar. Poängteras bör emellertid att monteringsfabriken är mycket gammal, varvid att lösa problem på ett teoretiskt korrekt sätt bör inte i samtliga fall anses vara det enda eller mest lämpliga sättet. I det aktuella fallet kan det mycket väl anses vara det mest realistiska och kostnadseffektiva tillvägagångssättet att låta befintliga, svåråtkomliga, problem bestå och istället kompensera för dessa med hjälp buffertar.

Tidigare användes ett automatiskt buffertstyrningssystem som utgick från en grundtakt med SBS-stopp som, med syfte att minimera följd- och briststopp, ökar bantakten när framförvarande buffert börjar bli tom respektive sänker den när bufferten börja bli full (Flödes- och simuleringsansvarig, 2012). Dock är den automatiska buffertstyrningen urkopplad till förmån för manuell styrning som är baserad på personlig kunskap om exempelvis personalläge och prestation. Fördelen med ett sådant tillvägagångssätt är möjligheten att flexibelt kunna tömma och fylla buffertar vid behov. Vidare ger manuell styrning möjlighet att bäst utnyttja systemets skillnader mellan dag- och kvällsskift. Skillnader som i mångt och mycket består i organisationsrelaterade aspekter då, i princip, allt annat är lika mellan skiften. Produktionschefen har ambition att sänka takten på banavsnitt som lider av mycket följdstopp med syfte att erhålla ett jämnare flöde. (Produktionschef, 2012) Ett jämnare flöde anses kunna hjälpa montörerna att standardisera sitt arbetssätt vilket i sin tur leder till kvalitetsförbättringar och förbättrat produktionsresultat (Liker & Meier, 2006).

Det finns en rad potentiella orsaker som kan ligga till grund för de skillnader avseende produktionsresultat mellan skiften, vilka behandlas senare i kapitel 7. Det förekommer dock även produktionstekniska skillnader mellan skiften. Ett exempel på detta är att dagskiftets produktionschef skapar förutsättningar för kvällsskiftet. Med det menas att ett strulande dagskift som lider av produktionsbortfall i någon mening kan offras till förmån för kvällsskiftet. I praktiken innebär det att produktionschefen sänker takten i början av produktionsflödet för att skapa ett större sug i systemet och på så sätt tömma buffertar, samtidigt som denne strävar efter att nå ett godtagbart produktionsresultat. Detta innebär att förutsättningar skapas för kvällsskiftet att återhämta det dagskiftet misslyckats producera, vilket kan göras till följd av att de i större utsträckning kan producera med högre takt utan att följd- respektive briststopp inträffar. Detta beror

på att kvällsskiftet lider av färre driftstörningar, enligt tidigare analys. Dagskiftet försätts alltså i ett passivt läge till dess att kvällsskiftet kan utföra det som dagskiftet inte anses klara av, det vill säga att återhämta produktionsbortfallet. När förutsättningar på detta vis skapas, minskar buffertnivåerna påtagligt vilket ökar känsligheten för driftstopp i produktionssystemet. Detta är ett förfarande som produktionschefen (2012) i många fall anser vara värda att ta. (Produktionschef, 2012)

Så kallade asynkrona flexibla monteringsprocesser, likt monteringsfabrikens, utgörs av banavsnitt som till viss del kan verka oberoende av varandra, i detta fall till följd av buffertar. Sådana processer utgör diskreta stokastiska optimeringsproblem vad gäller buffertnivåer mellan varje banavsnitt. Det finns en optimal uppsättning differentierade buffertnivåer som beror på ett stort antal stokastiska variabler, exempelvis buffertkapaciteter och antal produkter i arbete. (Liu & Sanders, 1988)

Monteringsfabriken mäter och besitter data i stora mängder, som bland annat anger driftsstopsfrekvens på respektive banavsnitt (Produktionschef, 2011). Detta skulle kunna användas för att differentiera buffertnivåer. För att differentiera buffertnivåer optimalt, krävs dock avancerade metoder av exempelvis Monte Carlo-typ (Liu & Sanders, 1988). I detta fall innebär det att systemet representeras med hjälp av en statisk simuleringsmodell vid en viss tidpunkt (Banks et al., 2001). Differentiering av buffertnivåer kan uppnås genom att styra systemet manuellt och således utan att använda komplexa metoder. Dock kan ett automatiserat buffertstyrningssystem som saknar optimerade nivåer, till viss del vara underlägsen manuell styrning som baseras på erfarenhet och systemkänedom.

#### 6.1.4 Fortplantning av driftstopp i produktionen

Ett vanligt förekommande problem som utgör den enskilt största kategorin av driftstoppminuter är följdstopp. Kvantitativt står följdstopp, under det studerade kvartalet, 1 december 2011 till 29 februari 2012, för cirka 30 procent av alla driftstopp och medelföljdstopplängden uppgår till drygt två minuter. Problemet magnitud samt kopplingen till banavsnittens taktförhållande och störningskänslighet innebär att följdstoppsituationen utgör ett särskilt intressant område för analys.

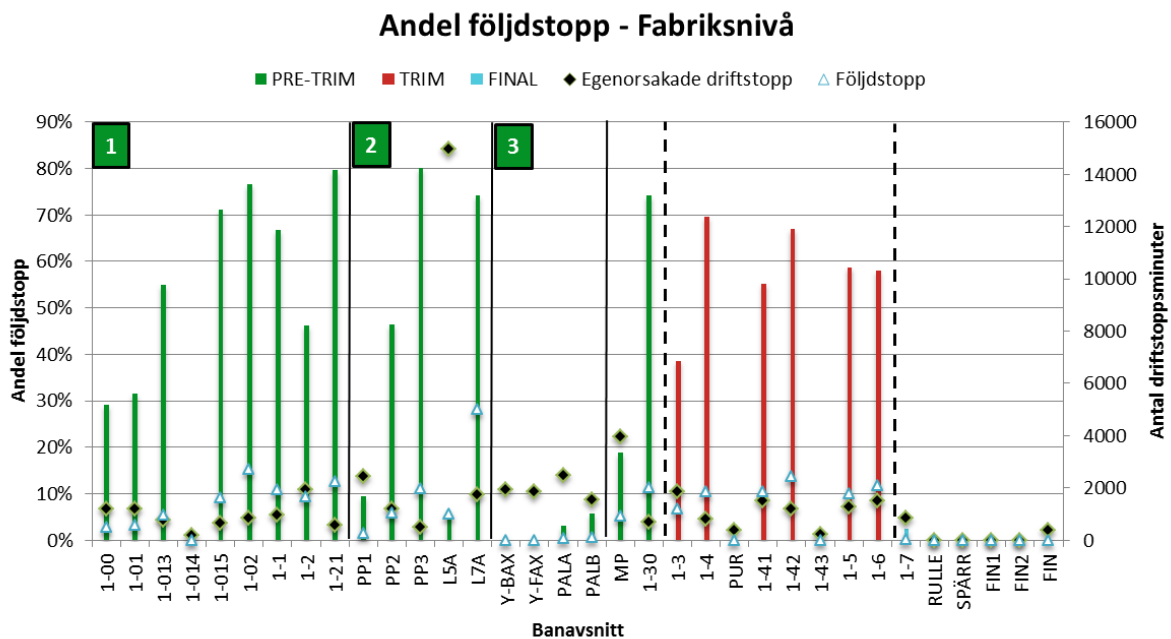
Pull och push är två diametralt motsatta flödesprinciper och valet mellan dessa kan i viss mån avgöra huruvida följdstopp förekommer eller inte. Vid ett rent pull-system drar framförvarande banavsnitt fram monteringsobjektet längs flödet. Push innebär bildligt uttryckt att trycka vidare monteringsobjekt och producera för efterföljande station oavsett dennes förmåga att ta emot objektet. (Åhlström, 1997) Produktionssystemet omöjliggör ett pullsystem i stora delar av produktionsflödet, på grund av den drivna linan och det fasta avstånden mellan monteringsobjekten. Emellertid kan systemet åstadkomma vad som i monteringsfabriken kallas sug och är något som rent tankemässigt liknar pull. Produktionsstyrningen ämnar uppnå detta sug genom ökande produktionstakt för banavsnitten längs produktionsflödet. En hög grad av följdstopp är, utifrån denna redogörelse, en indikation på att systemet fungerar högst otillfredsställande, vilket kan ha en rad förklaringsfaktorer. Först och främst bör banavsnittens nettotakt avhandlas, enligt följande definition:

$$\text{Nettotakt} = (\text{Grundtakt} + \text{Övertakt}) \left(1 - \frac{\text{Medelantal driftstoppminuter}}{60}\right)$$

Måltakt och nettotakt, vad banavsnittet faktiskt levererar, på respektive banavsnitt kan liknas vid den diskrepans som föreligger på övergripande systemnivå mellan produktionsmålsättning och aktuellt produktionsresultat. Som tidigare nämnts i rapporten kompenserar produktionssystemet för

driftstörningar på respektive banavsnitt genom övertakt. Ett högst påtagligt problem till följd av detta är driftstörningarnas nyckfulla karaktär, som tar sig uttryck genom hög variation med avseende på frekvens och tidslängd, och orsakar svängningar i nettotakten. När bakomliggande banavsnitt har en högre nettotakt än framförvarande uppstår följdstopp ifall mellanliggande buffert inte klarar att kompensera för taktskillnaden. Således föreligger två huvudsakliga kriterier för att undvika följdstopp. Nettotakten, för det bakomliggande banavsnittet, får inte över tid överstiga framförvarande, samtidigt som mellanliggande buffert bör vara dimensionerad utifrån variationen i nettotakt banavsnitten emellan.

Analysen som följer är baserad på data som innefattar samtliga driftstörningar för det undersökta kvartalet, varpå dessa kategoriseras utifrån egenorsakade och följdstopp. Figur 10 nedan illustrerar andelarna av de respektive driftstoppskategorierna på den vänstra vertikala axeln, och är indelad utifrån monteringsfabrikens tre produktverkstäder. De två heldragna linjerna i figuren syftar till att skilja Pre-trims tre kringflöden åt, vilka är markerade med siffrorna ett, två och tre. För att bättre förstå den driftstoppsituationen på respektive banavsnitt finns en andra vertikal axel som visar summan av driftstoppminuter under perioden.

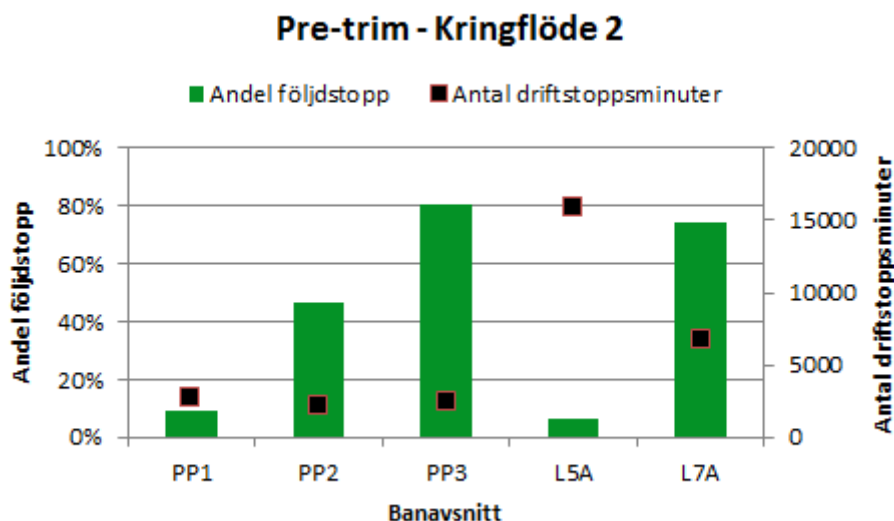


Figur 10 – Andel följdstopp för utvalda banavsnitt

Utifrån kunskap om potentiella orsaker till följdstopp, kan andel följdstopp presenterade utefter flödet i produktionen möjliggöra identifiering av flaskhalsar och kritiska förbättringsområden. Där ett banavsnitt helt saknar eller har väldigt få följdstopp kan det emellertid finnas en uppsjö av bakomliggande orsaker. Primärt kan det vara resultatet av välfungerande efterföljande banavsnitt, vilket skulle innebära ett effektivt flöde mellan banavsnitten, alternativt kan det även indikera att banavsnittet har många egna driftstörningar. Vidare kan det även bero på mätdata som ligger till grund för analysen, som i vissa fall tillskriver driftstopp till kringliggande banavsnitt beroende på hur systemet tolkar situationen. Denna företeelse förklarar avsaknad av följdstopp på banavsnitten 1-014, PUR och 1-43, vilket försvårar analysen för dessa områden. Avslutningsvis är avsaknaden av en driven monteringslina en tänkbar anledning till att vissa banavsnitt saknar följdstopp. Således ger

inte banavsnitten upphov till några driftstoppminuter i datasystemet, varvid analys av detta slag endast bör genomföras på plats vid det aktuella banavsnittet. En fabrikstäckande analys är dock mer än vad detta avsnitt ämnar innefatta, varpå fokus bör ligga på det mest störningskänsliga området i monteringsfabriken samt övergången mellan produktverkstäderna Pre-trim och Trim.

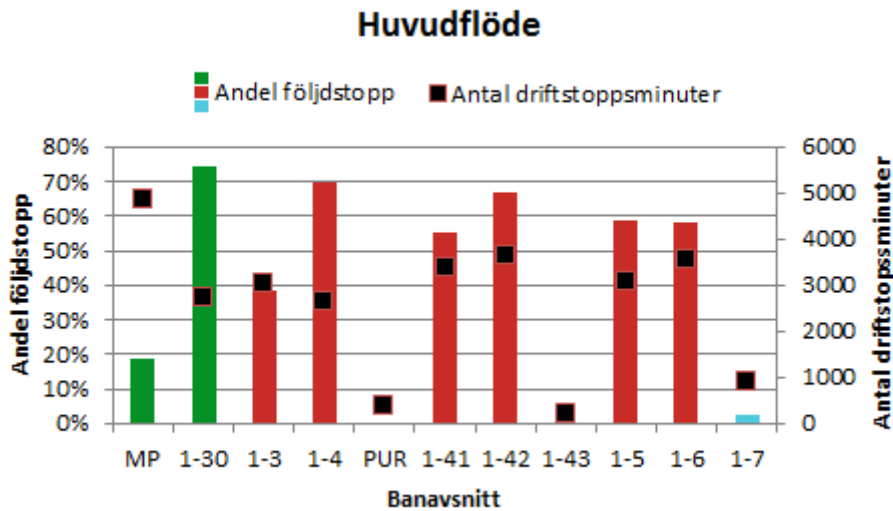
För det andra kringflödet har i produktverkstaden Pre-trim banavsnittet L5A betydligt lägre andel följdstopp än kringliggande banavsnitt, samt att föregående banavsnitt PP3 har högst andel följdstopp i hela monteringsfabriken. Pre-trim inbegriper de sju banavsnitt som har flest antal driftstopp över två minuter, vilket figur 10 tidigare presenterade, där L5A har flest driftstopp och starkt avviker från övriga banavsnitt. I figuren följer banavsnitt L5A:s efterföljande banavsnitt L7A, med näst flest driftstopp över två minuter. L5A erhåller flest driftstopp samt har en låg andel följdstopp vilket tyder på att banavsnittet är en flaskhals i produktionsflödet. För att åtgärda följdstopp krävs omfattande förbättringsinsatser som minskar komplexitet och förbättrar processer. Vidare fordras justering av kringliggande bantakter och buffertdimensioner samt säkerställa materialtillförsel till aktuella banavsnitt.



Figur 11 – Följdstopp för kringflöde 2, Pre-trim

Det är en naturlig följd att framtida problem inte kan förutses innan rotorsakerna till nuvarande problem börjat åtgärdas. När rotorsakerna åtgärdas kan nya problem komma upp till ytan vilka kan vara svåra eller rentav omöjliga att identifiera givet den nuvarande situationen. (Liker & Meier, 2006) Följdstoppsituationen kan förändras och flaskhalsen, som nu utgörs av L5A, kan förflyttas när förbättringsarbetet lyckats åtgärda rotorsakerna till de största problemen i dagsläget. Utifrån analysen kan slutsatsen dras att detta område i monteringsfabriken är ett av de viktigaste att prioritera. Förbättring av produktionssystem som åtföljs av ytterligare förbättringar är en naturlig del i arbetet mot enastående operationella förmågor. Även om detta kan tyckas vara ett arbete utan slut är det nödvändigt, och ligger det väl i linje med huvudmannen bakom Toyotas produktionssystem, Taiichi Ohnos, bestämda åsikt att det alltid förekommer och alltid kommer att existera muda som bör elimineras. (Liker & Convis, 2012)





Figur 12 – Följdstopp för huvudflöde

Figur 12 visar återigen att andelen följdstopp ökar kraftigt mot slutet av produktverkstaden Pre-trim vid banavsnittet Marriage point, vilket indikerar att detta banavsnitt orsakar driftstopp bakåt i produktionsflödet. En anledning till detta kan vara monteringskomplexitet och synkroniseringskrav som sammanbygget av drivlinan och karossen medför. Värt att notera är att banavsnittet Marriage point även har en betydande andel följdstopp. Orsaken till följdstoppen är att banavsnittet utgör en flaskhals och erhåller många egenorsakade driftstopp. Dock orsakar inte det efterföljande banavsnittet 1-30 särskilt många egenförvällade driftstopp i jämförelse med kringliggande banavsnitt. Därmed kvarstår frågan varför Marriage point erhåller cirka 20 procent följdstopp trots dess höga antal driftstoppminuter i absoluta mått.

För att bättre förstå situationen och analysera vidare är det viktigt att vara medveten om buffertkapaciteten mellan 1-30 och nästföljande banavsnitt 1-3. Som tidigare nämnts, utgörs bufferten mellan 1-30 och 1-3 av två hissar, en upphöjning av produktionslinan och ett vridbord, vilket i detta fall innebär att bufferten maximalt kan uppgå till sex bilar. Eftersom banavsnittet 1-3 har betydligt fler driftstopp än 1-30 är bufferten ofta full, vilket innebär att frikopplingsfunktionen sällan är verksam och driftstoppen på 1-3 således lätt fortplantar sig bakåt i produktionsflödet. När driftstopp inträffar på 1-3 klarar systemet driftstopp som varar upp till fem minuter innan det blir följdstopp på 1-3, givet tom buffert mellan 1-3 och 1-30 samt takt på cirka 60 bilar per timme. Högre buffertnivåer vid driftstopp på 1-3 medför att systemet kan kompensera för en kortare driftstoppstid. Det skeva nettotaktsförhållandet mellan banavsnitten förstärks av det faktum att banavsnitten 1-30 och 1-3 erhåller ett högst jämförbart antal driftstoppminuter totalt sett. Avslutningsvis har 1-30 avsevärt färre driftstopp än banavsnittet Marriage point som trots det erhåller en påtaglig andel följdstopp till följd av driftstopp på efterföljande banavsnitt 1-3. Därmed är det rimligt att anta att dimensioneringen av buffertkapacitet i förhållande till takt och driftstörningar för banavsnitten är högst otillfredsställande. Detta resulterar i att driftstopp fortplantar sig och stör produktionsflödet i flera bakomliggande led med negativa konsekvenser såsom leveransförmåga, arbetsrytm och produktkvalitet.

Följdstopp per banavsnitt	PRE-TRIM	TRIM	FINAL
<i>[medelvärde av antal minuter per skift och banavsnitt]</i>			
Skift 1	17,5	16,4	1,4
Skift 2	14,4	13,5	0,5
Procentuell skillnad	22%	22%	154%

Tabell 13 – Följdstopp per produktverkstad

För att bemöta situationen föreligger en rad lösningar som bottenar i två huvudsakliga och diametralt motsatta tillvägagångssätt. Dels utökning av buffertkapaciteten, vilket kan vara opraktiskt och kostnadskrävande och dels reduktion av antal driftstörningar. Hur ett minskat antal driftstörningar reducerar följdstoppen är svåröversägbart då det föreligger många underliggande parametrar. Tidigare utförda statistiska test bekräftar företeelsen att dagskiftet har fler driftstopp än kvällsskiftet. Som tabell 13 presenterar ovan, kan skillnaderna mellan skiften således indikera att lägre antal följdstopp kan härledas till färre driftstopp. Detta kan tolkas som att träget och fokuserat arbete med att reducera driftstörningar kan ha självförstärkande effekter på systemnivå för att reducera antal följdstoppsminuter. Ifall antal driftstopp och följdstopp minskar i kombination med att variationen av banavsnittens nettotakt dämpas, kan produktionssystemet bättre hantera störningar. Vidare innebär en reduktion av variationen att banavsnittens nettotakt blir mer stabil, något som underlättar taksättning banavsnitten emellan.

Sammanfattningsvis kan analys av följdstopp användas som ett verktyg för att identifiera flaskhalsar och förbättringsområden. Dock måste data som ligger till grund för analysen vara av god kvalitet. Som tidigare nämnts kan kringliggande banavsnitt tillskrivas driftstopp vilket kan förvränga analysens resultat, varpå objektiv data därmed bör finnas tillgänglig. En komplettering av analysen av driftstopp med avseende på banavsnitt samt fysisk observation på plats, är av betydelse för att skapa djup förståelse för problemsituationen. Vidare finns det, som tidigare nämnts, indikationer på att reduktion av driftstopp överlag resulterar i färre antal följdstopp. Detta innebär att förbättringsarbete på banavsnittsnivå kan fortplanta sig till systemnivå och medföra positiva effekter i form av en mer stabil nettotakt, vilket i förlängningen kan minska antal följdstopp. En mer stabil nettotakt kan leda till avsevärt lägre andel följdstopp vilket är en kritisk faktor för att minska produktionsbortfallet. Något som kan anses styrka denna argumentation är att kvällsskiftet, med ett konsekvent bättre produktionsresultat, under den studerande perioden hade cirka 20 procent färre följdstopp för de mest störningsdrabbade produktverkstäderna Pre-trim och Trim.

### 6.1.5 Kvalitetshjälpare utrustning

Längs produktionsflödet i monteringsfabriken föreligger det flera tekniska anordningar av typen kvalitetshjälpare utrustning (Produktionsledare, 2012). Dessa innefattar bland annat så kallade poka-yoke-mekanismer, vilka är till för att förhindra individberoende fel genom att informera montören när fel uppstår, alternativt eliminera möjligheten att göra fel (Shingo, 1986). Shimbun (1988) nämner fem typer av poka-yoke av vilka den första utgörs av materialet självt. Ett exempel kan vara skruvar konstruerade för att endast passa in i specifika komponenter, vilket begränsar möjligheten att använda fel skruv till fel komponent. Vidare kan olika typer av mekanismer utgöra poka-yoke som övervakar arbetsmomenten samt larmar vid upptäckt fel. Därtill kan gränslägesbrytare användas för att verifiera korrekt placering och digitala räknare kan användas för att kontrollera antal och längder vid montering. Slutligen utgör checklistor enkla former av poka-yoke. (Shimbun, 1988)

När vissa poka-yoke-mekanismer utlöses längs produktionsflödet måste berörd montör manuellt ange sin varseblivelse genom att trycka på en knapp i anslutning till sin monteringsstation (Produktionsledare, 2012). I monteringsfabriken benämns detta kvittering av poka-yoke (Produktionsledare, 2012). Tidsåtgången som krävs för utebliven kvittering ger upphov till kortare driftstopp i form av brus, vilket i sin tur ger upphov till störningar i arbetsrytmen och i längden eventuellt produktionsbortfall. Kvittensbetingad poka-yoke kan med andra ord öka antalet driftstörningar och således verka kontraproduktivt, då det ger upphov till ett ryckigare flöde. Detta motverkar därmed de tidigare nämnda fördelarna med ett jämnt flöde och i förlängningen även kvalitet och produktionsresultat.

Det finns indikationer på att ett otal poka-yoke-mekanismer inte fyller sitt syfte eller rent av inte fungerar. Exempelvis finns kameror som kontrollerar att specifika komponenter är korrekt monterade. Kamerorna uppvisar dock tendenser att läsa fel och stanna banavsnittet automatiskt, vilket bidrar till mer brus i situationer där det hade kunnat undvikas. Samma kameror kan även förbise att registrera faktiska föreliggande fel. (Produktionsledare, 2012) Dessa typer av rent tekniska defekter som förekommer torde kunna tillrättläggas utan större ekonomisk belastning, vilket ytterligare motiveras av de relativt kostsamma driftstörningarna, enligt tidigare analys.

I somliga fall kan monteringsfabriken utnyttja fler enkla poka-yoke-mekanismer för att uppnå ett jämnare flöde med färre brus. Vid banavsnittet 1-00 nämns att en stark brusorsak är dörrbultar som är svåra att lossa (Produktionsledare, 2012). Genom att betrakta var i produktionsflödet som bultarna dras åt borde det vara möjligt att reducera åtdragningsmomentet och på så vis åtgärda problemet. Detta förefaller kanske inte intuitivt vara poka-yoke men definitionsmässigt begränsar den möjligheten för felaktigt utförda arbetsmoment, i detta fall åtdragande av bult, varpå detta ändå kan betraktas som poka-yoke.

Idealt bör en poka-yoke-mekanism inte bidra till produktionsbortfall över huvud taget eftersom den aldrig skall behöva utlösas. Montören bör således inte ha vetskap om att poka-yoke-mekanismen är aktiv eftersom den skall begränsa alla sätt arbetsmomentet teoretiskt sett kan utföras på, till det enda korrekta sättet. Lösningar, där montören blir påmind eller ges incitament att utföra arbetsmoment på ett specifikt sätt, är således inte optimala eftersom de inte garanterar korrekt montering.

Genom att poka-yoke verkar som en kvalitetshjälpande mekanism som förhindrar fel, kan den betraktas som reducerande vad gäller monteringskomplexitet på stationsnivå. Beroende på den aktuella produkten som skall monteras, utgörs monteringen av mer eller mindre komplexa arbetsmoment. Komplexitet, eller produktkomplexitet, är således ett kritiskt område att beakta för att uppnå en enkel och överskådlig produktion med hög kvalitet och få driftsstörningar. Detta begrepp undersöks mer omfattande i efterföljande avsnitt med fokus på dess inverkan på produktionsbortfall.

## **6.2 Produktkomplexitet**

Produktkomplexitet är ett vitt begrepp och kan utgöra en funktion av externa marknadsbehov, konkurrenser, samhällskrav samt övriga externa influenser. På motsvarande sätt utgör produktkomplexitet en funktion av de interna processerna, komponentflöden och den tekniska utveckling som formar produkten för att möta efterfrågan. (Martí, 2007)

I monteringsfabriken utgörs produktkomplexiteten främst av produktutbudet i form av de modeller och varianter som produceras på daglig basis. Ett flertal av monteringsfabrikens problemområden kan härledas till den höga grad av produktkomplexitet som fabriken tvingas hantera på en och samma monteringslina. Produktion av arbetsintensiva varianter leder till balanseringsrelaterade driftstopp i form av nerjobbning, vilka i intervjuer med produktionsledare har lyfts fram som ett viktigt problemområde. Produktionschefen betonar att de tvingas anpassa produktionen till en ny variantmix varje vecka vilket bidrar till svårigheter att standardisera arbetsprocessen och således uppnå kontinuitet i produktionen. (Produktionschef, 2012) Nedan beskrivs hur variantmixen påverkar produktion, produktionsstyrning och specifikt hur monteringsfabriken valt att hantera komplexiteten genom sekvensering och sekvensbalanseringsstopp.

### **6.2.1 Variantmixen och dess bidrag till systemets komplexitet**

Lung et al. (1999) menar att det är synkroniseringen, och sambandet, mellan produktutbudet och marknadsutvecklingen som är kritiskt att beakta och inte variantmixen i sig. I praktiken kan detta sambandet innebära perioder av ökning, stabilisering respektive minskning av produktvariationen. Otillräcklig, liksom överdrivet stor, variantmix kan båda ge upphov till problem. Författarna visar på att hantering av variantmix har bemötts med olika tillvägagångssätt. Toyota och Nissan, som kombinerat hög produktvariation med hög produktvolym, har systematiskt utkontrakterat design och monteringsaktiviteter till mindre, specialiserade företag. Detta till skillnad från Mazda som istället förlitat sig på intern produktion av hela variantmixen. (Lung et al., 1999) VCC har dock valt att slutmontera hela produktutbudet internt (Produktionschef, 2012). Därför måste monteringsfabriken beakta komplexitetsaspekten för att inte riskera drabbas av de konsekvenser som variantmixen genererar, vilka diskuteras närmre nedan.

Ett rutnät presenteras av samma författare, i vilken produktvariation härleds till variation i produktionen, komponenter, leverantörer, återförsäljare och slutkonsumenter samt deras respektive processer. Genom att kompensera med ökad flexibilitet på olika nivåer i företaget kan således produktvariationen bemötas effektivt. Exempelvis demonstrerade General Motors Company hög komponentflexibilitet under första halvan av 1900-talet genom att eftersträva standardiserade komponenter, det vill säga hög komponentflexibilitet i kombination med begränsande av komponentvariation. Detta med syfte att upprätthålla en viss nivå av produktvariation för att möta efterfrågan men samtidigt uppnå skalekonomi. Toyota hanterar däremot mångfald av varianter genom hög processflexibilitet. (Lung et al., 1999)

Ett problem med produktkomplexitet är att det ökar indirekta kostnader, vilka kan härledas till fyra aktiviteter: logistik-, materialbehovsplanerings-, kvalitets- samt förändringsaktiviteter. Logistiska aktiviteter inkluderar materialtransporter och beställningar. Aktiviteter relaterade till materialbehovsplanering innefattar personal, kapacitet samt resursbalansering. Kvalitetsaktiviteter inkluderar bland annat uppfyllande av kvalitets-specifikationer, kvalitetskontroller och datainsamling. Slutligen innefattar förändringsaktiviteter uppdateringar i informationssystem över förändringar i ingenjördesign, transportrutter och liknande. (Miller & Vollmann, 1985)

Ovan nämnda kostnader kan öka som konsekvens av ett ökat antal produktvarianter. Fler varianter ökar prognostiseringsbehovet vilket kräver ökat resurstilldelning, samt mer intrikat materialhantering. (Fisher et al., 1995) I monteringsfabriken kan antas att antalet möten och administrativ planering hade kunnat reduceras ifall fabriken producerat färre modeller, eftersom

sekvenseringsbehovet hade eliminerats. Likväl hade balansering underlättats vilket potentiellt hade kunnat reducera behovet av SBS-stopp med ett jämnare flöde som resultat. Vidare hade produktionen kunnat effektiviseras genom att minska antal varianter då det möjliggör effektivare balansering med mindre balanseringsförluster, samt minska antal driftstopp till följd av nerjobbning. Fisher et al. (1995) menar även att produktkomplexiteten ökar artikelbehovet vilket implicerar sämre möjligheter att uppnå skalfördelar med ökad styckkostnad som resultat. Upprätthållande av kvalitet blir svårare med fler produktvarianter då efterfrågan blir mer utspridd över flera produkter, eftersom ökad resurstilldelning fordras kvalitetsarbetet. Ökad lagerhållning krävs i form av säkerhetslager för att kunna upprätthålla lagerservicenivån för samtliga artiklar då efterfrågevariationen ökar med fler artiklar. Vidare ökar tidsåtgången och risken för att välja fel artikel för montören när utbudet ökar, vilket ytterligare ökar kvalitetsproblemen och risk för driftstopp. (Fisher et al., 1995) Ur detta synsätt förefaller produktkomplexitet bidra till en myriad av problem, alla vilka direkt, eller indirekt kan kopplas till fallet med monteringsfabriken.

Variantmixen bidrar till ökade krav på montörerna i den bemärkelsen att det krävs bredare kompetens i takt med fler potentiella arbetsmoment, alternativt kan detta anses skärpa kraven på utformningen av standardiserade arbetsprocesser på organisationen. I slutändan kan detta lösas genom fler montörer, ökad montörsutbildning, processtandarder och kompetensutveckling alternativt ökade lager och produkter i arbete. Dessa utgör lösningar men medför också ökade kostnader. Alternativt kan sänkt bantakt mildra belastningen på montörerna, men med största sannolikhet lägre produktionsresultat. Med andra ord är det en resursfråga som, om den i sin helhet ignoreras, utmynnar i oönskade driftstopp och i längden produktionsbortfall.

Monteringsfabrikens interna logistikkomplexitet kan kopplas till fabriken produktkomplexitet då det direkt styr valet och mängden av transportrutter och hantering av artiklar och komponenter längs monteringslinan. Driftstopp som härleds till logistik kan vara resultatet av att otillräckligt, fel eller skadat material förekommer på arbetsstationerna. (Produktionsledare, 2012) De två förstnämnda felen är direkt planeringsmässiga brister och förvärras med mer komplex styrning, något som är fallet vid hög produktkomplexitet. Fler produktvarianter fordrar fler artiklar vilket medför fler truckleveranser vilket ställer högre krav på ett genomtänkt transportsystem. Dock tycks somliga banor ha fler logistikrelaterade problem än andra. Ofta handlar det då om specifika artiklar som saknas, vilket skulle kunna indikera att någon operatör glömt uppdatera saldot för en artikel eller andra banspecifika problem (Produktionsledare, 2012).

## **6.2.2 Metoder för att bemöta produktkomplexitet**

Hantering av produktkomplexitet kan ske genom effektiv fördelning av arbetsmoment för att utjämna arbetsmomentens tidsåtgång, dels genom effektiv balansering på banavsnittet och dels genom sekvensering av bilvarianterna (Fisher & Ittner, 1999). Sekvensering i ett monteringsflöde är processen som bestämmer ordningen av produktmodeller och produktvarianter som produceras. Syftet med sekvenseringen kan ses tudelad. Först och främst bör sekvenseringen sträva efter att jämna ut arbetsbelastningen längs monteringslinan, för att undvika för hög arbetsbelastning för somliga montörer och underutnyttjande av andra. Vidare bör produktionsflödet hållas konstant och jämnt över tiden. Detta för att undvika höga nivåer av produkter i arbete samt för att undvika materialbrist. (Zhuki & Shusaku, 1994)

Målet med sekvensering kan betraktas vara att minimera den negativa effekten av att mer respektive mindre arbetsintensiva varianter produceras på en och samma monteringslina. I somliga fall löses detta i monteringsfabriken genom de tidigare beskrivna SBS-stoppen. Sekvensering kan dock inte fullständigt eliminera driftstopp till följd av nerjobbning, då optimal sekvensering inte är samma för samtliga banavsnitt. Genom att utveckla förbestämda algoritmer som tar hänsyn till modellkomplexitet i form av antal ingående komponenter som respektive modell fordrar, kan sekvenseringen optimeras. Detta i termer av att minimera den absoluta variationen i den totala materialhämtningen längs fabriksflödet. (Zhuki & Shusaku, 1994)

AML-reglerna i monteringsfabriken är, som tidigare beskrivits, en rad krav som ämnas uppnås vid sekvenseringsarbetet. Reglerna utvecklas i takt med att nya bilmodeller sätts i produktion samt när fördelningen av olika varianter skiftar. Dessa grundas dels i beräkningsmässiga metoder och dels i rent erfarenhetsmässiga bedömningar. (Chef produktionsteknik, 2012) Det kritiska med förfarandet är att beakta alla banspecifika förutsättningar och sträva efter att optimera flödet på systemnivå. I monteringsfabriken kan bristande kommunikation mellan montörer, produktionsledare och styrning begränsa möjligheterna att uppnå optimal sekvensering. (Produktionsledare, 2012). Det kan således antas att deras stationsspecifika behov inte nödvändigtvis tillgodoses vid bestämning av AML-regler. Fenomenet styrks av det faktum att SBS-stoppens syfte och funktion, som är ett resultat av variantmixen, tenderar att missförstås.

I en föränderlig värld där korta ledtider, låga priser, snabb leveranstid och hög kvalitet blott är orderkvalificerare tar så kallad mass customization vid. Mass customization ger varje kund möjligheten att tillgodose sina specifika önskemål, med stora valmöjligheter vad gäller varianter, genom att kundordern genomförs innan montering. Ett extremt antal varianter går stick i stäv med låga produktionskostnader och låg monteringskomplexitet samt försvårar standardisering. En av de största fördelarna med mass customization och specifikt så kallad optional customization, vilka VCC liksom de flesta andra biltillverkare använder sig av, är att inte behöva förutse efterfrågan och kundpreferens. Detta då kunden själv specificerar sin produkt genom en rad val. (Alford et al., 2000) Det primära målet för monteringsfabriken är att tillverka bilar och det sekundära målet kan anses vara att följa AML-reglerna (Chef produktionsteknik, 2012). Något som ter sig självklart är att försöka montera bilar som kunder vill köpa snarare än att försöka sälja bilar som AML-reglerna tillåter att montera.

Fisher och Ittner (1999) menar att produktvariation orsakar variation i ledtiderna på arbetsstationerna längs monteringslinan vilket kan generera driftstopp. Detta beror dels på skillnaden i tidsåtgång för arbetsmomenten samt dels i vilken ordning arbetsmomenten utförs. Fler modeller ger upphov till fler arbetsmoment vilket ökar svårigheterna med att fördela arbetsmomenten jämnt över tiden. (Fisher & Ittner, 1999) Även monteringsfabriken har variation i ledtiderna på arbetsstationerna till följd av variantmixen, något som grundas i det faktum att arbetsmomenten kräver olika tidsåtgång, vilket kompenseras med SBS-stopp (Chef produktionsteknik, 2012).

SBS-stoppen placeras där arbetsbelastningen blir för hög i förhållande till den tilldelade arbetstiden. Nedjobbad montör benämner den situation där montören inte hinner genomföra sina arbetsmoment i tid och driftstopp uppstår till följd. Att arbetsbelastningen kan bli för hög grundas dels i en naturlig variation i balanseringen då det är närmast omöjligt att fördela arbetsmoment jämnt över ett antal

balanser, och dels när mer komplexa modeller och varianter sekvensläggs flera i rad. Så är även fallet vid till exempel modellen XC90, vilken är en mer arbetsintensiv modell, samt bilvarianter med till exempel takfönster, som även kan medföra extra arbetsmoment. Eftersom sekvenseringen är förbestämd kan SBS-stoppen bestämmas i god tid av teknikavdelningen, men i praktiken vet inte montören själv när de uppstår vilket kan bero på bristande systemförståelse. (Chef produktionsteknik, 2012)

I monteringsfabriken anses SBS-stopp hjälpa produktionen snarare än att stjälpa den. Med andra ord ses SBS-stoppen som ett nödvändigt ont till följd av de balanseringsbekymmer som variantmixen ger upphov till. (Chef produktionsteknik, 2012) Utan SBS-stopp hade bantakten i fabriken varit lägre för att stödja de mest arbetsintensiva modellerna (Produktionschef, 2012). Alternativt, med samma takt men avsaknad av SBS-stopp, hade det med största sannolikhet blivit driftstopp på grund av nerjobbad montör i de fallen där SBS-stoppen idag är förlagda. Detta då en montör inte kan förväntas genomföra sina arbetsmoment inom den begränsade tid som tilldelats i fallet med arbetsintensiva modeller. Med detta synsätt förefaller inte SBS-stopp tillföra mer än att benämna nerjobbad montör som SBS-stopp. I de fall där montören faktiskt hinner genomföra sitt arbetsmoment utan att utnyttja SBS-stoppen, innebär det i praktiken att denne arbetat med en betydligt högre takt än aktuell måltakt. Något som inom monteringsfabriken helst undviks då detta motverkar det övergripande målet att skapa ett snabbt och jämnt flöde genom standardiserade arbetsprocesser (Produktionschef, 2012).

## 7. Analys av det organisatoriska systemet

---

*Kapitlet redogör för hur managementfrågor hanteras i monteringsfabrikens organisation, samt hur organisatoriska skillnader kan förklara fabriken produktionsresultat. I separata avsnitt beskrivs och analyseras kompetensnivåerna i organisationsleden och hur monteringsfabriken har valt att arbeta med incitamentsstrukturer. Därefter redogörs för hur det lång- och kortsiktiga förbättringsarbetet planeras och utförs, samt vilka aspekter som är kritiska för att skapa en effektiv förbättringskultur. En diskussion kring fabriken extensiva datainsamling i kontrast till informationens användbarhet förs sedan. Till sist beskrivs vilka organisatoriska skillnader mellan dag- och kvällsskiftet som identifierats och hur dessa kan kopplas till de båda skiftens olika prestationer.*

---

Lean production, som har haft stort inflytande på VCMS, innebär en syn på produktion där det finns en tydlig skillnad mellan aktiviteter som är värdeadderande och sådana som inte är det. Ledarens roll är att skapa förutsättningar för att de värdeadderande aktiviteterna skall fungera felfritt. I monteringsfabriken är det montörerna vid monteringslinan som utför majoriteten av de värdeadderande aktiviteterna. Detta ställer naturligtvis höga krav på ledare i en effektiv organisation. Liker och Convis (2012) påtalar ledarskapets nyckelroll och menar att den viktigaste uppgiften ledarskapet inbegriper är att stötta arbetslagen i sin strävan att förbättra de egna processerna. Collins (2001) förstärker bilden av ledarskapets centrala roll genom att vara tydlig med att utomordentligt ledarskap är en grundförutsättning för framgångsrika verksamheter och verksamhetsutveckling. En kultur som skall främja ständiga förbättringar kräver att anställda i alla led arbetar i den genuina tron att det alltid finns förbättringar att göra och ständigt strävar efter att förbättra processerna. (Liker & Convis, 2012)

Således är det inte tillräckligt att införa best practice-metoder från exempelvis Toyota eller andra företag och förvänta sig att dessa skall vara direkt applicerbara, i sitt grundutförande, med önskad effekt hos VCT. För att en introduktion av nya arbetsätt skall vara framgångsrik måste företaget vara förberett och mottagligt för det som skall införas. Ledningen inom produktionen måste ha en djup förståelse och en tydlig målbild av den kultur som monteringsfabriken vill uppnå och den måste vara känd av alla i organisationen. Det måste finnas en tydlig och stark koppling mellan ledning och operatörer för att det skall kunna uppstå en kultur där alla arbetar mot samma mål och ständigt försöker förbättra verksamheten.

### 7.1 Kompetens inom produktionen

Människors kompetens och förmåga att samarbeta inom en organisation är direkt avgörande för organisationens framgång. Vikten av hög kompetens har dessutom blivit allt viktigare i moderna organisationer. Detta är särskilt tydligt inom verkstadsindustri, då det finns flera exempel på att anläggningar med snarlik produktionsteknik har visat stora skillnader i produktivitet och att den största skillnaden varit kompetensen hos de anställda. Detta ställer höga krav på kompetensutveckling i hela organisationen. (Rubenowitz, 2004) För en organisation som praktiserar lean-metoder måste kompetensutvecklingen vara stark även långt ner i hierarkin. En anledning till detta är att montörer förväntas vara drivande i förbättringsarbetet som syftar till att ständigt förbättra processer och därmed bygga in mer värde och kvalitet i systemet. (Liker & Convis, 2012) Rubenowitz (2004) definition av kompetensutveckling som används i analysen är en kombination av utbildning, motivation och förmågan att tillämpa de erhållna kunskaperna i verkliga situationer. Eftersom det är vitalt för monteringsfabriken att kompetensnivån är hög både på ledar- och



montörsnivå görs en distinktion för att bättre belysa de viktigaste aspekterna, genom att analysera respektive område var för sig.

En aspekt som är viktig att belysa i diskussionen om kompetens är den höga monteringskomplexitet som monteringsfabriken påverkas av. I fabriken monteras flera olika varianter på samma monteringslina vilket bidrar till hög monteringskomplexitet. Experiment visar att antalet beslut som en montör måste fatta, till exempel välja olika komponenter för olika modeller, är korrelerat till antalet monteringsmisstag som montören gör (Liker & Convis, 2012). Misstag leder i sin tur till att montören hamnar efter och i förlängningen till produktionsförluster för monteringsfabriken. Ett experiment utfört på Toyota belyser betydelsen av komplexitet i monteringen. I experimentet användes pingisbollar i olika färger för att undersöka hur många operationer montörerna kunde komma ihåg. Bollarna placerades i en låda och montören skulle sedan plocka ut bollarna i den sekvens som färgerna lästes upp för dem. Resultatet visade att montören vid sex olika färger misslyckades en av fem gånger, vid fem olika färger misslyckades montörerna en av tio gånger. Det var först då antalet färger reducerades till två som misstagen helt eliminerades. (Liker & Convis, 2012) Det finns därmed en kognitiv begränsning hos människor som är oberoende av kompetens. Då monteringsfabrikens ledning planerar balanseringen i fabriken måste de kognitiva förutsättningarna beaktas. Om inte monteringsuppgifter ligger inom ramen för vad en montör kan hantera kommer det inte vara möjligt att eliminera monteringsfel.

### **7.1.1 Ledarnas kompetens**

Ledarrollen har en avgörande roll för de underställdas prestation och arbetstillfredsställelse (Rubenowitz, 2004). I en monteringsfabrik som ämnar verka utifrån lean-principerna återfinns många människor på den lägsta hierarkiska nivån, varvid det återigen bör lyftas fram att det är just där värdet skapas (Liker & Convis, 2012). Botten på hierarkitriangeln är bred, vilket innebär att ledarna har ansvar över många personer. Detta ställer mycket höga krav på ledarnas förmåga att motivera sina underställda och skapa duktiga arbetslag. Vidare är det mycket viktigt att kommunikationen är tydlig genom alla led i organisationen, för att inte missförstånd som leder till att beslut fattas på felaktiga grunder skall uppstå.

Det finns vissa oklarheter som tycks bero på dålig kommunikation i monteringsfabriken. Ett flertal intervjuer har indikerat att det finns en uppfattning bland produktionsledare (2012) att SBS-systemet kan sättas ur spel efter egenförvållade driftstopp. Detta är dock en missuppfattning, eftersom SBS-systemet känner av var varje bil befinner sig på banan och enbart stannar då bilar med planlagda SBS-stopp anländer till vissa specifika balanser (Chef produktionsteknik, 2012). Missförståndet kan tänkas leda till felaktiga antaganden och i förlängningen eventuellt misstro till systemet. Chefen för produktionsteknik (2012) menar vidare att variationen i balanseringen leder till att vissa stationer blir mer arbetsintensiva. Bristande systemförståelse bland montörer och produktionsledare kan bidra till missuppfattningen att SBS-stopp uteblir på de mest arbetskrävande balanserna som ändå placerar sig inom ramen för tillåten cykeltid. Vidare är som tidigare påtalats XC90 en extra arbetskrävande modell som relativt ofta balanseras med SBS-stopp. Montörer kan därför få uppfattningen att SBS-stopp alltid skall inträffa i samband med denna modell vilket inte är fallet. (Chef produktionsteknik, 2012) Ytterligare en orsak till missuppfattningen med SBS-stoppen är att frekventa driftstopp vänjer montörerna vid lägre arbetsbelastning vartefter de lätt hamnar efter då banan återgår till normal takt (Produktionschef, 2012). Produktionsledare och arbetslag måste ha en djupare förståelse för systemet och det är produktverkstadschefernas ansvar att säkerställa kompetensen genom

managementkedjan. Missuppfattningar av den karaktär som ovan redogjorts för avseende SBS-stopp borde inte kunna uppstå, vare sig på produktionsledarnivå eller på montörsnivå. Dock ligger ansvaret för att säkerställa montörernas kompetens och systemkännedom på produktionsledarnivå, vilket innebär att det är kritiskt att säkerställa kompetensen på den ledarnivån för att undvika missförstånd och misstro till systemet. Det är viktigt att arbetslagen har tillräcklig systemkännedom för att kunna sätta sitt arbete i ett större sammanhang och förstå konsekvenserna av exempelvis felmonteringar.

En del produktionsledare och arbetslag har inte tillräcklig kompetens för att utföra en korrekt haverianalys. Näranalysen består av en 5-varför-analys som syftar till att hitta rotorsaken till ett haveri, men genomförs inte alltid korrekt av produktionsledarna. De anser ofta att de redan vet orsaken till problemet och genomför en 5-varför-analys som passar deras teori och som således inte leder till rotorsaken. Detta är ett problem för fabriksledningen och grundar sig enligt produktionschefen i bristande utbildning. Produktionschefen menar även att personalen i fabriken generellt sett är dålig på att förstå grundorsaker till problem. (Produktionschef, 2012) Avsaknaden av adekvat kompetens för att praktisera effektiva analysverktyg kommer dels leda till extraarbete eftersom produktionsledaren måste göra om analysen och dels till att de analyser som produktionschefen godkänner har varierande kvalitet.

### **7.1.2 Montörers kompetens**

Kompetensnivån för montörer i fabriken är avgörande för fabriken totala antal driftstoppminuter enligt den kategorisering av driftstoppminuter som tidigare presenterats. Montörernas kompetens kommer också att påverka andra stoppkategorier, som inte är direkt kopplade till operatörsberoende fel, eftersom det är montörerna på banan som är först på plats även då tekniska fel uppstår.

Bristande kompetens är en av orsakerna till monteringsfel på monteringslinan enligt flera intervjuer med produktionsledare (2012). Det är ofta ett fåtal montörer som står för flertalet av de operatörsberoende felen och många av dessa personer är nyanställda eller extraarbetare (Produktionsledare, 2012). Det finns dessutom, enligt flertalet intervjuer, en tydlig koppling mellan antalet ersättare på ett produktionsavsnitt och antalet driftstoppminuter (Produktionsledare, 2012). Flera produktionsledare menar alltså att de upplever en korrelation mellan montörernas erfarenhet och antalet stopp, det vill säga att vana montörer gör färre fel. Det kommer dock alltid behövas ersättare och ny personal i fabriken, varför det är motiverat att använda en väl genomtänkt och standardiserad upplärningsprocess för nya montörer. Då nya montörer kommer in under stressiga förhållanden, till exempel under personalbrist, frångås ofta inlärningsplanen och kvaliteten blir lidande (Produktionsledare, 2012). Dock menar en av produktionscheferna att de, i led att minska antalet stopp, planerar utbildningen av montörer noggrant samt utför stickprov för att säkerställa utbildningskvaliteten (Produktionschef, 2012). Dr. Shigeo Shingos (1984, s. 28) berömda uttryck angående stickprovsteknik belyser emellertid den problematik som föreligger med denna typ av kvalitetskontroll:

*”Stickprovsteknik innebär en rationalisering av själva kontrollarbetet, men det rationaliserar inte säkerställandet av kvalitet.”*

Monteringsfabriken använder en instruktionsmetodik där nya montörer får lära sig en balans åt gången. Metoden går ut på att den nya montören får se lagledaren utföra operationen och sedan prova själv. Metoden påminner om den Toyotas använder. Toyota använder dock fler viktiga element för inläring, där lagledaren repeterar operationen samtidigt som denne använder nyckelfraser för

att beskriva operationsstegen. Ännu en gång får lärlingen upprepa operationen samtidigt som nyckelfraserna uttalas vid rätt steg. Det sista steget i modellen innefattar att lagledaren monterar, upprepar nyckelfraserna och dessutom förklarar varför dessa steg är viktiga och sätter monteringen i ett större sammanhang. En standardiserad instruktionsmetodik som denna skulle kunna bidra till högre kvalitet och mindre operatörsrelaterade fel. (Liker & Convis, 2012) För monteringsfabriken ligger en del av problemet i att de personer som skall lära ut arbetsmetoden inte prioriterar upplärningsprocessen. En standardiserad upplärningsprocess som innefattar de ovan diskuterade upplärningsmetoderna bör i längden kunna leda till färre driftstopp på monteringslinan.

För att belysa problematiken med montörers bristande kompetens följer ett exempel beträffande uppdateringen av komponentsaldot vid monteringslinan. Enligt flera produktionsledare uppkommer otaliga saldofel då arbetslagen inte uppdaterar saldo av bildelarna vid kassation. Då en montör upptäcker en defekt komponent måste denne manuellt uppdatera saldot för att beställningspunkterna skall stämma och logistikavdelningen skall kunna leverera vid rätt tidpunkt. Det finns dock misstankar om att vissa montörer slarvar eller rent av struntar i att uppdatera saldot då de råkar tappa en komponent eller förstör den på annat sätt. En ytterligare förklaring till felaktigt komponentsaldo skulle kunna vara leverantörsberoende, dock sker kontroller av mottaget gods regelbundet varvid denna förklaring förefaller mindre trovärdig. (Produktionsledare 2012)

Det är därmed viktigt att montörer har förståelse för vilka konsekvenser som kan uppstå av att inte anmäla kassationer. Anledningen till oanmälda kassationer kan vara att de är rädda för att få skulden och bli ansedda som slarviga av chefer och andra medarbetare. Det är viktigt att monteringsfabriken bygger en kultur som uppmuntrar montörer att föra problem till ytan, i stället för att dölja dem för att de inte vill erkänna sina misstag. En ökad förståelse för att varje komponent är avsedd för en specifik bil tycks dessutom öka montörernas vilja att uppdatera saldostatus. Montörerna uppdaterar i avsevärt högre grad saldot för sekvenserade komponenter, det vill säga komponenter som ligger i samma ordning som bilarnas sekvens. Detta kan bero på att sekvenserade komponenter är nödvändiga för att kunna fortsätta montera, till skillnad från en komponent från en blåback, där en trasig komponent kan gömmas undan och bytas. (Produktionsledare, 2012) Detta kan påvisa brister i standardprocesserna som bör innefatta rutiner för rapportering av trasiga komponenter. I monteringsfabriken finns det oftast inte fler komponenter tillgängliga vid balanserna än vad monteringen kräver (Produktionsledare, 2012). Därmed är det av yttersta vikt att montörerna har kännedom om konsekvenserna av oaktsam hantering då detta i slutändan kan leda till driftstopp vid materialbrister. Ledningen måste kommunicera detta till arbetslagen, särskilt om ambitionen är att öka graden av just-in-time på sikt.

Ett fundament inom lean production är använda standardiserade arbetsprocesser. Det är först när alla montörer följer en gemensam arbetsmetod som kvalitet kan byggas in i systemet genom att ständigt uppdatera och förbättra arbetsprocesser utifrån de problem som produktionen stöter på. Då förbättringar uppkommer ändras standardmetoden så att alla montörer alltid använder den mest effektiva metoden. Ett system där alla montörer följer standard är också ett system där montörer blir mer motiverade att presentera förbättringsförslag, eftersom montören direkt får se effekt av sitt förslag när alla ändrar metod. (Liker, 2004) Taiichi Ohno berättade i en intervju att han, under utvecklingen av Toyotas produktionssystem, rentav lät meddela alla medarbetare att de inte förtjänade sin lön om de lämnade arbetsprocessen oförändrad i en månad (Fujimoto & Shimokawa, 2009).

Det finns dessutom ytterligare en aspekt av standardisering som är särskilt viktig för monteringsfabriken. Standardisering reducerar monteringskomplexitet genom att vissa operationer utförs på exakt samma sätt så många gånger att det blir rutin. Detta blir viktigt då en normalbegåvad person kan hålla sju, plus eller minus två, saker i huvudet samtidigt (Miller, 1994). Genom standardiserat arbete kan montören alltså lägga en större del av sin koncentration på den stora variationen av bilmodeller, eller identifiera förbättringsområden för arbetsprocessen. De banavsnitt som erhåller i särklass flest driftstopp är banavsnitten L5A och L7A. Utifrån beskrivningen ovan kan en bidragande orsak vara att detta område även tvingas hantera flest varianter i hela monteringsfabriken (Produktionsledare, 2012).

Som tidigare nämnts är det ett fåtal personer som orsakar majoriteten av de operatörsberoende felen på banavsnitten, exempelvis att glömma kvittering av poka-yoke (Produktionsledare, 2012). Montörer med väl inövade rutiner som alltid följer standardprocessen kommer inte glömma att kvittera poka-yoke. Det är mycket viktigt att montörerna, särskilt de som mer frekvent orsakar denna typ av driftstörningar, får lära sig den korrekta arbetsmetoden och att lagledaren säkerställer att montören följer instruktionerna. Då ett driftstopp uppstår måste lagledaren direkt utreda om arbetsmetoden följdes eller inte. Därmed vet lagledaren om det var ett metodfel eller operatörsfel som orsakade stoppet och kan agera utifrån det.

Det finns ett utbrett missförstånd att standardiserat arbete tar bort eller försvagar den mänskliga kreativiteten och att standardisering handlar om att påtvinga människor ett robotliknande beteende. Syftet är dock omvänt, genom att standardisera arbetet kan operatören i stället fokusera på att förbättra arbetsmetoden. (Liker & Convis, 2012) Alltså kan standardiserat arbete främja kreativitet samtidigt som effektiviteten förbättras, något som Ellenbecker och Veleva (2001) listar som en princip för uthållig produktion. Vidare kan standardiserade arbetsprocesser utgöra en trygghet för montörerna. Detta då de förväntas arbeta utifrån dessa och inte bör hållas personligt ansvariga för de problem som uppstår på grund av metodmässiga brister. I förlängningen kan detta vara en mycket viktig del i både skapandet och främjandet av en kultur där problem lyfts till ytan snarare än döljs. (Liker & Convis, 2012)

Kulturförändringen är av särskild vikt då monteringsfabriken står inför en stundande andon-implementation. Andon fungerar på så vis att montörer skall stoppa produktionslinan när problem inträffar och därefter få direkt assistans att lösa problemet på plats, innan produktionen återupptas. (Chef produktionsteknik, 2012) Ifall det råder en kultur där montörer drar sig för att lyfta problemen till ytan och be om erforderlig hjälp kommer detta sannolikt ta udden av de fördelar andon-systemet ämnar medföra. Toyota lyfter fram andon som ett av de viktigaste verktygen i förbättringsarbetet och vidareutvecklingen av standardprocesserna (Liker, 2004). Det är ledningens roll att kommunicera detta budskap. För att få systemet att fungera bör de förbättra arbetsbeskrivningen för montörerna så att den förtydligar vikten av att arbeta utifrån standardprocesserna, lyfta problem till ytan samt vara delaktiga och drivande i förbättringsarbetet.

Även om operatörsrelaterade monteringsfel är en stor källa till driftstopp i monteringsfabriken utgjorde dessa den näst minsta kategorin, av de driftstopp som varar minst sex minuter, i den kategorisering som återfinns i kapitel 5.3. Om monteringsfel upptäcks direkt kan de nästan alltid åtgärdas inom en minut, eftersom montören i princip hinner göra om hela monteringen. Detta gör att de operatörsberoende monteringsfelen sällan uppnår den kritiska driftstoppstiden på sex

minuter, vilket därmed kan innebära att monteringsfelen inte nödvändigtvis är den mest drivande orsaken till produktionsbortfallet. Skulle felet däremot inte upptäckas förrän senare på banan kan konsekvenserna bli längre stopp eller kostsamma efterjusteringar. (Produktverkstadschef, 2012)

Sammanfattningsvis behöver monteringsfabriken arbeta målinriktat med att utveckla en kultur där alla strävar efter att synliggöra problem och bygga in kvalitet i systemet. Montörerna måste arbeta utifrån standardiserade arbetsprocesser för att kunna lägga mer fokus på förbättringsarbete. För att detta skall vara möjligt krävs att ledningen prioriterar upplärningsprocessen som är i stort behov av förnyelse och förbättringar. Genom att öka montörernas systemförståelse och bättre informera dem om konsekvenserna av sina handlingar är det möjligt att snabbt förbättra kvaliteten.

## 7.2 Incitamentsstruktur

Hög personalomsättning på ledarnivå, framför allt bland produktions- och lagledare, medför att fabriken inte kan behålla den kompetens som byggts upp i dessa led i hierarkin. Vidare menar en produktverkstadschef (2012) att avsaknad av starkt ledarskap kan vara drivande för produktionsbortfallet. En förklaring är enligt utsago att lönerna kan vara betydligt högre på andra interna och externa tjänster för skickliga produktions- eller lagledare. Lagledarrollen tycks inte vara tillräckligt attraktiv för att montörerna skall motiveras att axla det utökade ansvaret. Enligt en produktionschef är den extra ersättning som lagledarrollen medför låg i förhållandet till det extra ansvaret (Produktionschef, 2012). Bortsett från löneökningen jämfört med montörer, anses de utbildningar inom ledarskap och kvalitetsförbättring som ges till lagledarna vara en stor motivationsfaktor. Att erhålla Six sigma green belt-kompetens är ett exempel på en sådan kompetensutveckling. (Produktverkstadschef, 2012) Det är även viktigt att betänka vilka som lämnar företaget först; det är inte osannolikt att det är de mest värdefulla medarbetarna.

Med tanke på att det inom lean production är av stor vikt med starkt ledarskap på lagnivå, är det anmärkningsvärt att lagledarna och produktionsledarna i monteringsfabriken inte belönas på ett sådant sätt att de bättre motiveras att stanna kvar i rollen längre. Enligt Forslund (2009) skall individens betydelse för organisationen i helhet även tas i beaktning vid lönesättning. Ett exempel på en specifik situation som är viktig för organisationens leveransförmåga är lagledarens ansvar för insatsen vid driftstopp där denne är först på plats och fattar beslut om åtgärd. Flera produktionsledare (2012) har påtalat hur stor betydelse lagledarens insats har för omfattningen av driftstoppet.

Angående möjligheterna att behålla kompetent personal i produktionen, kan den geografiska närheten till företagets huvudkontor och utvecklingsavdelning i detta avseende faktiskt utgöra ett problem för monteringsfabriken. Vid VCC:s anläggning i Gent finns det i stort sett bara produktionsrelaterade arbetsuppgifter, vilket gör att mindre kompetens lämnar fabriken. Till skillnad mot fabriken i Gent kan det i Torslanda vara frestande för välutbildade att söka anställning inom exempelvis produktutveckling eller inköp. I dagsläget rekryteras i stort sett alla produktionsledare internt i fabriken, något som ger betydligt kortare upplärningstid och lägre utbildningskostnader (Produktionschef, 2012). Problem kan dock uppstå vid en hög grad av intern ledarrekrutering. Ledningen får alltför homogen sammansättning avseende faktorer som utbildningsbakgrund, yrkeserfarenhet och systemförståelse. Detta kan effektivt utestänga nya tankesätt från organisationen och ökar risken för fenomenet grupptänkande, något som Surowiecki (2005) menar kan ha ödesdiga konsekvenser. Toyota anser dock att fördelarna med intern rekrytering kan

överstiga nackdelarna då det anses vara viktigast att ledarna har djup förståelse för företagskulturen (Liker & Convis 2012). Detta kräver dock medvetenhet avseende de faror med homogena grupper som nämnts ovan. Toyota arbetar mycket fokuserat för att minimera riskerna med internrekrytering genom att använda mycket omfattande urvalskriterier vid ledarrekrutering. (Liker & Meier, 2006) Collins (2001) hävdar att det viktigaste för organisationsutveckling är att inkludera rätt personer, snarare än vilken bakgrund de har.

Det är viktigt med incitamentsstrukturer som motiverar anställda på alla plan i fabriken och riktar samtliga medarbetare mot gemensamma målsättningar. Varje produktionsledare har ett antal resultatmätt som skall uppnås, exempelvis antal driftstoppminuter per skift och banavsnitt (Produktverkstadschef, 2012). Incitamentsstrukturen bör vara uppbyggd på ett sätt som motiverar anställda att göra ett bra arbete överlag. Belöningsystem som är för hårt knutna till specifika resultatmätt tenderar att motivera anställda att fokusera enbart på dessa mått och försumma andra viktiga aspekter av arbetet. Dessutom kan alltför individuella resultatmätt bidra till ökad individualisering och på lång sikt skada laganda och gemenskap. (Liker & Convis, 2012)

Monteringsfabriken har tidigare använt incitamentsprogram där anställda som presenterat förbättringsförslag fick en andel av den eventuella besparingen av förbättringsåtgärden (Maskinoperatör, 2012). Psykologiska experiment har visat att en sådan modell, där människor belönas för att göra något som de tycker är kul eller är bra på, kan driva fram en kultur där motivationen på sikt sjunker. Till slut kan de anställda förvänta sig belöningar för att sköta sitt jobb ordentligt. När den här typen av program tas ur bruk kan det skapa irritation hos de anställda. (Liker & Convis, 2012) Denna teori kan stödjas med ett uttalande från en operatör som uttryckte att denne inte längre har någon lust att komma med förbättringsförslag.

Sammantaget borde fabriksledningen försöka stävja den höga omsättningen av produktionsledare och lagledare, exempelvis genom en mer effektiv incitamentsstruktur. Om de lyckas med det kan ledarskapet i fabriken förstärkas samtidigt som kompetensen ökar och cementeras. Ledningen bör även beakta att kompetensutveckling av lag- och produktionsledare inte enbart kan användas som substitut för lönepåslag, då en attraktiv kompetens tillsammans med en låg lön kan mana personalen att söka sig till andra arbetsgivare. Med facit i hand tycks incitamenten för att stanna inom organisationen, vare sig monetära eller ickemonetära, vara för svaga. Den geografiska närheten till VCC:s övriga divisioner är svår att ändra på, men fabriks- och företagsledningen kan alltid arbeta för att göra produktionen i Torslanda mer attraktiv.

### **7.3 Förbättringsarbete**

För att monteringsfabriken på sikt skall uppnå operationell excellens är det mycket viktigt att förbättringsarbetet får en central roll, inkorporeras i den dagliga verksamheten och får en stark kulturell förankring inom organisationen (Liker & Convis, 2012). Collins (2001) menar att det är en välförankrad myt att språnget från normalnivå till mästarklass för verksamheter kräver radikala förändringar. Snarare hävdar Collins att det handlar om att ha rätt folk inom organisationen. Därefter krävs tråget arbete där fokus ligger på ständigt och målinriktat förbättringsarbete.

Det är få ledare som motsätter sig vikten av att skapa ett klimat där ständiga förbättringar skall främjas. Det är dock vanligt att förbättringar tvingas fram av chefer som ger order om hur en process skall förbättras och hur personalen skall utföra detta. Problemet med detta top-down-perspektiv på

förbättringsarbete är att de anställda tvingas utföra aktiviteter de inte sympatiserar med och därmed blir omotiverade till förändringen. (Slack et al., 2009) Det är svårt att argumentera emot att de personer som står vid monteringslinan och utför det direkt värdeadderande arbetet borde ha en avgörande roll i arbetet med processförbättringar. Ledarnas uppgift är att motivera och ge arbetslagen förutsättningar att faktiskt kunna förbättra sina egna processer (Liker & Convis, 2012). Att ta tillvara på organisationens samlade kunskap och inkorporera detta i verksamhetsstrategin går under benämningen bottom-up-perspektivet (Slack et al., 2009). För att förbättringsarbetet skall fungera så effektivt som möjligt både på lång och kort sikt är det viktigt att monteringsfabriken använder en kombination av top-down- och bottom-up-perspektiven.

### **7.3.1 Operativt förbättringsarbete**

Produktverkstadschefen har ansvaret för att fördela resurser och ansvar mellan de ingående banavsnitten så att målsättningen kan uppnås. Ansvaret är sedan delegerat nedåt i managementkedjan och produktionsledaren har ansvar för att arbeta med ständiga förbättringar och reducera driftstoppminuter på respektive produktionsavsnitt. (Produktverkstadschef, 2012) Ett exempel på en framgångsrik förbättringsprocess är banavsnitten 1-3 och 1-4, där effektivt samarbete mellan produktionsledare och lagledare har lett till en reducering av driftstoppminuterna från cirka 90 minuter till 20 minuter, vilket är målet för banavsnittet. Montörerna bidrog med majoriteten av de förbättringsförslag som föranledde reduceringen av driftstoppminuter. (Produktionsledare, 2012) Detta tydliggör vikten av att involvera montörerna vid förbättring av processer på fabriksgolvet. Ifall en kultur kan etableras där montörerna ständigt förbättrar arbetsprocesserna, även när banavsnitten inte är föremål för riktade förbättringsåtgärder, kan detta leda till ökande bidrag från operationell nivå i monteringsfabriken.

Kaizen är ett vedertaget begrepp inom produktion som avser förbättringsarbete genom ständiga inkrementella förbättringar. För att kaizen skall vara effektivt är det viktigt att det inkorporeras i den dagliga verksamheten och inte endast praktiseras genom till exempel kaizen-veckor. (Liker & Convis, 2012) Monteringsfabriken har så kallade fokusveckor var sjätte vecka där målet är att förbättra produktionen. Dessa är inte helt jämförbara med hur monteringsfabriken definierar kaizen-veckor, som är inriktade på att lösa ett specifikt och fördefinierat problem. (Produktionschef, 2012) Fokusveckorna borde dock ur analysynpunkt kunna likställas med kaizen-veckor, då båda syftar till att förbättra kvalitet och produktion under en begränsad tidsperiod.

Under monteringsfabrikens fokusveckor hålls endast de viktigaste mötena och alla i fabriken är koncentrerade på det operativa arbetet. Tanken är att ökat fokus på den operativa verksamheten, på bekostnad av det långsiktiga arbetet, kommer att framkalla förbättringar och insikter om nya förbättringsområden som behandlas på strategisk nivå under efterföljande veckor. Kvaliteten ökar ofta under dessa veckor och tenderar dessutom att stanna kvar på en högre nivå även efter veckans slut. Dock avtar effekterna efter ett antal veckor. (Produktionschef, 2012) Trots att fokusveckorna tycks vara kvalitetshöjande är det viktigt att fundera över orsaken till resultatet. När verksamheter använder denna typ av kaizen-event tenderar människor att skjuta på förbättringsåtgärder och andra problem till kaizen-eventet (Liker & Convis, 2012). Ifall monteringsfabriken skall kunna förbättra sina processer, måste förbättringsarbetet ha en lika central roll varje dag, med målet att implementera nya förbättringsförslag på daglig basis.

Det finns i huvudsak två typer av kaizen: underhålls-kaizen och förbättrings-kaizen. Underhålls-kaizen är den dagliga verksamheten och de aktiviteterna som syftar till att säkerställa driften av produktionen genom att hantera driftstörningar effektivt. Det innebär hantering av oplanerade stopp såsom nerjobbning eller haverier för att få systemet att leverera så nära produktionsmålet som möjligt. (Liker & Convis, 2012) I monteringsfabriken har produktionschefen övergripande ansvar för verksamhetens produktionsresultat och förväntas tillsammans med produktionsledarna lösa problem som uppkommer och leverera enligt plan. Vid ett driftstopp på ett banavsnitt skall lagledaren omedelbart sätta sig in i problemet och kontakta produktionschefen när stoppet uppgår till tre minuter. De problem som uppstår i den dagliga verksamheten behandlas av respektive produktionsavsnitt med fokus på haverier och återkommande problem. (Produktionschef, 2012) Detta är ett exempel där det finns en risk att arbetslagen skjuter upp problem till fokusveckor eller till nästkommande stora förbättringsprojekt, till exempel Six sigma-projekt. Förbättrings-kaizen är den del av kaizen som innefattar förbättringsåtgärder och som vanligtvis förknippas med begreppet kaizen. För att denna typ av kaizen skall fungera på ett effektivt sätt är det absolut nödvändigt att montörerna och arbetslagen är ledande i förbättringsarbetet. (Liker & Convis, 2012)

Monteringsfabriken har en kaizenavdelning som tidigare arbetat med kaizen-workshops för att förbättra monteringsprocessen. Funktionen har dock förändrats över tiden och samarbetet med produktionen har blivit allt mindre. Ursprungligen arbetade kaizenavdelningen nära montörerna och reagerade snabbt på åsikter och förbättringsförslag från dessa. Numera anordnas inga workshops och de huvudsakliga arbetsuppgifterna består enligt intervjuer av att beställa material och genomföra underhåll av dragare, vilket inte alls ligger i linje med modern kaizen. (Chef underhåll, 2012)

Sammanfattningsvis är det arbetslagen som i huvudsak bör utgöra navet i förbättringsarbetet. Monteringsfabriken har redan erfart detta och bör ta tillvara på dessa erfarenheter från det tidigare nämnda framgångsrika förbättringsarbetet, som resulterade i en drastisk sänkning av antal driftstoppminuter, på banavsnitten 1-3 och 1-4. Montörerna måste göras delaktiga och först när alla arbetslag i fabriken arbetar med förbättring av de standardiserade processerna på daglig basis, kommer sann operationell framgång kunna uppnås. För att skapa en kultur där medarbetarna verkligen tror på att det är möjligt att ständigt förbättra processerna ytterligare, krävs ett strukturerat strategiskt arbete som beskrivs i nästa avsnitt.

### **7.3.2 Strategiskt förbättringsarbete**

Det strategiska arbetet med förbättringar är minst lika viktigt som det operativa arbetet och det är ledningen som, genom att arbeta målinriktat, skall skapa förutsättningar för arbetslagen att driva sitt eget förbättringsarbete. För att åstadkomma den kultur av ständiga förbättringar som diskuterats ovan måste en kombination av bottom-up- och top-down-perspektiven på ledarskap tillämpas. De olika perspektiven fyller dock diametralt motsatta funktioner för att skapa effektivitet i förbättringsarbetet. (Liker & Convis, 2012)

Top-down-delen av ledarskapet innefattar att bryta ner monteringsfabrikens övergripande mål och skala ner dessa genom managementkedjan för att slutligen mynna ut i konkreta och mätbara mål för arbetslagen på monteringslinan. Monteringsfabrikens övergripande leveransmål under den studerande perioden var 55 bilar per timme. Målet är inte direkt överförbart till enskilda banavsnitt utan måste konkretiseras till något mätbart mått, vilket i praktiken får anses vara deras mål avseende



driftstoppminuter. En optimal struktur för verksamhetens målsättningar skall vara sådan att det går en röd tråd genom hela organisationen. Detta, på ett sådant sätt, att banavsnittens målsättningar skall vara konkreta och mätbara och samtidigt ha tydlig koppling till de övergripande målen för monteringsfabriken. (Liker & Convis, 2012)

Bottom-up-delen innebär att ledningen lyssnar på organisationen, tar tillvara på dess samlade erfarenheter och anpassar de taktiska och operationella målen efter det dagliga förbättringsarbetet samt tillsätter resurser där det finns hög förbättringspotential (Slack et al., 2009). Det är viktigt att de två managementperspektiven används i kombination och är under ständig utveckling (Liker & Convis, 2012).

För att kombinationen av de båda perspektiven skall öka förbättringsarbetets effektivitet finns det vissa kritiska områden där monteringsfabriken måste säkerställa kvaliteten. Då målen bryts ner genom managementkedjan måste det ske i en process där alla managementnivåer involveras och aktivt deltar för att skapa välfungerande mål till nästa nivå i organisationen. Resonemanget bygger på att de personer som arbetar med de aktuella operationerna är bäst lämpade att identifiera potentiella förbättringsområden. Detta betyder att produktverkstadscheferna tillsammans med produktionsledarna gemensamt bör utveckla lämpliga mål för respektive produktionsavsnitt. Därefter bryts målen ner ytterligare på arbetslagsnivå genom ett samarbete mellan den berörda lagledaren och produktionsledaren. Arbetssättet säkerställer dels bättre besluts kvalitet genom hela managementkedjan och bidrar dels till högre ansvarskänsla hos de anställda, eftersom de själva varit involverade i processen. (Liker & Convis, 2012) Kedjan är inte starkare än den svagaste länken, och huruvida alla delar av hierarkin har tillräcklig utbildning och erfarenhet för att fatta beslut inom sina egna ansvarsområden är avgörande för förbättringsprocessens framgång.

Sammanfattningsvis bör fabriksledningen jämka top-down- och bottom-up-perspektiven för att säkerställa framgångsrikt förbättringsarbete på en strategisk nivå. Ledningen skall se till att de övergripande målsättningarna bryts ner genom managementkedjan, fördelas ut på produktionsledarområdena, samtidigt som montörerna tar ansvar för att bidra med förbättringsförslag nerifrån.

## **7.4 Objektivitet vid beslutsfattande**

I en organisation är det viktigt att basera beslut på fakta. Enligt Bergman och Klefsjö (1991) är detta en av hörnstenarna i offensiv kvalitetsutveckling. Dock trycker de även på vikten av väl underbyggd fakta. Monteringsfabrikens avdelningar har tillgång till stora mängder data kring de driftstopp som uppstår längs produktionsflödet. Driftstoppen registreras automatiskt men datakvaliteten beror till viss del på den mänskliga faktorn. Lagledaren ansvarar för att rapportera orsakerna till driftstoppen manuellt via en dator i anslutning till monteringslinan, vilket för den studerande perioden resulterade i att tio procent av de egenorsakade driftstoppen förblev ej rapporterade. De huvudsakliga orsakerna är enligt uppgift från produktionsledare (2012) att extrainsatta lagledare saknar access eller att de ordinarie lagledarna slarvar alternativt glömmer rapportera.

Ifall dessa data utgör beslutsunderlag är det uppenbart att besluts kvaliteten blir lidande, då datan inte är komplett och i sådana fall finns det behov att standardisera rapporteringsprocessen. En övervägande andel av datan samlas dock in automatiskt från systemet. Den informationen det tekniska systemet samlar in är delvis överlappande med den information lagledaren manuellt

registerar. Därmed finns det anledning att ifrågasätta syftet med den manuella rapporteringen, särskilt om de som utför analyserna föredrar teknisk data utifrån dess objektiva karaktär. För att sätta detta i ett större perspektiv registrerades knappt 70 000 driftstopp för det undersökta kvartalet. Räknet på att rapporteringen i snitt tar 20 sekunder skulle kostnaden för all rapportering ifall samtliga orsaker till driftstopp, följdstopp borträknat, rapporteras uppgå till cirka 380 000 SEK per år. Se Appendix C för beräkningsgång.

## 7.5 Organisatoriska skillnader mellan dag och kväll

Skillnaden avseende produktionsresultatet mellan dag- och kvällsskiftet kan vara svår att förklara med rent tekniska resonemang, då båda skiften bland annat använder samma maskinpark och buffertar. Vid intervjuer har de flesta tillfrågade dock påpekat ett antal faktorer som skiljer sig mellan skiften.

De allra flesta i fabriken tycks vara väl medvetna om att kvällsskiftet presterar bättre än dagskiftet. Produktionsutfallet kommuniceras i realtid via stora tavlor vid banorna. Inte minst är produktionsledare och högre chefer väl medvetna om diskrepansen avseende skiftens leveransförmåga över tid. (Produktionsledare, 2012) De psykologiska effekterna av att påminnas om denna situation kan både på dag- och kvällsskiften mycket väl till slut skapa en självuppfyllande profetia enligt Merton (1968). I sådana fall kan vetskapen om skillnaderna mellan skiftens prestationer resultera i omotiverat låga arbetsprestationer hos montörerna på dagskiftet och ökad motivation hos montörerna på kvällsskiftet.

Det finns en nästan lika utbredd uppfattning om att både attityd och motivation skiljer sig hos montörerna skiften emellan. Då många beslutsfattare och stödfunktioner endast arbetar kontorstid, tvingas kvällsskiftet i större utsträckning hantera driftstörningar på egen hand och på så sätt lär de sig att arbeta mer självständigt. Även om vissa stödfunktioner saknas på kvällen slipper montörerna dessa störningsmoment i sitt arbete, exempelvis undersökningar som utförs, och kan därmed ha ökat fokus på produktionen. (Produktionsledare, 2012) En produktverkstadschef menar dock att vissa reparationer som görs under kvällen endast är provisoriska och måste hanteras under nästkommande dagskift (Produktverkstadschef, 2012), vilket kan skapa extra störningar på dagen. Vidare uttryckte en operatör på dagskiftet att kvällsskiftet ibland lägger undan nödvändiga verktyg (Maskinoperatör, 2012). Detta skapar inte bara irritation, utan får också negativa effekter på kvaliteten eftersom operatörerna på dagen får använda sämre verktyg eller rentav tvingas improvisera lösningar. Dock borde detta kunna undvikas genom att exempelvis ge lagledarna ansvar att säkerställa att alla verktyg hänger på sin plats i verktygsskåpen vid slutet av skiften. Orsaker till detta beteende kan vara att skiften inte är tillräckligt samspelade, samt det faktum att det finns en viss tävlan mellan skiften snarare än samarbetsvilja.

Något som lyfts fram av många produktionsledare (2012) som en relativt stor bidragande orsak till driftstörningar under dagskiftet är personalfrånvaro, vilket ofta beror på sjukdom eller vård av barn. Enligt en produktionschef (2012) är dessa problem betydligt färre under kvällsskiftet. Ytterligare en skillnad är att personaltillgången vid skiftbytet är högre, vilket har flera förklaringar. Först och främst kan produktionsledare under dagen söka ersättare till medarbetare på kvällsskiftet som är frånvarande. Vidare kan dagsarbetare arbeta övertid med syfte att ytterligare möjligheter att finna ersättare och därutöver är tillgången på extraarbetare avsevärt bättre på kvällen. Produktionsledare på kvällen har ofta endast tillgång till ett fåtal extraarbetare som nästan alltid är tillgängliga till

skillnad från dagskiftet som har stor vikariepool med montörer som sällan arbetar och kommer in med ringrostiga monteringskunskaper. (Produktverkstadschef, 2012)

Flera intervjuer har indikerat att underhållsarbetet skiljer sig mellan dag- och kvällsskiftet vilket skulle kunna påverka driftstoppslängden. Underhållsavdelningen har två fasta chefer, ansvariga för dag- respektive kvällsskiftet. De två cheferna har tillsammans två lag med underhållstekniker, vilka jobbar varannan vecka på dagen och varannan på kvällen. Lagen är sammansatta av personer med olika spetskompetenser, då dessa roterar kan det rimligen antas att kompetensen över tiden är jämnt fördelad över skiftet. Trots detta hävdar somliga produktionsledare att reparationer utförs märkbart effektivare på kvällarna. Vid intervju med dagskiftets underhållschef framgår det att de två cheferna tillämpar olika metoder att beordra ut teknikerna på uppdrag. Underhållschefen på dagen har som strategi att inte skicka den allra kunnigaste teknikern, utan försöker bredda kompetensen genom att låta mindre erfarna tekniker lösa problemen. Detta tankesätt kan vara fördelaktigt på längre sikt, men är mindre effektivt på kortare sikt då det kan förlänga tiden det tar att åtgärda problemen. (Chef underhåll, 2012) Underhållschefen som ansvarar för kvällsskiftet prioriterar istället kortast möjliga reparationstid. Detta ger enligt produktionsledare resultat i kortare stopptider på kvällen jämfört med dagen. (Produktionsledare, 2012)

## 8. Analys av hållbar utveckling

---

Detta kapitel beskriver monteringsfabrikens verksamhet ur ett hållbarhetsperspektiv. Vidare analyseras VCC och monteringsfabrikens beslut på operativ och strategisk nivå ur ett livscykelperspektiv. Därefter synas verksamheten i ett geografiskt perspektiv avseende närhet till kunder och leverantörer. Slutligen kopplas VCC:s övergripande målsättningar, via externa intressenter, ner till mer konkreta mål för monteringsfabriken.

---

VCC utgår från Bruntlandkommissionens definition av tre olika dimensioner av hållbar utveckling: ekonomisk, social och miljömässig. Dessa inbegriper tre olika aspekter för VCC. Den aspekt som är kopplad till den sociala dimensionen är säkerhet, där VCC strävar efter att bygga bilar i vilka inga personer skall skadas. Den andra aspekten är miljömässig och kopplad till bilens livscykel med det övergripande målet att eliminera samtliga skadliga utsläpp. Den sista aspekten är lönsamhet, vilken är kopplad till den ekonomiska dimensionen av Bruntlandkommissionens definition, där företaget strävar efter att nå goda ekonomiska resultat på lång sikt, för VCC och dess viktigaste intressenter. (VCC, 2012) Detta avsnitt fokuserar på de två sistnämnda prioriteterna, det vill säga miljö och lönsamhet.

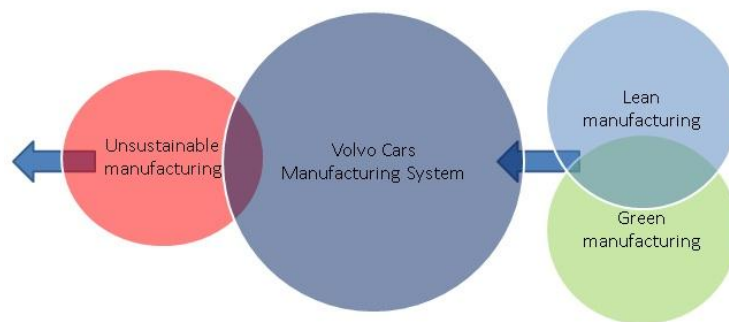
Denna rapport har i huvudsak fokuserat på företeelser med stark anknytning till monteringsfabrikens produktionsbortfall. Då produktionsbortfallet uppgår till cirka fyra procent medför detta att ett extra skift måste tillsättas per 25 vanliga skift för att nå produktionsmålsättningen över tid. Detta kan rimligen betraktas som ett ohållbart förfarande som bland annat medför ökad energiförbrukning och maskinförlitning per producerad bil. Även om detta är tämligen uppenbara hållbarhetsaspekter för monteringsfabriken, finns en rad områden som befinner sig i gränslandet mellan hållbarhet, lean production, förbättringsarbete, organisationsutveckling och ekonomisk fokus.

VCC för kontinuerlig dialog med interna och externa intressenter för att säkerställa att den strategiska hållbarhetsplanen stämmer överens med intressenternas åsikter. Målet är att alla intressentgrupper skall vara representerade och känna sig hörda. VCC sammanställer därför de övergripande målen från de viktigaste intressenterna och inkorporerar dessa i sitt hållbarhetsarbete. Intressenternas mål ligger väl i linje med VCC:s mål på en strategisk nivå men måste brytas ned till konkreta och mätbara mått längre ner i organisationen för att få hela verksamheten involverad i hållbarhetsarbetet. (VCC, 2012)

Hållbarhet behöver, inom VCC, därmed inte särbehandlas när frågor på operativ och strategisk nivå behandlas i organisationen. Företagets övergripande mål och vision för hållbarhet skall behandlas på motsvarande samma sätt som andra mål inom organisationen, det vill säga på det sätt som beskrevs i kapitel 7. Detta innebär att hållbarhetsmålen skall brytas ned genom managementkedjan, för att resultera i tydliga och mätbara mål för alla nivåer i organisationen. Vidare måste den kombination av top-down och bottom-up perspektiv på ledarskap tillämpas för att nå framgång på lång sikt. Det är essentiellt att göra montörerna medvetna om hållbarhetsmålen för att nå störst möjliga potential i hållbarhetsarbetet.

Monteringsfabriken har, som tidigare nämnts, för avsikt att identifiera och eliminera slöserier, det vill säga aktiviteter som inte är värdeadderande. Som figur 13 illustrerar i form av ett venndiagram, är det i många avseenden hög passform mellan lean-initiativ och hållbarhetsarbete. Därmed kan rapportens senare presenterade rekommendationer nummer 1 till 4 ha särskilt stor påverkan på

monteringsfabrikens hållbarhetsutveckling, då dessa ämnar förstärka den plattform förbättringsarbetet vilar på.



Figur 13 – Egen tolkning av hur VCC kan inkorporera hållbarhet

O'Brien (1999) påtalar emellertid att det som karaktäriserar hållbara organisationer är att miljömedvetenhet präglar organisationskulturen. Vidare bekräftar O'Brien möjligheterna att likrikta hållbarhetsutveckling med det generella förbättringsarbetet. Dock lyfts den kritiska aspekten fram, att det är av särskild vikt, att kaizen även måste inbegripa hållbarhetsaspekter. Vid analysen av det organisatoriska systemet tycks detta vara ett område där ledningen kan få god effekt genom en top-down-approach och målnedbrytning till arbetslagen, förutsatt att förbättringskulturen stärks. Vad som bör lyftas fram är dock att vissa områden inte nödvändigtvis behöver vara föremål för ett riktat miljöfokus för att påverka den miljömässiga dimensionen positivt. Ett konkret exempel som observerats på resultatavlor i monteringsfabriken är det årligen kasseras material för cirka 40 MSEK, vilket motiverar förbättringsarbete ur ett ekonomiskt perspektiv även om frukterna av arbetet även kan skördas inom miljödimensionen.

Ur ett mer holistiskt verksamhetsperspektiv finns vidare en rad områden som är svåra att ändra på kort sikt, vilka dock kan betraktas som föränderliga på lång sikt. Detta då bilindustrin får anses kapitalintensiv, eftersom det krävs stora investeringar i samband med etableringar av nya produktionsanläggningar. Ett sådant svårföränderligt område är lokaliseringen av verksamheten i förhållande till kunder och leverantörer. Torslanda kan anses vara lokaliserad relativt nära sina huvudsakliga marknader, bortsett från USA och Kina. Kina är emellertid för närvarande VCC:s fjärde största marknad. (Volvo Personvagnar AB, 2011) Ur miljösynpunkt kan detta anses problematiskt till följd av det stora geografiska avståndet mellan länderna, men VCC upprättar för tillfället nya produktionsanläggningar i Kina. Dock bemöts inte situationen på VCC:s huvudmarknad USA på liknande sätt. Detta kan tolkas på flera olika sätt, etableringen i Kina kan vara ett uttryck för de nya ägandeförhållandena snarare än ett uttryck för bolagets hållbarhetsambitioner. Emellertid kan även Kina tänkas vara en större potentiell tillväxtmarknad, vilket kan innebära att det snarare är ett uttryck för en tillväxtstrategi för den kinesiska marknaden.

Livscykelanalys används för att beräkna produkters miljömässiga påverkan under hela produktens livscykel. Mer specifikt startar livscykeln för industriella produkter ofta med utvinning av råmaterial för att sedan tillverkas och distribueras till konsumenterna. En utmaning vid livscykelanalys i fordonsindustrin är den relativt långa livscykeln för personbilar. I utvecklade länder varierar

livslängden mellan 25 och 35 år medan den i utvecklingsländer kan vara så lång som 45 år. (Mayyas et al., 2012)

För att VCC skall lyckas minimera produkternas negativa inverkan på miljön är det nödvändigt att miljöarbetet inkorporeras i verksamheten, både operativt och strategiskt. Den långa livscykeln och miljöpåverkan kan, utifrån ett monteringsperspektiv, med fördel analyseras utifrån några av de så kallade Design for X-metoderna (hädanefter DfX). Dessa är alla metoder för att säkerställa att livscykeln avslutas sunt utifrån ett hållbarhetsperspektiv, exempelvis genom att delkomponenter återanvänds som reservdelar. Alla komponenter går dock inte att återanvända på detta sätt, då de exempelvis kan förslitas eller korroderar. Metoderna ställer även krav på att modulernas konstruktion underlättar demontering för att möjliggöra återanvändning av dess delkomponenter. (Mayyas et al., 2012)

Design for disassembly (hädanefter DFD) och design for recyclability är två begrepp bland DfX-metoderna som får allt större betydelse (Amelia et al., 2009). DFD är närbesläktad med design for assembly (hädanefter DFA), även om en allmän uppfattning tycks råda att det föreligger målkonflikter metoderna emellan. Exempelvis kan produkter som designas för att kunna monteras med lägsta möjliga kostnad orsaka stora svårigheter vid demontering, vilket driver upp kostnaderna. (Bogue, 2007) Emellertid lyfter Bogue (2007) fram att det finns många likheter mellan DFA och DFD genom exempelvis båda strävar efter reduktion av antal komponenter samt modularisering. För monteringsfabriken kan ökat fokus på dessa koncept innebära reducerad monteringskomplexitet. Detta kan vara positivt för det standardiserade arbetet genom förbättrad inlärning samt i förlängningen minska de montörsrelaterade driftstörningarna.

Inom bilindustrin finns idag inga exempel på att återvunna komponenter används i nyproduktion, dessa återfinns snarare främst i form av reservdelar (Amelia et al., 2009). Reservdelsförsäljningen har dessutom generellt sett under senare år utgjort en allt större andel av företagets vinstmarginaler (Wagner & Lindemann, 2008). Wagner och Lindemann (2008) skriver vidare att reservdelsmarknaden ofta beskrivs som den mest lönsamma delen av ett företag. Ur detta perspektiv kan förbättrade DFA och DFD-egenskaper samtidigt bidra till ökad lönsamhet och förbättrad verksamhet ur ett hållbarhetsperspektiv. Emellertid ställer detta krav på ökat samarbete och återkoppling mellan produktion och produktutveckling. Framgångsrik utveckling av detta samarbete kan i längden leda till stora kostnadsbesparingar, samtidigt som det reducerar användningen av resurser, även om kostnader för demontering inkluderas (Mayyas et al., 2012). Det bör även nämnas att det finns exempel på andra branscher som rentav återanvänder komponenter vid produktion (Amelia et al., 2009). För VCC kan ökat strategiskt fokus på denna typ av lösningar leda till konkurrensfördelar framöver samtidigt som hållbarhetsprofilen stärks.

## 9. Slutsats

---

*I detta kapitel presenteras kortfattat de viktigaste resultaten från respektive problemområde.*

---

Den genomförda studien visar att det stora antalet driftstopp VCT:s monteringsfabrik lider av är övermäktigt för produktionssystemet att hantera. Driftstoppen resulterar i låg nettotakt vilket visat sig vara den mest betydelsefulla orsaken till att monteringsfabriken inte når föreliggande produktionsmål. Produktionsbortfallet medför ökade kostnader i storleksordningen 40 MSEK per år, vilket motsvarar cirka 35 heltidsanställda montörer. Resultatet blir högre monteringskostnad per bil och lägre vinstmarginal för företaget som helhet.

Anledningen till att monteringsfabriken inte når produktionsmålsättningarna är systemets oförmåga att hantera driftstörningar och uppnå ett jämnt flöde. Monteringsfabriken nyttjar olika typer av produktionstekniska mekanismer såsom övertakt och buffertar som dämpande åtgärder. Dessa mekanismer fungerar emellertid inte tillfredställande vid längre driftstopp, varför längre driftstopp är starkt drivande till det föreliggande produktionsbortfallet.

Det finns två olika synsätt gällande de existerande buffertarna. De är antingen adekvat dimensionerande och driftstoppen för långa, eller underdimensionerande i förhållande till den aktuella störningssituationen. Genomförda undersökningar visar med statistisk signifikans att driftstopp som varar minst sex minuter är starkt korrelerade med produktionsbortfallet. Detta resultat styrks vidare av undersökningar som påvisar att buffertar kan kompensera för driftstopp upp till cirka fem minuter. Slutsatsen kan således dras, att utökade buffertkapaciteter liksom reduktion av längre driftstopp hade förbättrat fabriken möjligheter att nå produktionsmålsättningen.

Teknikrelaterade störningar är den enskilt största orsaken till kritiska driftstopp och är således överrepresenterade på teknikintensiva banavsnitt. Anledningen till att monteringsfabriken lider av teknikrelaterade problem är bristen på förebyggande underhåll och tydligt förbättringsarbete, något som präglar fabriken under en längre tid.

Utnyttjandegraden i monteringsfabriken har visat sig vara anmärkningsvärt hög, nära 100 procent, och är således en potentiell förklaring till många av de problem fabriken upplever. Tesen bekräftas av områdesspecifik litteratur och styrks av en jämförelse med systerfabriken i Gent, som utnyttjar sin kapacitet i betydligt lägre grad men i högre utsträckning når sin produktionsmålsättning. Poängteras bör dock att lägre utnyttjandegrad, trots dess positiva effekter, medför kostnader för överkapacitet.

Ökade krav från marknaden har resulterat i omfattande monterings- och layoutkomplexitet till följd av fabriken begränsade resurser som tvingat fram diverse ad hoc-lösningar då nya bilmodeller introducerats. Layoutkomplexiteten är en bidragande orsak till den otillräckliga buffertsituationen vilken tillåter störningar att fortplanta sig i systemet. Vidare bidrar den höga komplexiteten till driftstörningar samt bidrar till svårigheter att identifiera samband mellan orsak och verkan vilket är kritiskt för att bedriva framgångsrikt förbättringsarbete.

Operativt och strategiskt förbättringsarbete är en kritisk del av att utveckla organisationens prestationer. Studien visar att monteringsfabriken karaktäriseras av top-down-styrning vilket innebär att verksamheten går miste om samlad erfarenhet från de lägre hierarkiska nivåerna i det operativa förbättringsarbetet. Kaizenansvaret ligger hos produktions- och lagledarna trots att montörerna utför

det direkt värdeadderande arbetet och besitter initierade kunskaper och erfarenheter av produktionsprocessen. Då det komplexa produktionssystemet är mycket svårt att fullständigt förstå och överblicka är det av särskild vikt att montörerna får ansvar för att åstadkomma förbättringar. Ökat bottom-up-inflytande skulle innebära att verksamheten i högre utsträckning kan ta tillvara på den stora förbättringspotential som trots allt finns.

För att kunna överföra mer ansvar till montörerna behöver hela managementskedjans kompetens säkerställas. Studien visar att det föreligger en rad problem angående både kompetensutveckling och organisationens förmåga att bibehålla kompetens. Hög personalomsättning på produktions- och lagledarnivå har lett till att investeringar i utbildning inte återbetalat sig. Detta innebär rent krasst att incitamenten för att stanna inom organisationen för närvarande inte är tillräckliga. Vidare finns det tydliga indikationer på att organisationen inte lägger tillräcklig vikt vid montörernas utbildning. Detta visar sig vara en betydande orsak till de många operatörsberoende driftstoppen.

Det är viktigt att montörerna förstår vikten av det standardiserade arbetet samt har förståelse för systemet och konsekvenserna av att göra avsteg från standardprocessen. Att utan undantag tillämpa en standardiserad utbildningsprocess kan medföra flera positiva effekter. Detta resulterar i att missförstånd effektivt kan undvikas då förståelsen för produktionssystemet ökar.

Att effektivisera verksamheten med lean-metoder och därmed erhålla ett högre resursutnyttjande är i hög grad förenligt med de krav på uthållig produktion som ställs av externa intressenter. Ökat inflytande avseende förbättringsarbetet på montörsnivå kan förbättra verksamhetens operationella förmågor och öka den kreativa aspekten av monteringsarbetet. Vidare kan metoder som Design for assembly och Design for disassembly förstärka verksamhetens konkurrenskraft samtidigt som miljöprofilen stärks. Dessa metoder kan reducera monteringskomplexiteten och sålunda resultera i färre driftstopp och minskat produktionsbortfall.

Företagskulturen är idag till viss del präglad av en vilja att dölja problem snarare än att lyfta dem till ytan. Oavsett vad detta bottnar i är det av yttersta vikt att komma till bukt med situationen för att kunna skapa ett klimat som främjar förbättringsarbete och på sikt leder till operationell excellens.



## 10. Rekommendationer

---

*Följande punkter är att betrakta som åtgärdsförslag för monteringsfabriken i avtagande ordning utifrån hur angelägna de anses vara, samtidigt som hänsyn tas till genomförbarhet.*

---

1. Personalomsättningen på ledarnivå måste stävjas genom förstärkt incitamentsstruktur. Kompetent ledarskap kommer vara en kritisk framgångsfaktor för den nödvändiga kulturförändringen och ledningen bör vara särskilt lyhörd för vad ledarna upplever som attraktivt respektive mindre attraktivt med arbetsituationen.
2. Förbättringsarbetet bör i huvudsak bedrivas så nära de värdeskapande aktiviteterna som möjligt. Därmed skall montörerna ges utökat ansvar när det kommer till att leverera förbättringsförslag. Detta bör definitivt vara en tydlig del av arbetsbeskrivningen. Vidare bör ledarnas kärnfunktion vara att stötta montörerna i detta arbete.
3. Montörerna skall alltid följa de standardiserade arbetsprocesserna så de kan känna sig trygga att anmäla och lyfta fram problem. När problem uppstår skall ledaren först och främst ta reda på om standardprocessen följts. Har den inte följts måste montören få förklarat för sig vikten av att följa standardprocessen. Har standardprocessen däremot följts måste denna uppdateras på ett sådant sätt att samma fel inte kan inträffa igen.
4. Utbildningsprocessen måste vara standardiserad och följas utan undantag. Det är viktigt att uppnå en hög instruktionseffekt vid utbildning. Stickprov är inte tillräckligt för att säkerställa utbildningskvaliteten, allt fokus bör ligga på att förbättra processen snarare än att kontrollera den. Det finns omfattande behov av ökad systemförståelse bland medarbetarna för att undvika missförstånd, bristande tilltro till systemet och bättre förstå konsekvenserna av att avvika från standardprocessen.
5. Nyttan av att lagledare manuellt rapporterar felorsaker i rapporteringssystemet QUEST bör utvärderas. Rapporteringen kostar idag uppskattningsvis 380 000 kr per år, förutsatt fullständig rapportering.
6. För att undvika svinn, slarv och dylikt bör arbetsledarna stämma av att all utrustning befinner sig i verktygsskåpen efter varje avslutat skift.
7. Med nuvarande 55-takt bör näranalyser utföras för de stopp som överstiger sex minuter.
8. Tydligare koppling krävs mellan maximalt antal driftstoppminuter och önskat produktionsresultat. Nuvarande skiftmålsättningar avseende maximalt antal driftstoppminuter bortser från följdstopp och är inte särskilt korrelerat till produktionsresultatet. Målsättningar för stopplängdsintervall bör specificeras för varje enskilt banavsnitt, baserat på buffert-, takt- och störningsförhållande till angränsande banavsnitt.
9. Överväg att införa automatisk buffertstyrning med differentierade buffertnivåer och möjligheten att manuellt justera styrningen vid behov.
10. Dimensionera buffertkapaciteter bättre efter banspecifika behov för att öka de störningsdämpande effekterna. Kostnadseffektiva lösningar kan uppnås genom att fokusera på att finna små men betydelsefulla synkroniseringsproblem med syfte att öka befintliga buffertars kapacitet.

## 11. Vidare studier

---

*Kapitlet listar de områden som inte behandlats på djupet i denna rapport men hade varit akademiskt intressant och dessutom relevant för VCT. Valet grundas dels i att kännedom om dessa områden inte fanns innan arbetet påbörjades och dels på grund av tidsbrist. Tid har varit den enskilt mest begränsande faktorn vad gäller insamling och behandling av empiriskt material.*

---

Vidare studier i samma ämne med liknande frågeställning skulle, om det blev aktuellt, gynnas av ytterligare insamling av primärdata för att utöka möjligheten att tydliggöra fabriken's problematik. Dessa data skulle kunna utgöras av fler intervjuer med, företrädevis, montörer på kritiska banavsnitt. En sådan detaljerad undersökning av produktionssystemet skulle kunna utgöra underlag för en mer precis utvärdering av processers standardisering, varpå mer specifika lösningsförslag hade kunnat presenteras. Förfarandet kommer säkerställa att de begränsade tidsresurserna fokuseras på kritiska områden. Vidare hade sådana efterforskningar och dess resultat eventuellt rimmat väl med resonemanget om hur ytterligare standardisering höjer driftsäkerheten i produktionssystem med hög utnyttjandegrad.

Den höga personalomsättningen rekommenderas vidare granskning för att reducera monteringsfabriken's uttalade problem med att kompetent personal lämnar företaget allt för tidigt. Intervjuer med lagledare, som visat sig ha hög omsättning, skulle kunna ge en tydlig och oförvrängd bild av företaget, vilket torde kunna mynna ut i genomförbara förbättringsförslag.

Med utgångspunkt i rapportens resonemang angående automatiskt styrda buffertar bör undersökningar som behandlar automatisk kontra manuell styrning av buffertar utföras. Eventuellt hade en differentierad uppsättning buffertar som avspeglar driftstörningsförhållandet banavsnitten emellan kunnat utvärderas i samband med den jämförande studien. På så vis behandlas även förändrande åtgärder, som exempelvis manuell styrning mot dessa differentierade buffertnivåer, snarare än enbart omskapande av systemet i form av att byta till ett automatiskt sådant.

Något som denna rapport's frågeställning i stort sett utelämnat är monteringsfabriken's andon-projekt. Projektet skulle kunna utgöra ett ypperligt akademiskt undersökningsobjekt, där statistiska metoder löpande skulle kunna användas för att undersöka hur andon påverkar ett moget produktionssystem. Dessutom finns möjligheten att kvantifiera beslutsunderlag för när monteringslinan bör stannas, snarare än åtgärda problem i efterhand.

Logistikavdelningen är den avdelning som är minst representerad i denna rapport då fokus varit riktat åt monteringsystemet. Ytterligare forskning med samma frågeställning borde inkludera en omfattande analys av intern logistik och dess eventuella inverkan på produktionsbortfallet.

VCC:s anläggning i Gent utgör ett mycket passande jämförelseobjekt med Torslandafabriken. Det torde finnas ett visst akademiskt intresse i en sådan jämförelse då båda fabriken's tillhör samma företag, med alla likheter det innebär. De båda fabriken's produktionssystem har skilda förutsättningar men de båda ledningsgrupperna bör dock ha mycket lika, om inte identiska, grundförutsättningar. Av denna anledning skulle det vara intressant att jämföra de båda ledningarnas arbetsätt och om det på något sätt är korrelerat till produktionsbortfall.

## 12. Källförteckning

*I detta avsnitt presenteras samtliga skriftliga och muntliga källor som använts i rapporten.*

---

### 12.1 Skriftliga källor

Alford, D., Sackett, P. & Nelder, G. (2000). *Mass Customisation – an automotive perspective*. International Journal of Production Economics, vol. 65, ss. 99-110. Tillgänglig på internet: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273\(99\)00093-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(99)00093-6)> [2012-04-04].

Amelia, L., Wahab, D. A., Che Haron, C. H., Muhamad, N. & Azhari, C.H. (2009). *Initiating automotive component reuse in Malaysia*. Journal of Cleaner Production, vol. 17, ss. 1572-1579. Tillgänglig på internet: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.06.011>> [2012-04-30].

Banks, J., Nelson, L. B., Nicol, D. M. & Carson, J. S. (2001). *Discrete-event system simulation*. Upper Saddle River: Prentice-Hall.

Bergman, B. & Klefsjö, B. (1991). *Kvalitet från behov till användning*. ss.21-50. Lund: Studentlitteratur.

Bogue, R. (2007). *Design for disassembly: a critical twenty-first century discipline*. Assembly Automation, vol. 27, nr. 4, ss. 285 – 289. Tillgänglig på internet: <<http://dx.doi.org/10.1108/01445150710827069>> [2012-05-04].

Chung, C. (2003). *Simulation modeling handbook – a practical approach*. London: Taylor & Francis.

Clarke, C. (2005). *Automotive Production Systems and Standardisation: From Ford to the Case of Mercedes-Benz*. Heidelberg: Physica-Verlag GmbH & Co.

Collins, J. (2001). *Good to Great: Why Some Companies Make the Leap... and Others Don't*. New York: HarperBusiness.

Ellegård, K., Nilsson, L., Engström, T., Johansson, B. & Medbo, L. (1992). *Reflektiv Produktion - Industriell verksamhet i förändring*. ss. 31-42. Göteborg: AB Volvo Media, Förlagsgruppen.

Ellenbecker, M. & Veleva, V. (2001). *Indicators of sustainable production: framework and methodology*. Journal of Cleaner Production, vol. 9, nr. 6, ss. 519-549. Tillgänglig på internet: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526\(01\)00010-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00010-5)> [2012-04-30].

Eriksson, L.T. & Wiedersheim-Paul, F. (2008). *Rapportboken – hur man skriver uppsatser, artiklar och examensarbeten*. Malmö: Liber AB.

Fisher, M., Jain, J.P. & MacDuffie, J.P. (1995). *Strategies for product variety: lessons from the auto industry*. B Kogut and E. Bowman eds., *Redesigning the Firm*. New York: Oxford University Press.

Fisher, M.L. & Ittner, C.D. (1999). *The Impact of Product Variety on Automobile Assembly Operations: Empirical Evidence and Simulation Analysis*. Management Science, vol. 45, nr. 6, ss. 771-786. Tillgänglig på internet: <<http://www.jstor.org/stable/2634770>> [2012-02-10].

Forslund, M. (2009). *Organisering och ledning*. Stockholm: Norstedts Akademiska Förlag.

- Hansson, S., Arvidsson, P. & Lindqvist, H. (2006). *Företags- och räkenskapsanalys*. Lund: Studentlitteratur.
- Hayes, R. H. & Wheelwright, S. C. (1985). *Competing through Manufacturing*. Harvard Business Review, vol. 63, nr. 1, ss. 213-223. Tillgänglig på internet: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&AN=4040525&site=ehost-live>> [2012-04-28].
- Jonsson, P. & Matsson, S. A. (2011). *Läran om effektiva materialflöden*. 2:a uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Hogan, B. J. (2009). *Sustaining a lean culture*. Manufacturing Engineering, Nov. 2009, ss. 71-76. Tillgänglig på internet: <<http://www.highbeam.com/doc/1P3-1906589621.html>> [2012-04-30].
- Konishi, K. (2008). *A tuning strategy to avoid blocking and starving in a buffered production line*. European Journal of Operational Research, vol. 200, nr. 2, ss. 616-620. Tillgänglig på internet: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.032>> [2012-04-24].
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- Liker, J. K. & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. New York: McGraw-Hill.
- Liker, J. K. & Convis, G. L. (2012). *The Toyota Way to Lean Leadership: Achieving and Sustaining Excellence through Leadership Development*. New York: McGraw-Hill.
- Liu, C-M. & Sanders, J. L. (1988). *Stochastic design optimization of asynchronous flexible assembly systems*. Annals of Operations and Research, vol. 15, nr. 1, ss. 131-154. Tillgänglig på internet: <<http://dx.doi.org/10.1007/BF02186794>> [2012-04-24].
- Lung, Y., Chanaron, J-J., Fujimoto, T. & Raff, D. (1999). *Coping with variety, flexible productive systems for product variety in the auto industry*. Aldershot: Ashgate Publishing Company.
- Marques de Sá, J. (2007). *Applied Statistics: Using SPSS, STATISTICA, MATLAB and R*. 2:a uppl. Berlin: Springer.
- Marti, M. (2007). *Complexity Management: Optimizing Product Architecture of Industrial Products*. [e-bok]. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag. Tillgänglig på internet: <[http://www1.unisg.ch/www/edis.nsf/SysLkpByIdentifier/3352/\\$FILE/dis3352.pdf](http://www1.unisg.ch/www/edis.nsf/SysLkpByIdentifier/3352/$FILE/dis3352.pdf)> [2012-04-24].
- Mayyas, A., Quattawi, A., Omar, M. & Shan, D. (2012). *Design for Sustainability in automotive industry: A comprehensive review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 16, nr. 4, ss. 1845 - 1862. Tillgänglig på internet: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.012>> [2012-04-30].
- Medbo, P. (1998). *Significance of input data quality for material flow analysis*. Lic-avh., Chalmers tekniska högskola. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.
- Merton, R. K. (1968). *Social Theory and Social Structure*. New York: Free Press, ss. 477.

- Miller, G. A. (1956). *The Magical Number Seven, plus or minus two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information*. *Psychological Review*, vol. 63, nr. 2, ss. 81-97. Tillgänglig på internet: <<http://dx.doi.org/10.1037%2Fh0043158>> [2012-05-02].
- Miller, J. G. & Vollmann, T. E. (1985). *The hidden factory*. *Harvard Business Review*, vol. 63, nr. 5, ss. 142-150. Tillgänglig på internet: <<http://hbr.org/1985/09/the-hidden-factory/ar/1>> [2012-03-24].
- Montgomery, D. & Runger, G. (2006). *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 4:e uppl. Chichester: John Wiley & Sons.
- O'Brien, C. (1999). *Sustainable production – a new paradigm for a new millennium*. *International journal of production economics*, vol. 60-61, nr. 1, ss. 1-7. [2012-04-30].
- Olausson, M. (1992). *Statistisk försöksplanering, faktor försök*. Göteborg: Institutet för verkstadsteknisk forskning: Sveriges verkstadsindustrier.
- Porter, M. E. (1996). *What is Strategy?*. *Harvard Business Review*, vol. 74, nr. 6, ss. 61-78. Tillgänglig på internet: <<http://hbr.org/1996/11/what-is-strategy/ar/1>> [2012-04-28].
- Rubelowitz, S. (2004). *Organisationspsykologi och ledarskap*. Lund: Studentlitteratur.
- Rumelt, P. R. (2011). *Good Strategy/Bad Strategy*. London: Profile Books Ltd.
- Shimbun, N. K. (1988). *Poka-Yoke: Improving Product Quality by Preventing Defects*. [e-bok]. Portland: Productivity Press. Tillgänglig på internet: <[http://books.google.com/books?hl=sv&lr=&id=hR\\_8U1z6d\\_oC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Poka-Yoke:+Improving+Product+Quality+by+Preventing+Defects&ots=kYSiSHnlhE&sig=4eXh1lwhPjMxtD6uXVFdytD3d1M](http://books.google.com/books?hl=sv&lr=&id=hR_8U1z6d_oC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Poka-Yoke:+Improving+Product+Quality+by+Preventing+Defects&ots=kYSiSHnlhE&sig=4eXh1lwhPjMxtD6uXVFdytD3d1M)> [2012-04-11].
- Shimokawa, K. & Fujimoto, T. (2009). *The Birth of Lean – Conversations with Taiichi Ohno, Eiji Toyoda, and other figures who shaped Toyota Management*. Översatt till engelska: Miller, B. & Shook, J. Cambridge: The Lean Enterprise Institute.
- Shingo, S. (1984). *Den nya japanska produktionsfilosofin*. ss. 16-34. Lidingö: Sv. Managementgruppen.
- Shingo, S. (1986). *Source Inspection and the Poka-Yoke System*. [e-bok]. Portland: Productivity Press. Tillgänglig på internet: <[http://books.google.se/books?id=gkE8K7axQbYC&printsec=frontcover&hl=sv&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.se/books?id=gkE8K7axQbYC&printsec=frontcover&hl=sv&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)> [2012-04-11].
- Slack, N., Chambers, S. & Johnston, R. (2009). *Operations Management*. 6:e uppl. Harlow: Financial Times/Prentice Hall.
- Surowiecki, J. (2005). *The wisdom of crowds: why the many are smarter than the few*. [ljudbok] London: Abacus.
- Volvo Car Corporation AB (2012). <<http://www.volvocars.com>> [2012-05-07].

Volvo Personvagnar AB (2011). *2010/11 Företagsrapport med Hållbarhet*. Göteborg: Volvo Personvagnar AB. Tillgänglig på internet: [http://www.volvocars.com/intl/top/about/corporate/volvo-sustainability/Documents/Volvo\\_Corporate\\_report\\_SWE\\_2010\\_locked.pdf](http://www.volvocars.com/intl/top/about/corporate/volvo-sustainability/Documents/Volvo_Corporate_report_SWE_2010_locked.pdf) [2012-04-05].

Wagner, S. M. & Lindemann, E. (2008). *A case study-based analysis of spare parts management in the engineering industry*. *Production Planning & Control: The Management of Operations*, vol. 19, nr. 4, ss. 397-407. Tillgänglig på internet: <http://dx.doi.org/10.1080/09537280802034554> [2012-05-04].

Wallén, G. (1996). *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*. 2:a uppl. Lund: Studentlitteratur AB.

Wild, R. (1975). *On the selection of mass production systems*. *International Journal of Production Research*, vol. 13, nr. 5, ss. 443-461. Tillgänglig på internet: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&AN=5553578&site=ehost-live> [2012-01-27].

Womack, J. P. & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. ss. 15-28. London: Simon & Schuster.

Zhuki, X. & Shusaku, H. (1994). *A Study on Sequence Method for the Mixed-Model Assembly Line in Just-in-Time Production Systems*. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 27, nr. 1-4, ss. 225-228. Tillgänglig på internet: [http://dx.doi.org/10.1016/0360-8352\(94\)90276-3](http://dx.doi.org/10.1016/0360-8352(94)90276-3) [2012-02-10].

Åhlström, P. (1997) *Sequences in the Process of Adopting Lean Production*. ss. 19-29. Stockholm: Economic Research Institute, Stockholm School of Economics.

## **12.2 Muntliga källor**

Al Ali, Salar (Produktverkstadschef Pre-trim, VCT), 2012-03-21.

Athanasios, Kapnias (Produktionsledare, VCT), 2012-02-27.

Andersen, Marie (HR-ansvarig, VCT), 2012-03-06.

Andersson, Dennis (Flödes- och simuleringsansvarig, VCT), 2012-03-27.

Appelqvist, Dennis (Kaizengruppen, VCT), 2012-03-05.

Athanasios, Kapnias (Produktionsledare, VCT), 2012-02-27.

Avdijaj, Sofie (Produktionsledare, VCT), 2012-03-02.

Berglund, Bengt (Professor, Avdelningen för teknik och samhälle), Föreläsningar 2012-02.

Bjerdén, Anders (Produktionsledare, VCT), 2012-03-02.

Bjärne, Johan (Produktionsledare, VCT), 2012-03-06.

Caglar, Alex (Produktionsledare, VCT), 2012-03-02.

Carlström, Björn (Produktionsledare, VCT), 2012-03-05.

Carlzon, Sara (Controller, VCT), 2012-03-08 – 2012-03-29.

Damnjanovic, Tanja (Produktionsledare vikarie, VCT), 2012-03-09.

Dubois, Koen (Fabrikschef, monteringsfabriken), 2012-03-21.

Gullstrand, Lennart (Chef produktionsteknik, VCT), 2011-12 – 2012-05.

Gustavsson, Erik (Layoutansvarig, VCT), 2012-03-21.

Gustavsson, Malin (Maskinoperatör, MP), 2012-03-20.

Hackovic, Murat (Produktionsledare, VCT), 2012-03-07.

Hultsten, Robert (Chef styrningen, VCT), 2012-02-23.

Ilic, Bojan (Produktionsledare, VCT), 2012-02-27.

Ilic, Ivica (Produktionsledare, VCT), 2012-02-27.

Kasumi, Mergim (Produktionsledare, VCT), 2012-03-02.

Lindér, Jan (Universitetslektor, Avdelningen för Operations Management), 2011-11 – 2012-05.

Lundskog, Sven (Andondansvarig, f.d. Chef produktionsteknik, VCT), 2011-11 – 2012-05.

Moravac, Zivojin (Produktverkstadschef Final, VCT), 2012-03-27.

Niemelä, Markku (Produktionsledare, VCT), 2012-03-05.

Nelson, Peter (Produktverkstadschef Trim, VCT), 2012-03-09.

O'Connor, Lillis (Produktionsledare, VCT), 2012-03-05.

Olsson, Curth-Ove (Produktionschef TC kväll, VCT), 2012-03-09.

Pederson, Richard (Produktionsledare, VCT), 2012-03-05.

Powell, Christian (Chef underhåll, VCT), 2012-03-06.

Prim, Magnus (Produktionschef TC dag, VCT), 2011-11 – 2012-05.

Randevik, Jan (Revisor, VCC), 2012-03-09 – 2012-03-23.

Rudervall, René (Produktionsledare, VCT), 2012-03-02.

Santa, Edin (Produktionsledare logistik, VCT), 2012-04-04.

Svensson, Daniel (Kvalitetschef, VCT), 2012-03-07.

Söderström, Christian (Produktionsledare, VCT), 2012-03-05.

Yousef, Usama (Produktionsledare, VCT), 2012-02-27.

# Appendix A - Intervjufrågor

## **Koen Dubois, fabrikschef**

- Kan du i korta drag beskriva dina ansvarsområden? Vem är överordnad dig?
- Vilken funktion fyller produktionschefen i relation till fabrikschefen och produktverkstadscheferna?
- Vilken funktion fyller produktionsverkstadscheferna i relation till fabrikschefen och produktionscheferna?
- Hur bedrivs, och av vilka funktioner, det strategiska förbättrings- och utvecklingsarbetet?
- Vilka tror du är de viktigaste områdena att utreda för att få bukt med produktionsbortfallet?

## **Magnus Prim, produktionschef, dagskift**

- Varför mäts output som car on line i stället för car off?
- Hur arbetar ni för att minska produktionsbortfallet?
- Vad innebär produktionsbortfallet?
- Hur räknar ni på följdstopp?
- Hur fattas beslut, och i vilken ordning, vid driftstopp och förbättringsarbete?
- Varför är inte logistikavdelningen representerad på leveransmöten?
- Vad anses vara en lyckad dag, outputmässigt?

## **Curth-Ove Olsson, produktionschef, kvällsskift**

- Vilka är dina arbetsuppgifter?
- Gällande de förutsättningar som skapas för kvällsskiftet, hur fungerar det?
- Vad tror du att produktionsbortfallet beror på?
- Vilka tror du är de kritiska banorna?
- Är dessa konstanta trots att ni balanserar om och gör andra förändringar?
- Hur arbetar ni för att minska produktionsbortfallet?
- Hur flödar information vid driftstopp? När kopplas exempelvis underhåll in?
- Är det någon skillnad i hanteringen av driftstopp på dag- jämfört med kvällsskift?
- Vad tror du att skillnaden i output mellan dag och kväll beror på?



## **Produktverkstadschefer**

- Vad är dina arbetsuppgifter?
- Hur går förbättringsarbete till?
- Vilken typ av data har du? Har du personalomsättning för respektive lag?
- Vad är ditt förhållande till produktionsledare, lagledare och långsiktiga beslut?
- Vad har du för handlingsutrymme när det gäller tillsätta personal och göra förbättringar på monteringsbanan? Vad kan produktionsledare göra själva?
- Hur använder ni tillgänglig data? Finns statistik tillgänglig? Vem har i så fall den?
- Vilka operativa beslut är ni ansvariga för? Är det mest på taktisk nivå?
- Hanterar du problem med driftstörningar?
- Vilka mål arbetar ni mot? Är det mål på output? Hur mäts er prestation avseende dessa mål?
- Hur sköts kommunikationen med logistik?
- Ansvarar ni för inköp av exempelvis verktyg?
- Är ni inblandade i sekvensering och fastställande av AML-regler?
- Vad tror du att produktionsbortfallet beror på?

## **Lennart Gullstrand, chef produktionsteknik**

- Vad är dina arbetsuppgifter?
- När, hur, varför och hur ofta uppdateras AML-reglerna?
- Vad baseras de på? Enbart erfarenhet?
- Hur skapas reglerna när en ny modell introduceras?
- Känner produktutvecklingsavdelningen till regelsystemet och begränsningarna i monteringsfabriken?
- Kan ni kräva förändring av konstruktionen på bilarna om de visar sig vara för komplicerade att bygga?
- Hur hanterar reglerna komplexiteten i monteringen?
- Får ni feedback och återkoppling om problem uppstår som är härledbara till AML-reglerna?
- Vissa banavsnitt upplever problem då AML-reglerna frångås, vad avgör om reglerna frångåtts? Kan man exempelvis sekvensera med sju takfönster i rad så att det räknas som att man bryter mot reglerna bara en gång?

## **Produktionsledare**

- Vilka banavsnitt ansvarar du för?
- Vilka moment utförs på respektive banavsnitt?
- Vilka är de största orsakerna till driftstoppstopp inom produktionsavsnittet?
- Hur påverkar sekvens- och AML-regler produktionsavsnittet?
- Vad är målet för driftsstoppminuter?
- Vilken grundtakt används?
- Varför rapporterar inte lagledare orsak till driftstopp när de inträffar?
- Hur ser följdstopps- och buffertsituationen ut?
- Hur många arbetslag finns det inom avsnittet?
- Varför tror du att monteringsfabriken lider av produktionsbortfall?

## **Dennis Andersson, flödes- och simuleringsansvarig**

- Hur ser buffertarna ut med avseende på maximal kapacitet?
- Hur långa stopp kan buffertar hantera?
- Vad är ambitionen när det kommer till fyllnadsgrad i buffertar?
- Hur påverkar tomma buffertar systemet?
- Hur stämmer vår kritiska tid, sex minuter, överens med buffertarnas kapacitet?
- Hur ser det optimala bufferscenariot ut?
- Hur påverkas buffertnivåerna av att produktionscheferna justerar takten dagligen?
- Hur mycket kapital binds upp i buffertar?
- Vad är era mål med buffertarna avseende driftstoppminuter och driftstörningar?
- Hur används simulering i produktionen?
- Vad tror du att produktionsbortfallet beror på?

## **Christian Powell, underhållschef, dagskift**

- Vad består ert arbete i?
- Hur är rutinerna för reparationsuttryckningar upplagda?
- Mäter ni det ni gör? Vad gör ni med denna data?
- Finns det statistik på andel planerat underhåll kontra akut underhåll?
- Mäter ni tider för transport och reparation?
- Vad är mest avancerat att reparera? Finns kompetens hos samtliga eller enstaka anställda att utföra sådana reparationer?

- Vad händer när någon reparatör inte finns tillgänglig? Hur prioriterar ni då?
- Vad händer om reparatören inte kan åtgärda felet?
- Hur förhåller sig underhåll till övriga organisationen? Kontakt med Kaizen-killen? Jobbar ni med något mer övergripande förbättringsarbete?

### **Erik Gustavsson, Layout och flöde**

- Hur mycket kapital binds upp i buffertar?
- Vad är ambitionen när det kommer till fyllnadsgrad i buffertar?
- Hur påverkar tomma buffertar systemet?
- Hur ser buffertarna ut med avseende på maximal kapacitet?
- Hur stämmer vår kritiska tid, på sex minuter, överens med buffertarnas kapacitet?
- Vad är buffertars medelnivå, genom fabriken?
- Hur ser det optimala buffertscenariot ut?
- Vad är era mål med buffertarna avseende driftstoppminuter och driftstörningar?

### **Edin Santa, produktionsledare logistik**

- Vad är oftast orsaken till varför leverans uteblir?
- Varför fattas vissa artiklar oftare än andra?
- Vad kan produktion göra bättre ur ert perspektiv?
- Hur påverkar JIT logistik?
- Vad tror du att produktionsbortfallet beror på?
- Hur kan produktion ge er rätt förutsättningar?
- Hur ser prioriteringen ut artiklar emellan?

### **Sara Carlzon, controller**

- Vad har du för arbetsuppgifter?
- Vad är täckningsbidrag per minut och bil?
- Vad är särkostnad per producerad bil i monteringsfabriken?
- Vad har monteringsfabriken för budget?
- Var kommer informationen till dessa beräkningar från?
- Hur påverkar de beslutsfattande?
- Finns någon form av separat ekonomiredovisning enbart för monteringsfabriken?
- Hur mycket förlorar ni på ett produktionsbortfall på två bilar per timme, tror du?

- Investerar ni i nya maskiner i samråd med produktion och utveckling?
- Hur ser ni på produktionsbortfallet?
- Vad är den genomsnittliga totalkostnaden per bil?

#### **Marie Andersen, HR-ansvarig VCT**

- Har du någon insyn i produktionen i detalj?
- Hur ser personalomsättningen ut i fabriken?
- Har ni statistik över personalomsättningen för varje produktionslag?
- Hur ser fördelningen ut med avseende på ålder och kön för varje lag på respektive skift?
- Hur länge har montörerna, produktionslagvis, arbetat i genomsnitt?
- Hur ser incitamentsstrukturen i monteringsfabriken ut?
- Har vissa banavsnitt högre personalomsättning?
- Får ni in klagomål på besvärliga monteringar?
- Arbetar ni för att minska personalomsättningen? I så fall hur?
- Vad har ni, historiskt sett, arbetat med för att minska personalomsättningen?
- Hur lång är medelanställningstiden?
- Vilken typ av utbildning har personalen? Enligt källor har många av de i Gent högskoleutbildning. Hur är det här?

#### **Dennis Appelqvist, Kaizengruppen**

- Vilken roll har du på VCC?
- Ni är duktiga på att mäta, vad gör ni med all data? Används den till förbättringsarbete? Om inte: Vad baserar sig förbättring i så fall på?
- Har ni någon policy för hur man skall tackla problem som uppstår?
- I hur stor utsträckning har kaizen-workshops på golvet bidragit till förbättring? Är det något som man gör "bara för att man måste"? Återkopplas det till dig? Hänger era arbeten ihop? I så fall hur?
- Mäter ni förbättring? Hur är det kvantifierat? Kan man urskilja förbättringar som skett av förbättringsarbete från andra förbättringskällor såsom ombalansering som råkar bidra till exempelvis högre kvalitet?
- Vilken är den generella inställningen till förbättringsarbete i organisationen?

# Appendix B - Flödeskarta över monteringsfabriken

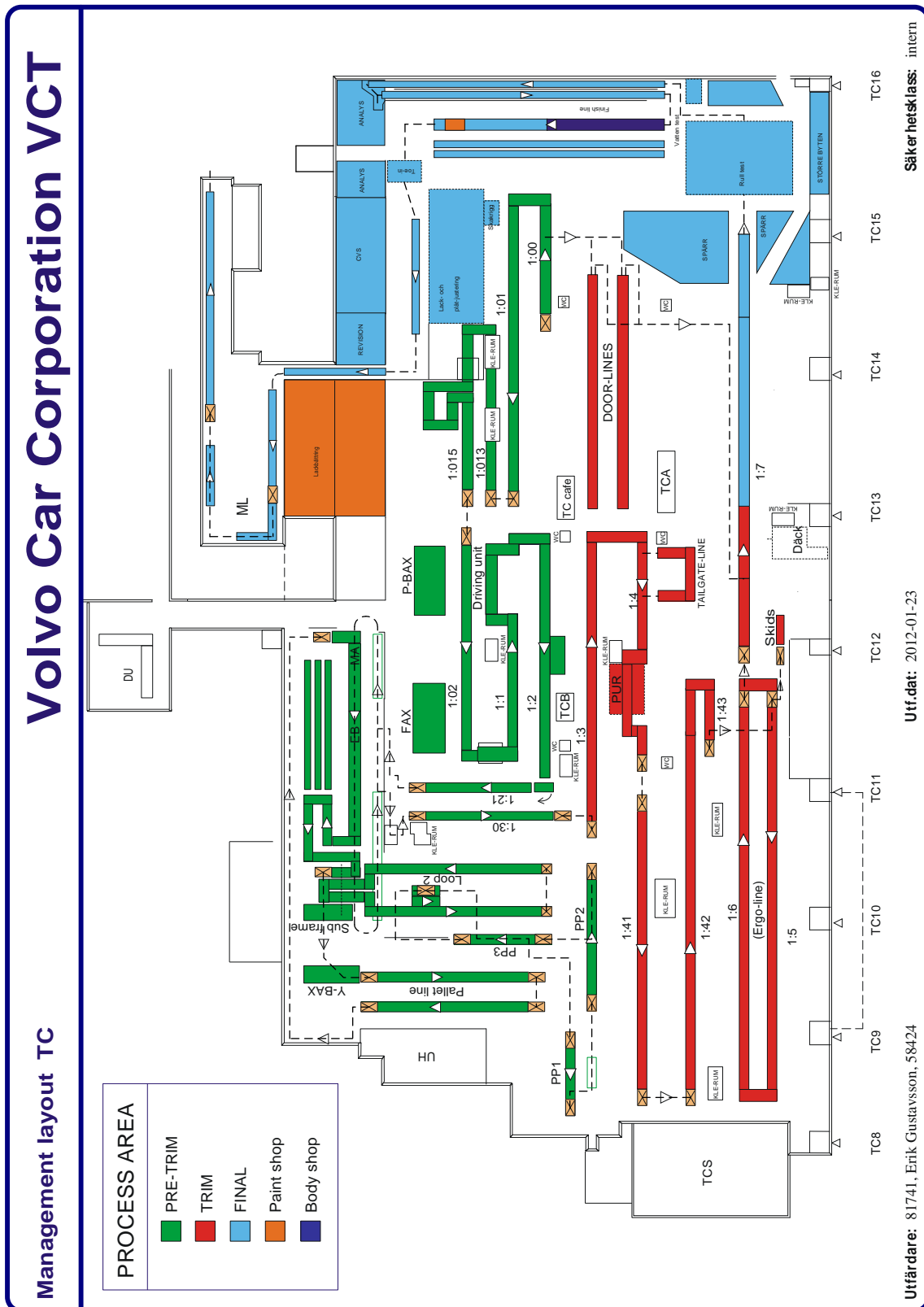


Figure 1 Flödeskarta över monteringsfabriken i Torslanda. (Andersson, 2012)

## Appendix C - Beräkningsunderlag

Här återfinns underlag och beskrivning av beräkningsgången för samtliga kvantitativa framställningar i rapporten. Av praktiska skäl är den data som presenteras nedan endast smärre utdrag från den verkliga datamängden. Anledningen till detta är att en komplett redovisning av datan hade varit ohanterlig då den hade krävt tiotusentals sidor i det format rapporten presenteras.

### Stickprov av brusdata

Datamängden avseende inrapporterade brus uppgår till 334 500 rader i Microsoft Excel vilket är direkt hämtat från monteringsfabrikens datasystem QUEST. Stickprovet nedan utgör tio av dessa rader, vilket i datasystemet utgör en rubrikrad och sedan en underliggande 10x17-matris där rubrikerna är kolumnerna. Ordningen på kolumnerna är den som blir ifall bilderna läses från vänster till höger, uppifrån och ner. Kolumnen minut avser i detta fall sekunder, vilket beror på ett fel i Volvos databas QUEST.

Orsak.avd.	Stopp.avd.	Anm	Stopp datum	Start datum	Minut
1-2	1-2	FLJ	2011-12-01 06:30	2011-12-01 06:30	18
PP2	PP2	6	2011-12-01 06:30	2011-12-01 06:30	2
L5A	L5A	10	2011-12-01 06:31	2011-12-01 06:31	10
L5A	L5A	13	2011-12-01 06:31	2011-12-01 06:31	18
Y-FAX	Y-FAX	20	2011-12-01 06:31	2011-12-01 06:31	11
PALB	PALB	55	2011-12-01 06:31	2011-12-01 06:31	25
Y-FAX	Y-FAX	29	2011-12-01 06:31	2011-12-01 06:31	9
Y-FAX	Y-FAX	19	2011-12-01 06:31	2011-12-01 06:31	1
PP2	PP2	FLJ	2011-12-01 06:31	2011-12-01 06:31	2
MP	MRAIL	325	2011-12-01 06:32	2011-12-01 06:32	20

Orsak	Skift	Flöde	PV Område	Kat.typ	Kat.grupp
EJ RAPPORTERAT	TIDIGT	4	VT	MP	K
EJ RAPPORTERAT	TIDIGT	HUVUD	PRE TRIM	PROD	PROD
EJ RAPPORTERAT STN.TID	TIDIGT	KRING	PRE TRIM	PROD	PROD
EJ RAPPORTERAT STN.TID	TIDIGT	KRING	PRE TRIM	PROD	PROD
EJ RAPPORTERAT	TIDIGT	KRING	PRE TRIM	PROD	PROD
EJ RAPPORTERAT	TIDIGT	HUVUD	PRE TRIM	PROD	PROD
EJ RAPPORTERAT	TIDIGT	KRING	PRE TRIM	PROD	PROD
EJ RAPPORTERAT - GRÄNSLÄGE	TIDIGT	KRING	PRE TRIM	PROD	PROD
FÖLJDSTOPP	TIDIGT	4	VT	MP	K
EJ RAPPORTERAT - CCC-DRAGARE	TIDIGT	HUVUD	PRE TRIM	PROD	PROD

Kat.namn	IDF nummer	IDF Text	OrsakKod	OrsakTypKod
Flödesmätning	R1513.Bit7	BANA1:2 - FÖLJDSTOPP 15 SEK	-	-
PRODUKTION PRE-TRIM	PP2_4641	STOPP CCC -DRAGARE @1%3D@ METER	-	-
PRODUKTION PRE-TRIM	R1935.Bit6	LOOP2_B1 - ÖVERSKRIDEN STATIONSTID STN.10 SUBFRAME	-	-
PRODUKTION PRE-TRIM	R1935.Bit5	LOOP2_B1 - ÖVERSKRIDEN STN.TID STN.13 SUBFRAME	-	-
PRODUKTION PRE-TRIM	YFax_713	STOPPSIGNAL POKAYOKE @1%3D@ METER	-	-
PRODUKTION PRE-TRIM	PALB_1124	BRÄNSLERÖRSKONTROLL EJ OK 44 M	-	-
PRODUKTION PRE-TRIM	YFax_684	GL DRAGARE FJÄDERBENSPAKET 29 METER VÄST	-	-
PRODUKTION PRE-TRIM	YFax_692	GRÄNSLÄGE 19 METER ÖST	-	-
Flödesmätning	PP2_4565	563M1 FÖLJDSTOPP	-	-
PRODUKTION PRE-TRIM	R1900.Bit8	MONORAIL - CCC-DRAGARE STATION 325-327	-	-

## Stickprov av driftstoppsdata

Datamängden avseende inrapporterade driftstopp uppgår till 69 940 rader i Microsoft Excel vilket liksom data för brus är direkt hämtat från monteringsfabrikens datasystem QUEST. Stickprovet nedan utgör elva av dessa rader, vilket i datasystemet utgör en rubriklad och sedan en underliggande 11x17-matris där rubrikerna är kolumnerna. Ordningen på kolumnerna är den som blir ifall bilderna läses från vänster till höger, uppifrån och ner.

Orsak.avd.	Stopp.avd.	Anm	Stopp datum	Start datum	Minut
L5A	L5A	PBR	2011-12-01 06:50	2011-12-01 06:53	3
1-021	1-021	STN	2011-12-01 06:51	2011-12-01 06:51	1
1-02	1-02	FLJ	2011-12-01 06:51	2011-12-01 06:53	3
PP3	PP3	FLJ	2011-12-01 06:51	2011-12-01 06:52	1
L5A	L5A	19	2011-12-01 06:52	2011-12-01 06:53	1
PP2	PP2	FLJ	2011-12-01 06:52	2011-12-01 06:53	1
Y-BAX	Y-BAX	X	2011-12-01 06:52	2011-12-01 06:56	4
1-41	1-41	FLJ	2011-12-01 06:52	2011-12-01 06:54	2
DLH	DLH	204	2011-12-01 06:53	2011-12-01 06:55	2
1-021	1-021	STN	2011-12-01 06:53	2011-12-01 06:56	3
1-015	1-015	FLJ	2011-12-01 06:54	2011-12-01 06:56	2

Orsak	Skift	Flöde	PV Område	Kat.typ	Kat.grupp
PALETTBRIST	TIDIGT	PLAN	LA	NB	AN
METALLCLIPS FÄSTE EJ I KAROSS	TIDIGT	HUVUD	PRE TRIM	PROD	PROD
EJ RAPPORTERAT	TIDIGT	4	VT	MP	K
FÖLJDSTOPP	TIDIGT	4	VT	MP	K
NERJABB	TIDIGT	KRING	PRE TRIM	PROD	PROD
FÖLJDSTOPP	TIDIGT	4	VT	MP	K
TIMEOUT DOLLY 7 M14-M15	TIDIGT	KRING	PRE TRIM	DSM	DSM
EJ RAPPORTERAT	TIDIGT	4	VT	MP	K
KONTROLLANT OSÅKER	TIDIGT	KRING	TRIM	PROD	PROD
INNERTAKSPALETTEN GICK IN SEGT I KAROSS	TIDIGT	HUVUD	PRE TRIM	PROD	PROD
EJ RAPPORTERAT	TIDIGT	4	VT	MP	K

Kat.namn	IDF nummer	IDF Text
PLANERADE STÖRNINGAR HUVUDFLÖDE	R1933.Bit12	LOOP2_B1 - PALETTBRIST STN 155
PRODUKTION PRE-TRIM	B102_381	STATIONSTID INNERTAK Y286 DB10_38.1
Flödesmätning	B102_523	FÖLJDSTOPP DB10_52.3
Flödesmätning	PP3_1365	643M1 FÖLJDSTOPP
PRODUKTION PRE-TRIM	R1935.Bit3	LOOP2_B1 - ÖVERSKRIDEN STATIONSTID STN.19 SUBFRAME
Flödesmätning	PP2_4565	563M1 FÖLJDSTOPP
DRIFTSÅKERHET PRE-TRIM	YBax_341	TIMEOUT DOLLY M14-M15
Flödesmätning	R1128.Bit2	BANA1:41 - FÖLJDSTOPP
PRODUKTION TRIM	R1370.Bit2	DOORLINE - HALT 335AS1 204M H
PRODUKTION PRE-TRIM	B102_351	STATIONSTID INNERTAK V60
Flödesmätning	B1015_303	FÖLJDSTOPP DB10_30.3

**OrsakKod OrsakTypKod**

-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

## Underlag för figurer presenterade i rapporten

Figur 5

Veckor	Takt	Resultat
49	54	54,44
50	55	52,69
51	55	52,51
52	55	51,25
2	55	52,60
3	55	52,99
4	55	52,95
5	55	53,13
6	55	53,39
7	55	53,63
8	55	53,45
9	55	53,10

Produktionsresultatet, ovan benämnt resultat, skiftvis per vecka har beräknats med nedanstående formel:

$$\text{Resultat} = \frac{\text{Antal byggda vagnar} \times 60}{\text{Antal skift} \times \text{antal produktionsminuter}}$$

Takten, vilket bör tolkas som måltakten, har hämtats från måltavlor i monteringsfabriken.

Stickprov av data:

Prod.datum	Skift	Max vagnar	Plan. vagnar	Byggda vagnar	Minuter
2011-12-01	1	420	0	416	462
2011-12-01	2	414	0	420	456
2011-12-02	1	420	0	416	462
2011-12-05	1	414	0	370	456
2011-12-05	2	409	0	404	450
2011-12-06	1	420	0	405	462



**Tabell 1**

<b>Kostnad per nytt skift</b>
<b>Kostnad fullt skift övertid</b>
2 300 000 kr
<b>Kostnad logistik extra skift</b>
600 000 kr
<b>Totalkostnad extra skift</b>
2 900 000 kr
<b>Kostnad montör per timme</b>
360

Formeln nedan visar hur produktionsbortfallet per skift beräknats. Detta har sedan använts för att beräkna bortfallskostnad per skift och bortfallskostnad uttryckt i antal monteringsstimmar, alltså hur många extra montörer kostnaden motsvarar.

$$\text{Produktionsbortfall (per skift)} = \frac{\text{Byggda vagnar (per skift)} - \frac{\text{Minuter}}{60} \times \text{takt}}{\text{Antal skift}}$$

$$\text{Skift per extraskift} = \frac{\text{Byggda vagnar (Medel per skift)}}{\text{Produktionsbortfall (per skift)}}$$

$$\text{Kostnad per skift} = \frac{\text{Totalkostnad extra skift}}{\text{Skift per extraskift}}$$

$$\text{Kostnad undersökt period} = \text{Kostnad per skift} \times \text{Antal skift under period}$$

$$\text{Bortfallskostnad uttryckt i monteringsstimmar} = \frac{\text{Kostnad per skift}}{\text{Kostnad montör per timme}}$$

**Tabell 2**

För respektive månad summerar tabell 2 produktionstid och driftstoppstid. Produktionsbortfallet är uträknat med hjälp av följande summering per månad:

$$\begin{aligned} &\text{Produktionsbortfall} \\ &= \sum \text{Byggda vagnar per skift} - \frac{\text{Minuter per skift}}{60} * \text{Taktmål per skift} \end{aligned}$$

**Tabell 3**

Medelvärden för 12 bra och 12 dåliga dagar

$$\text{Målsättning} = \frac{\text{Minuter per skift}}{60} * \text{Taktmål per skift}$$

$$\text{Produktionsbortfall} = \text{Produktionsresultat} - \text{Målsättning}$$

Nedan följer de ingående 24 jämförelsedagarna, där de bra dagarna är blå och de dåliga är röda.

Tabell 3 sammanställer medelvärden från dessa dagar. Byggda motsvarar produktionsresultat och mål avser målsättning för de respektive dagarna. Produktionsbortfall utgörs av kolumnen diff, där negativ diff är ett produktionsbortfall och positiv diff innebär att producera fler bilar än taktmålsättningen för det givna skiftet. I texten under tabellen återfinns 910 respektive 906 minuter, dessa är medelvärden direkt extraherade från källdata rörande produktionsminuter per skift med hjälp av standardformler i Microsoft Excel.

### Utvalda jämförelsedagar, 12 bra och 12 dåliga dagar

2011-12-01

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	416	416	0	732	48	23
2	420	410	-9,6	669	26	2
<b>Totalt</b>	<b>836</b>	<b>826</b>	<b>-10</b>	<b>1401</b>	<b>74</b>	<b>25</b>

2011-12-07

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	423	424	1	718	31	11
2	388	400	11,7	655	43	15
<b>Totalt</b>	<b>811</b>	<b>823</b>	<b>12</b>	<b>1373</b>	<b>74</b>	<b>26</b>

2011-12-14

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	408	405	-3	758	66	10
2	391	400	8,7	533	42	14
<b>Totalt</b>	<b>799</b>	<b>805</b>	<b>6</b>	<b>1291</b>	<b>108</b>	<b>24</b>

2011-12-22

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	418	424	6	705	43	9
2	418	418	0	651	35	3
<b>Totalt</b>	<b>836</b>	<b>842</b>	<b>6</b>	<b>1356</b>	<b>78</b>	<b>12</b>

2012-02-28

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	409	424	15	588	38	35
2	421	418	-3	608	42	1
<b>Totalt</b>	<b>830</b>	<b>842</b>	<b>12</b>	<b>1196</b>	<b>80</b>	<b>36</b>

2012-01-23

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	416	418	2	574	39	8
2	409	412,5	3,5	558	38	8
<b>Totalt</b>	<b>825</b>	<b>831</b>	<b>6</b>	<b>1132</b>	<b>77</b>	<b>16</b>

2012-01-25

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	387	405	18	775	36	20
2	422	418	-4	569	47	15
<b>Totalt</b>	<b>809</b>	<b>823</b>	14	1344	83	35

2012-01-26

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	427	424	-4	745	44	28
2	411	418	7	722	41	9
<b>Totalt</b>	<b>838</b>	<b>842</b>	4	1467	85	37

2012-02-01

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	402	424	22	698	53	41
2	413	400	-13	559	22	10
<b>Totalt</b>	<b>815</b>	<b>823</b>	8	1257	75	51

2012-02-08

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	402	405	3	762	78	34
2	423	418	-5	702	30	3
<b>Totalt</b>	<b>825</b>	<b>823</b>	-2	1464	108	37

2012-02-23

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	424	424	-1	629	45	34
2	413	418	5	537	43	7
<b>Totalt</b>	<b>837</b>	<b>842</b>	5	1166	88	41

2012-02-27

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	418	418	0	664	49	19
2	412	412,5	0,5	476	44	14
<b>Totalt</b>	<b>830</b>	<b>831</b>	1	1140	93	33

2011-12-05

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	370	418	48	849	69	26
2	404	413	8,5	696	29	10
<b>Totalt</b>	<b>774</b>	<b>831</b>	57	1545	98	36

2011-12-20

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	366	405	39	737	49	36
2	398	418	20	537	45	18
<b>Totalt</b>	<b>764</b>	<b>823</b>	59	1274	94	54

2011-12-16

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	404	424	20	695	39	14
2	358	418	60	427	38	18
<b>Totalt</b>	<b>762</b>	<b>842</b>	80	1122	77	32

2011-12-19

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	341	418	77	698	73	39
2	414	413	-1,5	538	49	15
<b>Totalt</b>	<b>755</b>	<b>831</b>	76	1236	122	54

2012-01-09

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	382	418	36	882	89	41
2	381	412,5	31,5	609	32	16
<b>Totalt</b>	<b>763</b>	<b>831</b>	68	1491	121	57

2012-01-10

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	386	424	38	759	69	18
2	390	418	28	623	61	21
<b>Totalt</b>	<b>776</b>	<b>842</b>	66	1382	130	39

2012-01-19

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	429	424	-6	724	43	10
2	360	418	58	487	38	44
<b>Totalt</b>	<b>789</b>	<b>842</b>	53	1211	81	54

2012-01-30

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	371	418	47	882	49	27
2	402	412,5	10,5	656	40	24
<b>Totalt</b>	<b>773</b>	<b>831</b>	58	1538	89	51

2012-02-06

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	394	418	24	720	47	39
2	404	412,5	8,5	706	55	9
<b>Totalt</b>	<b>798</b>	<b>831</b>	33	1426	102	48

2012-02-13

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	344	418	74	529	34	50
2	411	412,5	1,5	640	47	16
<b>Totalt</b>	<b>755</b>	<b>831</b>	76	1169	81	66

2011-12-06

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	405	424	19	871	52	8
2	381	418	37	924	65	46
<b>Totalt</b>	<b>786</b>	<b>842</b>	56	1795	117	54

2012-02-21

Skift	Byggda	Mål	Diff	1-2 min	3-5 min	6+ min
1	412	424	12	613	46	21
2	397	418	21	641	23	13
<b>Totalt</b>	<b>809</b>	<b>842</b>	33	1254	69	34

### Statistiska tester: Tabell 4, 5, 6, 8, 9, 10 och 11

Vid testet användes följande formel för att beräkna teststatistikan:

$$t = \frac{(X_A - X_B)}{\sqrt{\left[\frac{s_A^2}{n_A} + \frac{s_B^2}{n_B}\right]}}$$

Där X är medelvärden, s är standardavvikelsen samt n är storleken på stickprovet.

Antal frihetsgrader beräknades med följande formel:

$$f = \frac{\left(\frac{s_A^2}{n_A} + \frac{s_B^2}{n_B}\right)^2}{\left[\frac{\left(\frac{s_A^2}{n_A}\right)^2}{n_A - 1} + \frac{\left(\frac{s_B^2}{n_B}\right)^2}{n_B - 1}\right]}$$

Tabell 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 kan härledas ur dessa formler.

### Figur 6 och 7

Datum	6+ min	Datum	6+ min
2011-12-01	25	2011-12-05	36
2011-12-07	26	2011-12-20	54
2011-12-14	24	2011-12-16	32
2011-12-22	12	2011-12-19	54
2012-02-28	36	2012-01-09	57
2012-01-23	16	2012-01-10	39
2012-01-25	35	2012-01-19	54
2012-01-26	37	2012-01-30	51
2012-02-01	51	2012-02-06	48
2012-02-08	37	2012-02-13	66
2012-02-23	41	2011-12-06	54
2012-02-27	33	2012-02-21	34

Ovanstående data är extraherad ur tabellerna för de respektive jämförelsedagarna ovan och ligger till grund för punktdiagrammet och histogrammet. De som ligger i kolumnerna med blå rubrikbakgrund återfinnes i grafen som blå punkter och vice versa.

I histogrammet är samma dagar sorterade i avtagande ordning efter antalet driftstopp som varar i minst sex minuter.

Dåliga dagar	66
Dåliga dagar	57
Dåliga dagar	54
Dåliga dagar	54
Dåliga dagar	54
Dåliga dagar	52
Dåliga dagar	51
Dåliga dagar	48
Bra dagar	41
Bra dagar	39
Dåliga dagar	39
Bra dagar	37
Bra dagar	37
Dåliga dagar	36
Bra dagar	35
Dåliga dagar	34
Bra dagar	33
Dåliga dagar	32
Bra dagar	29
Bra dagar	26
Bra dagar	25
Bra dagar	24
Bra dagar	16
Bra dagar	12

**Tabell 7**

Tabellen kan direkt härleddas ur jämförelsen med bra och dåliga produktionsdagar, data hämtades från QUEST.

**Tabell 12**

Medelvärden av driftstoppminuter extraherades från QUEST-datan avseende driftstopp för hela perioden 1 december 2011 – 29 februari 2012. Följdstopp sorterades bort för de rader som anges vara exklusive driftstopp i tabellen. Sedan sorterades dessa in banvis för respektive produktionsledare. Avslutningsvis placerades produktionsledarnas avsnitt in i de tre produktverkstäderna. Målsättningarna för driftstopp kommer från intervjuer med samtliga produktionsledare. Nedre halvan av tabellen återger hur stor andel av produktionsledarna som uppnådde driftstoppmålsättningarna.

**Figur 8**

Till grund för kategoriseringen ligger driftstoppdata från QUEST där samtliga driftstopp som varat minst sex minuter är representerade, vilket uppgår till 974 stycken. Därefter analyserades och kategoriserades varje enskilt driftstopp utifrån den manuellt inskrivna orsakskategorin tillsammans med den systemgenererade IDF-texten.

Minut	Orsak	IDF nummer	IDF Text	Människa	Teknik	Materialtillförsel	Metod	Övrigt
8	80% I 20 MIN PGA TRAFIKOMLÄGGNING	-	-	1				
32	80% I 20 MIN PGA TRAFIKOMLÄGGNING	-	-	1				
7	80% I 35 MIN PGA TRAFIKOMLÄGGNING	-	-	1				
28	80% I 35 MIN PGA TRAFIKOMLÄGGNING	-	-	1				
12	FLAKBRIST STN 150	R1935.Bit12	LOOP2_B1 - FLAKBRIST STN 150				1	
12	STOPP PRETRIM PGA MTRL.BRIST SIDORUTOR LÖP 268	-	-			1		
12	PALETTBRIST	R1933.Bit12	LOOP2_B1 - PALETTBRIST STN 155				1	
7	DRAGARE RATTAXEL FU EJ. "FEL" KOD ATT AVBRYTA	R1954.Bit1	LOOP2_B1 - STOPP FRÅN CCC-DRAGARE \$RC2901 MET (A)		1			
6	TAPPAD KOVERTERSKRUV I LEXELÅDAN	PP1_1441	STOPP CCC -DRAGARE @1%3D@ METER	1				
8	KONTAKT IVÄGEN FÖR I-BRÅDA LÖP 908	R1549.Bit0	DUPOS - SUMMAFEL ROBOT Y286	1				
12	50% I 24 MIN PGA HÖG FRÅNVARO	-	-	1				
12	50% I 24 MIN PGA HÖG FRÅNVARO	-	-	1				
12	UH I ARBETE MED VÄXELBORD, MOTORBANA	PP1_1280	HALT 543AS1 0 METER VÄST		1			
7	UH I ARBETE MED VÄXELBORD, MOTORBANA	PP1_1280	HALT 543AS1 0 METER VÄST		1			
10	NYCKEL VÄNSTER LÖP 359 KABLAGE FELPLACERAT	R1549.Bit0	DUPOS - SUMMAFEL ROBOT Y286	1				
6	NÖDSTOPP INTRYCKT AV MISSTAG AV TRUCK	SUBBUFF_124	NÖDSTOPP FRÅN SUBFRAME DB10_12.4	1				
13	KABLAGE FASTNAT, P-VÄRMARKABEL 1,6	R1933.Bit13	LOOP2_B1 - GRIPARE E1 EJ I LÅGE STN 185		1			
9	FLAKBRIST STN 150	R1935.Bit12	LOOP2_B1 - FLAKBRIST STN 150				1	
6	PALETTBRIST	R1933.Bit12	LOOP2_B1 - PALETTBRIST STN 155				1	
6	EJ RAPPORTERAT	R1404.Bit7	BANA1:56 - SUMMAFEL LJUSBOM		1			
7	MTRL.BRIST MOTORRUMSKABLAGE, LÖP609	B102_106	HALT 821AS9SH1 347 M VÄST			1		
10	FEL MIX AV SUBPALETTER MODEL 124	SUBLINE_404	BRIST PÅ BAKRE SUBPALLET STN 9 (151)	1				
14	STÄDLUCKA	R1607.Bit9	FINISH123 - PLATSBRIST					1

**Figur 9**

Tabellen nedan presenterar källdata till figur 9. Vid analysen insamlades data för alla driftstopp över eller lika med två minuter under den studerade perioden, 1 december och 29 februari, från rapporteringssystemet QUEST. Information om buffertnivåer bistod layoutansvarig Erik Gustavsson med. Maxbufferten för varje banavsnitt beräknades genom att kapaciteten för framförvarande och efterföljande buffertavsnitt adderades och delades på två.

Banavsnitt	Antal driftstopp över 2 min	Medelbuffert
L5A	1649	3,5
L7A	872	3,5
1-02	788	4
1-2	788	2,25
MP	749	11,5
1-01	523	3,75
1-1	523	1,75
1-5	507	3,5
1-6	502	3
PP1	432	3
1-3	413	3,25
1-21	391	6,5
1-42	372	3,75
1-41	334	4,25
1-4	323	3
PP3	304	8,25
1-015	285	3,75
1-013	278	4,25
PALA	240	5
PUR	189	3,75



**Figur 10**

Tabellen nedan innehåller data extraherad från QUEST varefter följdstopp och egengenererade driftstopp sammanställdes var för sig.

$$\text{Totalt antal driftstopp} = \text{Egenorsakade driftstopp} + \text{Följdstopp}$$

$$\text{Andel följdstopp banavsnitt} = \frac{\text{Följdstopp för banavsnittet}}{\text{Totalt antal driftstopp för banavsnittet}}$$

Avser 1 december 2011 - 29 februari 2012				
Bana	Andel följdstopp	Egna driftstopp	Följdstopp	Totalt summa driftstopp
	Procent	Summa av minuter		
1-00	29%	1210	498	1708
1-01	32%	1214	559	1773
1-013	55%	790	964	1754
1-014	0%	193	0	193
1-015	71%	664	1636	2300
1-02	77%	833	2729	3562
1-1	67%	956	1931	2887
1-2	46%	1951	1677	3628
1-21	80%	573	2250	2823
PP1	9%	2431	255	2686
PP2	47%	1201	1045	2246
PP3	80%	485	1969	2454
L5A	6%	14941	994	15935
L7A	74%	1731	5000	6731
Y-BAX	0%	1933	0	1933
Y-FAX	0%	1869	0	1869
PALA	3%	2493	80	2573
PALB	6%	1557	97	1654
MP	19%	3943	922	4865
1-30	74%	703	2014	2717
1-3	39%	1869	1180	3049
1-4	70%	809	1855	2664
PUR	0%	363	0	363
1-41	55%	1518	1874	3392
1-42	67%	1207	2446	3653
1-43	0%	222	0	222
1-5	59%	1261	1801	3062
1-6	58%	1494	2074	3568
1-7	3%	867	23	890
RULLE	#DIVISION/0!	0	0	0
SPÄRR	#DIVISION/0!	0	0	0
FIN1	0%	2	0	2
FIN2	0%	8	0	8
FIN	0%	373	0	373

**Figur 11**

Källdata för figur 11 är extraherad från QUEST på samma vis som ovanstående.

Avser 1 december 2011 - 29 februari 2012			
Kringflöde 2	Antal driftstoppminuter	Antal följdstoppsminuter	Andel följdstopp
	Minuter		Procent
PP1	2686	255	9%
PP2	2246	1045	47%
PP3	2454	1969	80%
L5A	15935	994	6%
L7A	6731	5000	74%

**Figur 12**

Källdata för figur 12 är extraherad från QUEST på samma vis som ovanstående.

Avser 1 december 2011 - 29 februari 2012			
Huvudflöde	Antal driftstoppminuter	Antal följdstoppsminuter	Andel följdstopp
	Minuter		Procent
MP	4865	922	19%
1-30	2717	2014	74%
1-3	3049	1180	39%
1-4	2664	1855	70%
PUR	363	0	0%
1-41	3392	1874	55%
1-42	3653	2446	67%
1-43	222	0	0%
1-5	3062	1801	59%
1-6	3568	2074	58%
1-7	890	23	3%

**Tabell 13**

Källdata till tabell 13 är hämtad från QUEST. Samtliga följdstopp har sorterats ut och sedan summerats per skift och banavsnitt. Därefter indelades banavsnitten utefter produktverkstadstillhörighet. För dessa beräknades medelvärden för perioden 1 december 2011 – 29 februari 2012. Reduceringen är framräknad enligt följande:

$$\text{Reducering från 1 till 2} = \left| \frac{\text{Medelvärde för produktverkstadens banavsnitt skift 2}}{\text{Medelvärde för produktverkstadens banavsnitt skift 1}} - 1 \right|$$

#### Beräkning av ekonomi under avsnitt 7.4

Antal driftstopp uppgick till: 69 940

$$\text{Uppskattad registereringstid för lagledare i timmar per registrering} = \frac{20\text{sek}}{3600\text{sek/timme}}$$

*Kostnad för manuell rapportering av driftstopp*

*= Antal driftstopp*

*\* Uppskattad registereringstid för lagledare i timmar per registrering*

*\* Kostnad montör per timme*