

Förord

Detta examensarbete har utförts på uppdrag av institutionen för Industriell produktion på Lunds Tekniska Högskola, och genomförts på företaget.

Jag vill tacka alla på företaget som har delat med sig av sina kunskaper och erfarenheter vilket har hjälpt mig enormt mycket.

Jag vill framföra ett speciellt tack till:

- Ronny, Företaget
- Anders, Företaget
- Peter, Företaget
- Carin Andersson, Examinator, Lunds Tekniska Högskola
- Mathias Jönsson, Handledare, Lunds Tekniska Högskola

Lund 2009-04-07

Leif Svensson

Sammanfattning

Examensarbetet har genomförts som en del i forskningsprojektet TESSPA, på uppdrag av avdelningen industriell produktion på Lunds Tekniska Högskola. Syftet med arbetet är att vidareutveckla och verifiera en funktion för att räkna ut processkostnaden på ett mindre företag med enstyckstillverkning samt att identifiera förbättringspotential och utvecklingsaktiviteter.

Arbetet har genomförts i samarbete med ett företag, vilka har en tillverkning med mindre serier, mestadels 1 till 20 detaljer. Produktionsutrustningen består av CNC-maskiner samt manuella svarvar och fräsar. Företaget har under de senaste åren vuxit kraftigt och med anledning av detta inte hunnit med att utveckla en optimeringsstrategi för tillverkningsprocessen.

Två av CNC-maskinerna har valts ut för att studeras och analyseras med hjälp av systematisk produktionsanalys (SPA) samt tillverkningsekonomisk simulering (TES). För att få fram data till dessa metoder utvecklades en produktionssäkerhetsmatris (PSM) för varje maskin. Informationen samlades sedan in under en period av en vecka och sammanställdes i matrisen.

Analysen har resulterat i flera åtgärdsförslag som kommer att minska processkostnaden och samtidigt frigöra produktionstid. För att även fortsättningsvis kunna analysera produktionens prestanda bör data samlas in kontinuerligt. Detta görs lämpligtvis med hjälp av ett datasystem som är enkelt och inte tar upp onödig tid för personalen.

Abstract

This master thesis has been carried out as a part of the research project TESSPA, with commission from the department of Industrial Production at Lund University. The purpose is to further develop and verify a method to calculate the process cost at smaller companies with discrete part manufacturing and to identify improvement- and development potential.

The work has been carried out in cooperation with the company, which usually manufactures series as small as 1 to 20 parts. The manufacturing equipment consists of CNC-machines and manual milling and turning machines. The company has grown a lot during the last years and has disregarded to develop an optimizing strategy for the manufacturing process.

Two of the CNC-machines have been chosen to be analyzed and studied with help of two methods called Systematic Production Analyze and Manufacturing Economic Simulation. To acquire data a production performance matrix was developed for the two machines. The data was then gathered over a time of one week and then summarized in the matrix.

The analysis has resulted in several measures that can reduce the process cost and simultaneously set free production time. Data should be gathered over a long period of time to get a more accurate process cost calculation. This is preferably done with a computer system with a user interface simple enough to let the operators concentrate on the manufacturing.

Innehållsförteckning

Symbollista	viii
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Produktion	1
1.3 Problemformulering	1
1.4 Målsättning	2
1.5 Avgränsningar	2
1.6 Metod	2
2 Teori	5
2.1 Produktionskostnad	5
2.2 Kostnadsmodell för en planeringspunkt	6
2.3 Detaljkostnad vid reducerad beläggning	7
2.4 Systematisk ProduktionsAnalys (SPA)	8
2.5 Deterministisk produktionsutveckling	11
3 Processkostnadsmodell	15
3.1 Anpassade nyckeltal	15
3.2 Anpassad kostnadsmodell	15
3.3 TillverkningsEkonomisk simulering	16
3.4 Maskinanalys och simulering av förbättringsåtgärder	17
4 Processbeskrivning	21
4.1 Maskin- och arbetsbeskrivning	21
4.2 Omställningsförfarande	22
4.3 Kvalitetskontroll	22
4.4 Administration	23
4.5 Produktionsuppföljning	25
5 Kostnadsanalys	27
5.1 Uppbyggnad av produktionssäkerhetsmatris	27
5.2 Nyckeltalsberäkning	28
5.3 Identifiering av förbättringsaktiviteter och simulering av kostnadsförändringar	34
5.4 Materialspillskostnader	46
6 Diskussion	47
6.1 Insamling av data	47
6.2 Fortsatt arbete	47
7 Slutsatser	49
8 Referenser	51
9 Bilagor	53

Symbollista

Beteckning	Beskrivning	Enhet
t_0	Nominell cykeltid per detalj	min
t_s	Medelstilleståndstid per detalj	min
t_p	Produktionstid per detalj	min
t_Q	Tillverkningstid för en ny detalj	min
t_{0V}	Verklig cykeltid	min
q_s	Andel produktionsstillestånd	-
q_p	Relativ taktförlust	-
q_Q	Andel kassationer	-
q_{su}	Störningsandel vid omställning	-
N	Totalt antal erforderliga ämnen för tillverkning av N_0 detaljer	styck
N_Q	Nominell seriestorlek	styck
T_p	Produktionstid för hel batch	min
T_{su0}	Nominella ställtiden	min
T_{su}	ställtid	min
T_{Plan}	Planerad produktionstid under given tidsperiod	h
T_{SFK}	Stilleståndstid med fri kapacitet över given tidsperiod	h
k_B	Materialkostnad per detalj	kr/styck
k_{CP}	Maskintimkostnad under produktion	kr/styck
k_{CS}	Maskintimkostnad vid stillestånd och omställning	kr/styck
k_D	Lönekostnad	kr/h
U_{RB}	Utnyttjandegraden vid reducerad beläggning	-
x_p	Processutvecklingsfaktor, takt	-
x_{su}	Processutvecklingsfaktor, omställning	-
K_C	Kostnadsfaktor	-
K_A	Verktygskostnad per timme	kr/h
K_P	Processkostnad per timme	kr/h
K_Q	Kassationskostnad per timme	kr/h
K_S	Stilleståndskostnad per timme	kr/h
K_{Tsu}	Ställkostnader per timme	kr/h
K_U	Reducerad beläggingskostnad per timme	kr/h
K_{VA}	Värdeadderande kostnad per timme	kr/h

1 Inledning

Här kommer en kort beskrivning av företaget, samt en presentation av examensarbetets målsättning, avgränsningar och problemformuleringar.

1.1 Bakgrund

Det har under en period varit vanligt för företag att utlokalisera produktionen till låglöneländer för att kunna fortsätta vara konkurrenskraftiga. Det har dock visat sig vara svårt att uppskatta hur långa avstånd mellan t.ex. konstruktion och produktion har påverkat produktionen i form av t.ex. kassationer och taktförluster. Därför är frågan ifall samma beslut om outsourcing hade fattats med mer detaljerade beslutsunderlag. För att veta var det är mest lönsamt att satsa tid och pengar så bör produktionskapacitet, beläggningsgrad, stillestånd, kvalitetsförluster, taktförluster samt kostnader relaterade till lön, verktyg och maskin undersökas närmare.

De senaste åren har effektiviteten i de svenska produktionsverkstäderna uppmärksamrats nationellt samt varit i medialt fokus. Listan kan göras lång på de företag som har uppmärksammat problemet och vill sätta fokus på att utveckla den inhemska produktionen för att bibehålla konkurrenskraften och de svenska industrijobben. Tyvärr finns det inte så många företag som vet hur de ska göra för att få fram bättre beräkningsmodeller. Anledningen är att det inte har funnits några som är tillräckligt detaljerade, men även att de inte har någon bra koppling mellan den tekniska - och ekonomiska analysen.

1.2 Produktion

På företagets produktionsanläggning tillverkas detaljer på beställning från kund. Materialet köps in i stora block eller stavar och måste därför kapas ner till mindre bitar. Detta görs i två stycken bandsågar samt ibland med motorsåg om blocket är för stort för bandsågarna. Blocken kan sedan eventuellt säljas direkt eller som i de flesta fall gå vidare till bearbetning. På anläggningen finns fyra CNC-fräsar, fem CNC-svarvar samt några manuella fräsar, svarvar och pelarborrmaskiner. Maskinerna är fördelade som en funktionell verkstad. En detalj kan gå igenom allt från en till flera maskiner beroende på dess komplexitet. När detaljen är färdigbearbetad lämnas den över till paketeringen där den packas och skickas iväg.

1.3 Problemformulering

Företaget har under de senaste åren expanderat kraftigt från ett fåtal personer i produktionen till ett tjugotal. Även en hel del nya maskiner har köpts in och lokalerna har byggts ut. Detta kräver mer planering av produktionen och personalen. Då företaget har vuxit fram så fort de senaste åren har de inte hunnit med att effektivisera produktionen. Därför behöver en omfattande analys av

produktionen genomföras, där nyckeltal tas upp, för att se vilken prestanda den har.

Företaget har därför startat ett samarbete inom ramen för forskningsprojektet TESSPA för att ta reda på hur statusen är i produktionen. En person har anställts på företaget för att förbättra produktionen och denne jobbar för tillfället med att införa ett nytt MPS-system på företaget.

1.4 Målsättning

Arbetet i forskningsprojektet TESSPA har hittills fokuserats på att beräkna detaljkostnader. Ur produktionsutvecklingssynpunkt kan det vara fördelaktigt att analysera processkostnader, särskilt för mindre företag med stort produktsortiment. Processkostnader är bra att använda för att jämföra prestanda vid olika tidpunkter. Examensarbetet behandlar därför utveckling av modeller för att beräkna processkostnaden, samt tillämpning av modellen på en utvald förädlingsprocess. För att generera indata till processkostnadsmodellen behövs en analys av produktionsprestanda med hjälp av en för ändamålet anpassad systematisk produktionsanalys (SPA). Särskilt fokus bör läggas på integrering och analys av materialspillkostnader, både under modellarbetet och det praktiska produktionsuppföljnings- och beräkningsarbetet. Det bör även göras en analys för att identifiera förbättringspotential och utvecklingsaktiviteter.

1.5 Avgränsningar

För att det ska bli möjligt att hinna med att genomföra examensarbetet inom rimlig tid så begränsas studierna i huvudsak till två maskiner, även om hela produktionen kommer att diskuteras i stora drag. De två maskinerna har valts baserat på att få ut så mycket som möjligt av studien.

Insamlingen av data från produktionen kommer att vara begränsad till den tid som jag har möjlighet att spendera på företaget.

1.6 Metod

1.6.1 Litteraturstudier

Projektet påbörjas med litteraturstudier inom systematisk produktionsanalys (SPA) samt tillverkningsekonomisk simulering (TES). Denna information har inhämtats från läroboken Industriella Tillverkningsystem som har författats på Lunds tekniska högskola. Några av de examensarbeten som har författats inom projektet TESSPA har studerats för att ta lärdom och få inspiration.

1.6.2 Produktionskännedom

För att få kunskap om hur produktionen fungerar så har mycket tid i början spenderats på företaget. Under besöken har samtal förts med produktionspersonal och produktionsansvariga för att få deras synpunkter på produktionen och arbetet.

Mycket av tiden på företaget har framförallt lagts på att observera hur effektivt maskiner, personal och utrymmen utnyttjas i produktionen.

1.6.3 Datainsamling

Det mesta datamaterial som används i arbetet har insamlats vid besök i produktionen på företaget genom att stå vid en maskin och anteckna allt som inträffar under en period. En del av materialet har även införskaffats från stopptidsuppföljningssystemet MUR och från den ekonomiska avdelningen på företaget.

2 Teori

Detta kapitel behandlar i korthet den teori som arbetet baseras på. Teorin i detta kapitel är hämtat från Industriella Tillverkningssystem – Länken mellan teknik och ekonomi av Jan-Eric Ståhl, Industriell Produktion, Lunds Tekniska Högskola.

2.1 Produktionskostnad

Produktionstiden, taktförluster, kassationsförluster, stilleståndsandel och ställtid är några parametrar som är väsentliga för att kunna räkna ut vad en detalj kostar att tillverka. Kostnaden i sin tur är väldigt viktig för att rätt beslut ska kunna tas angående en produkt.

t_0 är cykeltiden för en detalj och avser tiden det tar att tillverka en detalj utan några avbrott på produktionslinjen och vid full takt.

T_{su} är ställtiden för en batch.

Kassationsandelen q_Q är andelen kasserade detaljer på en batch.

$$q_Q = \frac{N_Q}{N} \quad \text{Ekvation 2.1}$$

där N_Q är antalet kasserade detaljer och N är antalet tillverkade detaljer.

Stilleståndsandelen q_S används för att mäta hur mycket processen står still.

$$q_S = \frac{t_S}{t_P} \quad \text{Ekvation 2.2}$$

där t_S är medelstilleståndstid per detalj och t_P är produktionstid per detalj, inklusive medelstilleståndstid.

Taktförluster q_P kan uppkomma när man måste öka cykeltiden för att klara givna kvalitetskrav.

$$q_P = \frac{t_{0v} - t_0}{t_{0v}} \quad \text{Ekvation 2.3}$$

där t_{0v} är verklig cykeltid.

Tiden för en batch genom ett förädlingssteg med hänsyn tagen till förluster knutna till stillestånd, kvalitet och takt kan beräknas som:

$$T_p = T_{su} + N \cdot t_p = \frac{T_{su0}}{1 - q_{ssu}} + \frac{N_0 \cdot t_0}{(1 - q_Q)(1 - q_S)(1 - q_P)} \quad \text{Ekvation 2.4}$$

där t_p är den verkliga produktionstiden för en detalj, T_{su0} är den nominella ställtiden och q_{ssu} är stilleståndsandelen.

2.2 Kostnadsmodell för en planeringspunkt

Med en planeringspunkt avses ett avgränsat förädlingssteg där en styrande cykeltid med tillhörande förlustertermer som t.ex. q_Q och q_S kan identifieras. Det som kännetecknar en planeringspunkt är att det finns en på förhand fastställd nominell cykeltid t_0 och en nominell leddtid för en detalj och batch. En planeringspunkt kan därför bestå av en eller flera förädlingsutrustningar. En kostnadsmodell kan baseras på följande kostnadsposter:

- **Materialkostnaden** för en detalj, k_B i kr/detalj
- **Utrustningskostnad under drift** inklusive omkostnader, k_{CP} i kr/timme
- **Utrustningskostnader vid stillestånd** inklusive omkostnader, k_{CS} i kr/timme
- **Lönekostnad** inklusive omkostnader, k_D i kr/ timme.

Lönekostnaden anses vara oberoende om utrustningen står still eller producerar. Förädlingskostnaden kr per detalj kan då beräknas enligt:

$$k = \frac{k_B}{N_0} \left[\frac{N_0}{1 - q_Q} \right]_b + \frac{k_{CP}}{60N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1 - q_Q)(1 - q_P)} \right]_{c1} + \frac{k_{CS}}{60N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1 - q_Q)(1 - q_P)} \cdot \frac{q_S}{1 - q_S} + T_{su} \right]_{c2} + \frac{k_D}{60N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1 - q_Q)(1 - q_P)(1 - q_S)} + T_{su} \right]_d \quad \text{Ekvation 2.5}$$

Kostnadsterm b beskriver materialkostnaden för en detalj. Om det är intressant att studera materialkostnaden vid kassationer och materialspill kan en materialsfillsfaktor q_B införas enligt följande:

$$K_B = \frac{k_B}{N_0} \left| \frac{N_0}{(1-q_Q)(1-q_B)} \right|_b \quad \text{Ekvation 2.6}$$

Kostnadsterm c1 beskriver maskinkostnaden vid produktion.

Kostnadsterm c2 beskriver maskinkostnaden vid stillestånd.

Kostnadsterm d beskriver personalkostnaden under stillestånd såväl som under produktion.

2.3 Detaljkostnad vid reducerad beläggning

Reducerad beläggning innebär att utrustningen inte är belagd hela dess tillgängliga tid. Detta kan ses som både en kostnad och en tillgång. I vissa fall innebär en reducerad beläggning att personalen kan användas effektivare. På längre sikt måste de tillverkade detaljerna bära kostnaden för överkapaciteten. Den överkapacitet som uppstår kan i viss mån betraktas som ställtid. Därför kan den stilleståndstid som uppstår adderas till kostnadstermerna c2 och d i Ekvation 2.5. Överkapaciteten eller reducerad beläggning kan beräknas enligt:

$$U_{RB} = \frac{T_{Plan} - T_{SFK}}{T_{Plan}} = 1 - \frac{T_{SFK}}{T_{Plan}} \quad \text{Ekvation 2.7}$$

Och där :

$$T_{SFK} = \frac{1-U_{RB}}{U_{RB}} T_{Plan} = \sum_{i=1}^{n_b} T_{SFK_i} \quad \text{Ekvation 2.8}$$

där T_{plan} är all planerad tid och T_{SFK} är stilleståndstid som utgör fri kapacitet.

$$\begin{aligned} k &= \frac{k_B}{N_0} \left[\frac{N_0}{1-q_Q} \right]_b + \frac{k_{CP}}{60N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1-q_Q)(1-q_P)} \right]_{c1} \\ &+ \frac{k_{CS}}{60N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1-q_Q)(1-q_P)} * \frac{q_S}{1-q_S} + T_{su} + \frac{1-U_{RB}}{U_{RB}} T_P \right]_{c2} \\ &+ \frac{k_D}{60N_0} \left[\frac{t_0 N_0}{(1-q_Q)(1-q_P)(1-q_S)} + T_{su} + \frac{1-U_{RB}}{U_{RB}} T_P \right]_d \end{aligned} \quad \text{Ekvation 2.9}$$

2.4 Systematisk ProduktionsAnalys (SPA)

För att beskriva resultatet av en produktion kan tre resultatparametrar användas, kassationer, stillestånd och produktionstaktsförluster. En minskning av någon av dessa tre innebär att fler godkända produkter kan tillverkas. Dock är detta under förutsättning att inte någon av de andra två resultatparametrarna ökar, vilket ofta är fallet. Därför måste det för det mesta ske en teknisk utveckling för att minska samtliga eller någon av resultatparametrarna utan att de andra går upp. Det är med andra ord ingen mening att öka takten om det innebär att större andel detaljer kommer att behöva kasseras.

2.4.1 Resultatparametrar och faktorgrupper

Resultatet från en förädlingsstation kan fördelas in i ett antal resultatparametrar. Primärt delas de in i tre huvudgrupper enligt följande:

- **Kvalitetparametrar** avseende dimensionskrav, ytkrav och egenskapskrav samt i vissa fall funktions- och prestandakrav, Q_1, Q_2, \dots, Q_n .
- **Stilleståndsparametrar** avseende stillestånd orsakade av processrelaterade händelser, S_1, S_2, \dots, S_n .
- **Takt- eller produktionshastighetsparametrar**, parametrar som direkt uttrycker eller beskriver t.ex. antal detaljer per tidsenhet eller avverkad spånvolym per tidsenhet, P_1, P_2, \dots, P_n .

På senare tid har miljö- och återvinningsfrågor blivit allt vanligare. För att kunna bedöma en produkts miljöpåverkan måste hela produktens livscykel beaktas. Däribland ska material, verktyg och processtillätsor inkluderas. Med detta i åtanke har resultatparametrarna i vissa fall kompletterats med miljö- och kretsloppsparametrar, s.k. MK-parametrar.

- **Miljö- och Kretsloppsparametrar**, vilka beaktar bl.a. verktyg, utrustning, processtillätsor och energiförbrukning, produktionsspill och återvinningsbarhet, MK_1, MK_2, \dots, MK_n .

Kvalitetsförluster beskrivs med kassationsandelen q_Q och i ett specifikt fall med q_{Q_i} . En produkt kan ha olika kvalitets- och funktionskrav som måste uppfyllas. Dessa krav är vanliga när detaljen ska monteras samman med någon annan detalj.

Stillestånd erhålles på grund av en yttre eller inre störning som leder till ett produktionsstopp. Stoppen kan delas in i planerade och oplanerade stopp. De planerade stoppen är vanligtvis inte lika allvarliga.

Taktparametrar och produktionshastighetsparametrar beskrivs vanligen med produktionstakten R_p eller produktionstiden per detalj t_p . Taktförlust beskrivs med

q_p eller processutvecklingfaktorerna x_p och x_{su} . Taktförlusten och processutvecklingsfaktorerna är relaterade till en nominell cykeltid eller ställtid.

2.4.2 Faktorgrupper

Ett antal faktorgrupper (A-G) kan användas för att beskriva inflytandet på produktionssäkerheten. Inom respektive faktorgrupp finns ett stort antal faktorer som påverkar produktionssäkerheten. En systematisering av dessa är därför nödvändig och har indelats enligt följande:

- A. Verktyg.** Geometrirelaterade faktorer (makro- och makrogeometri). Ytrelaterade faktorer (ytkaraktär, beläggningar, etc.). Materialrelaterade faktorer (hårdhet, seghet, etc.).
- B. Arbetsmaterial och ämne.** Geometrirelaterade faktorer (styvhet, värmekapacitet, etc.). Ytrelaterade faktorer (topografi, kemi, struktur, hårdhet, etc.) Materialrelaterade faktorer (skärbarhet, plastisk formbarhet, gjutbarhet, etc.).
- C. Förädlingsprocessen.** Utrustningsrelaterade faktorer (styvhet, dämpning, etc.). Processdata (skärdata, presskraft, avgjutningstemperatur etc.). Processtillsatser (smörjmedel, skyddsgas, ympmedel, tillsatsmaterial, etc.). Övriga beredningsrelaterade faktorer (operationsföljd, verktygsbyten, etc.).
- D. Personal- och organisation.** Handhavande, Instruktioner och åtgärdsplaner. Arbetsformer, ansvar, befogenheter etc.
- E. Slitage och underhåll.** Verktygsrelaterade faktorer. Process- och utrustningsrelaterade faktorer. Planerat underhåll och akut underhåll.
- F. Speciella processbeteenden.** Varje förädlingsprocess har unika uppträdanden t.ex. löseggsbildning vid skärande bearbetning, galling och repbildning vid plastisk formning, stänk vid svetsning, specifika fel som skollor vid gjutning etc.
- G. Kringutrustning.** Materialhanteringsutrustning, gripdon, transportband, etc.

Indelningen ovan är väldigt generell och därför kan modellen implementeras i de flesta tillverkningsmetoderna. Vissa ställningstaganden måste dock göras när t.ex. tillsatsmaterial vid svetsning normalt ingår i faktorgrupp C men senare kommer att ingå i faktorgrupp B. Faktorgrupp D, den så kallade mänskliga faktorn är mycket viktigare än de flesta tror, speciellt i kunskapsintensiva företag. Det anses nödvändigt att utveckla både medel- och spetskompetensen inom ett företag. Det är anledningen till att personalrelaterade faktorer också återfinns i faktorgrupp E. En faktorgrupp **H Oidentifierade faktorerers inverkan** bör användas för att inte förstöra de övriga faktorernas kvalitet.

2.4.3 Produktionssäkerhetsmatrisen

Genom att kombinera resultatparametrarna med faktorgrupperna kan en matris bildas enligt Figur 1. Matrisen kallas produktionssäkerhetsmatris (PSM). PSM kan

användas till att identifiera olika uppgifter i produktionen. Primärt används den till:

- Uppföljning av löpande produktion i syfte att finna områden som måste förbättras, d.v.s. underlag för förbättringsarbeten.
- Utgöra underlag för framtida uppbyggnad av nya produktionssystem. Detta förutsätter att viss tidigare uppföljning har gjorts enligt PSM.
- Användning vid bedömning av resultatparametrarna och konsekvenserna av beslut som kan knytas till faktorgrupperna och dess enskilda faktorer som t.ex. val av verktygsmaterial, arbetsmaterial, process och maskinutrustning, processdata etc.
- Utgöra underlag för ett strukturerat synsätt för dokumentation av erfarenheter och kompetens.

Faktorgrupper A-G och H	Resultatparametrar				Σ Faktorer
	Kvalitets-param. Q	Stillestånds-param. S	Produktions-param. P	Miljö- och Kretslopps-param. MK	
A. Verktyg					
B. Arbetsmaterial					
C. Process					
D. Personal och Org.					
E. Slitage och underhåll	→				→
F. Speciella faktorer					
G. Kringutrustning					
H. Okända faktorer					
Σ Resultatparametrar	→	↓			↓

Figur 1. Produktions säkerhetsmatris.

En produktionsuppföljning med efterföljande åtgärder kan göras enligt att antal steg:

1. Identifiering av de resultatparametrar som är kritiska för detaljens funktion och produktionsförutsättningar.

-
2. Identifiering av påverkande faktorer under respektive faktorgrupp.
 3. Identifiering av möjliga samband mellan resultatparametrar och faktorer.
 4. Prioritering av samband mellan resultatparametrar och faktorer.
 5. Produktionsuppföljning där händelser knutna till resultatparametrarna registreras och styrande faktorer identifieras.
 6. Analys och beredning av insamlade data.
 7. Framtagning av en åtgärdsplan för att utifrån registrerade händelser och samband optimera och förändra aktuellt produktionsavsnitt.
 8. Implementering av hela eller delar av föreslagen åtgärdsplan efter beslut baserat på en tillverkningsekonomisk analys.
 9. Uppföljning och utvärdering av implementerade åtgärder.

Vanligtvis räknas allt om till minuter i PSM för att sedan kunna räkna ut kostnader eller jämföra med andra tider. En kasserad detalj blir alltså det antal minuter som har lagts ner på att tillverka den så här långt.

2.5 Deterministisk produktionsutveckling

Produktionsutveckling innebär att produktionen utvecklas antingen stegvis eller mer kontinuerligt. Stegvis utveckling kan bero på tekniksprång som väsentligt t.ex. förbättrar kvalitet eller minskar kostnaderna för en produkt.

För att kunna genomföra och följa upp en produktionsutveckling så fordras det tydliga mål för aktiviteterna. Målen kan vara i förhållande till företagets nuvarande produktionsförhållande eller till någon konkurrent.

Några exempel på olika mål kan vara:

- Reduktion av tillverkningskostnaderna med 20 %
- Reducera ställtiden med 30 %
- Öka produktionstakten från 100 till 120 detaljer i veckan
- Förbättra produktens kvalitet.

Då ändring av flera olika parametrar kan resultera i samma kostnadseffektivisering är det viktigt att ställa sig frågan vilka som är mest kostnadseffektiva. Detta kan vara väldigt svårt att se, då flera parametrar påverkar varandra på ibland oförutsedda sätt. Därför är det viktigt att samla in detaljerad information, kunskaper samt erfarenheter för att kunna fatta rätt beslut.

Tillverkningskostnaderna för en detalj kan beräknas enligt Ekvation 2.10. Kostnader för två olika produktionsfall kan studeras genom att införa index $i = 1, 2$ på de faktorer eller variabler som styr detaljens kostnader. På detta sätt är det möjligt att jämföra en nuvarande produkts kostnader, eller en konkurrents kostnader med de önskade kostnaderna, och därmed kunna utgöra underlag för de målfunktioner som skall användas i utvecklingsarbetet.

Till det tidigare presenterade kostnadssambandet har två processutvecklingsfaktorer x_{pi} och x_{sui} samt en kostnadsfaktor κ_c införts enligt Ekvation 2.10. Faktorn x_{pi} opererar på cykeltiden och x_{sui} opererar på ställtiden.

$$\begin{aligned}
 k_i = & \frac{k_B}{N_0} \left[\frac{N_0}{1 - q_{Qi}} \right]_b + \frac{\kappa_C k_{CP}}{60N_0} \left[\frac{x_{pi} t_{0i} N_0}{1 - q_{Qi}} \right]_{c1} \\
 & + \frac{\kappa_C k_{CS}}{60N_0} \left[\frac{x_{pi} t_{0i} N_0}{1 - q_{Qi}} \cdot \frac{q_{Si}}{1 - q_{Si}} + \chi_{sui} T_{sui} + \frac{1 - U_{RB}}{U_{RB}} T_{Pb} \right]_{c2} \\
 & + \frac{k_D}{60N_0} \left[\frac{x_{pi} t_{0i} N_0}{1 - q_{Qi}} \cdot \left(1 + \frac{q_{Si}}{1 - q_{Si}} \right) + \chi_{sui} T_{sui} + \frac{1 - U_{RB}}{U_{RB}} T_{Pb} \right]_d
 \end{aligned}$$

Ekvation 2.10

Processutvecklingsfaktorer med värden lägre än 1,0 medför en reduktion av cykel- och ställtiden. Om t.ex. x_{pi} sätts till 0,5 så innebär det att cykeltiden har halverats

Det råder ett samband mellan den tidigare redovisade taktförlusten q_P och utvecklingsfaktorn x_P .

$$q_P = 1 - \frac{1}{x_P} \quad \text{Ekvation 2.11}$$

och

$$t_{0v} = x_P \cdot t_0 \quad \text{Ekvation 2.12}$$

$$T_{suv} = x_{su} T_{su} \quad \text{Ekvation 2.13}$$

Genom analys av Ekvation 2.10 kan olika utvecklingsstrategier formuleras för att minska produktionskostnaden.

2.5.1 TillverkningsEkonomisk Simulering

TES används för att hjälpa företag att få en koppling mellan tekniska och ekonomiska frågeställningar, för att på så sätt generera ett detaljerat beslutsunderlag avseende exempelvis:

- Vilka förändringar/åtgärder som ger den största effektivitetsökningen.

-
- Hur mycket en investering får kosta om den medför en känd produktionstakt ökning eller annan ökning.
 - Vad blir konsekvenserna av outsourcing av en produkt i ett företagssortiment, i form av kostnader för den utnyttjade kapacitet som då uppkommer.

En förutsättning för att få fram denna information är att det finns indata som är tillförlitlig och har hög upplösning. Detta kan fås genom en systematisk produktionsanalys(SPA) där bland annat kassationsandel, stilleståndsandel och taktförlust kan utläsas.

3 Processkostnadsmodell

Då Ekvation 2.9 är anpassad för att räkna ut kostnaden för en detalj, och målet i föreliggande studie är att räkna ut processkostanden så erfordras en utveckling av befintlig modell. Även det faktum att ekvationen är anpassad för serietillverkning och inte enstyckstillverkning, innebär att vissa ändringar måste göras.

3.1 Anpassade nyckeltal

Definitionen av nyckeltalen i kapitel 2 är utvecklad för serietillverkning. Detta innebär att det behövs en viss mängd observationer för att få statistiskt säkerställd data. I serietillverkning är det normalt inga problem, men i enstyckstillverkning kan det vara svårt då vissa artiklar endast tillverkas en gång och andra artiklar ett fåtal gånger under ett år. Därför kommer nyckeltalen att anpassas för data insamlad på maskinnivå istället för artikelnivå.

Kassationsandelen q_Q definieras på samma sätt som i Ekvation 2.1.

Stilleståndsandelen q_S definieras på samma sätt som i Ekvation 2.2, men kommer att räknas ut på maskinnivå istället för på artikelnivå.

Taktförlusten q_P definieras på samma sätt som i Ekvation 2.3, men kommer att räknas ut på maskinnivå istället för på artikelnivå.

Tiden för att köra en batch T_p definieras på samma sätt som i Ekvation 2.4.

Vid reducerad beläggning kommer U_{RB} att räknas ut på samma sätt som i Ekvation 2.7, men vara baserat på maskinnivå och inte artikelnivå.

3.2 Anpassad kostnadsmodell

I teoriavsnittet beräknades kostnaden för en detalj med Ekvation 2.9. Under aktuella produktionsförutsättningar är det istället önskvärt att beräkna processkostnaden. Processkostanden definieras som tillverkningskostnaden per tidsenhet, t.ex. kr/timme. Tillverkningskostnaden i det här fallet ska endast innehålla kostnader för tillverkning, alltså inga materialkostnader för färdiga detaljer, de kan läggas på när man vill räkna ut vad det skulle kosta att tillverka en specifik detalj. Dock skall kostnaden för kasserade detaljer fortfarande innefattas. I Ekvation 2.9 delas alla kostnader med antal detaljer i batchen, vilket inte ska göras då tillverkningskostanden för en batch ska beräknas.

Maskintimkostnaden byggs upp av verktygskostnader, elkostnader, underhåll och lokalkostnad. I maskinkostnadsposten är verktygskostnaderna vanligtvis relativt höga jämfört med de övriga kostnaderna. Därför separeras denna från maskinkostnaden i ekvationen för att kunna analysera dess påverkan på resultatet.

Ekvationen för verktygskostnaden ser ut på samma sätt som ekvationen för maskinkostnaden vid produktion, med den skillnaden att t_0 har bytts ut mot t_f . Ekvationen för verktygskostnaden blir:

$$K_A = \frac{k_A}{60} \left[\frac{t_f N_0}{(1 - q_Q)(1 - q_P)} \right] \quad \text{Ekvation 3.1}$$

där k_A är verktygskostnaden per timme och t_f är tiden för operativ förädling.

Ekvationen för processkostnaden för en batch blir då som följer:

$$\begin{aligned} k = & \frac{k_A}{60} \left[\frac{t_f N_0}{(1 - q_Q)(1 - q_P)} \right]_a + k_B \left[\frac{N_0 \cdot q_Q}{1 - q_Q} \right]_b \\ & + \frac{k_{CP}}{60} \left[\frac{t_0 N_0}{(1 - q_Q)(1 - q_P)} \right]_{c1} \\ & + \frac{k_{CS}}{60} \left[\frac{t_0 N_0}{(1 - q_Q)(1 - q_P)} \cdot \frac{q_S}{1 - q_S} + T_{su} + \frac{1 - U_{RB}}{U_{RB}} T_P \right]_{c2} \\ & + \frac{k_D}{60} \left[\frac{t_0 N_0}{(1 - q_Q)(1 - q_P)(1 - q_S)} + T_{su} + \frac{1 - U_{RB}}{U_{RB}} T_P \right]_d \end{aligned} \quad \text{Ekvation 3.2}$$

Kostnadsterm a beskriver verktygskostnaden för en batch, b är kostnaden för kasserat material från en batch, c_1 är maskinkostnaden vid produktion för en batch, c_2 är maskinkostnaden vid stillestånd för en batch och d är personalkostnaden för en batch.

För att sedan få fram processkostanden delas helt enkelt batchkostnaden med batchens tillverknings tid inklusive ställ. Processkostanden i kr/h för en batch räknas då ut enligt:

$$K_P = \frac{k}{T_P} \quad \text{Ekvation 3.3}$$

3.3 TillverkningsEkonomisk simulering

För att kunna simulera hur en specifik förändring kommer att påverka tillverkningskostnaden används tre parametrar x_{pi} , k_C och x_{sui} som finns beskrivna i kapitel 2.4. De förändringar som har utförts i Ekvation 2.10 är till största del att

det har lagts till en extra term för att räkna ut verktygskostnaden. Kostnadsekvationen för att räkna ut verktygskostnaden ska inte påverkas av utvecklingsfaktorerna eftersom det hade inneburit att verktygskostanden blivit lägre eller högre beroende på takt och cykeltid, vilket inte stämmer. Med de ändringar som nämns ovan blir ekvationen som följer:

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{k_A}{60} \left[\frac{t_{fi} N_0}{(1 - q_{Qi})(1 - q_{Pi})} \right]_a + k_B \left[\frac{N_0 \cdot q_{Qi}}{1 - q_{Qi}} \right]_b \\
 &+ \frac{\kappa_C k_{CP}}{60} \left[\frac{x_{pi} t_0 N_0}{(1 - q_{Qi})(1 - q_{Pi})} \right]_{c1} \\
 &+ \frac{\kappa_C k_{CS}}{60} \left[\frac{x_{pi} t_{0i} N_0}{(1 - q_{Qi})(1 - q_{Pi})} \cdot \frac{q_{Si}}{1 - q_{Si}} + x_{sui} T_{sui} + \frac{1 - U_{RB}}{U_{RB}} T_{Pi} \right]_{c2} \\
 &+ \frac{\kappa_C k_D}{60} \left[\frac{x_{pi} t_{0i} N_0}{(1 - q_{Qi})(1 - q_{Pi})} \left(1 + \frac{q_{Si}}{1 - q_{Si}} \right) + x_{sui} T_{sui} + \frac{1 - U_{RB}}{U_{RB}} T_{Pi} \right]_d
 \end{aligned}$$

Ekvation 3.4

3.4 Maskinanalys och simulering av förbättringsåtgärder

Vid en jämförelse mellan den ideala processkostnaden och en icke ideal så kan det visa sig att processkostnaden för den icke ideala är den lägsta kostnaden.

Det har med andra ord visat sig vara lite missvisande att använda processkostnaden för att se om kostnaderna minskar eller ökar. Därför har processkostnaden brutits upp i flera kostnadsposter baserat på de olika störningarna, kassation och stillestånd, men även ställ, reducerad beläggning och värdeadderande kostnader. Värdeadderande kostnad är den kostnad som byggs upp när felfria detaljer tillverkas. På så sätt blir det möjligt att se hur mycket de olika faktorerna påverkar processkostnaden.

Analysen har gått till så att processkostanden har räknats ut för en maskin genom att använda framtagna indata och artikelspecifik data från företaget, och sedan räknat ut ett snitt. Kostnaden har därefter delats in i olika kostnadsposter för att tydliggöra vad det är som bygger upp kostnaden vid en maskin.

Sedan simuleras de olika parametrarna mellan vissa lämpliga värden för att åskådliggöra vilken påverkan de har på processkostnaden. Denna simulering visar på så sätt vilka parametrar det är mest lönsamt att försöka förbättra för att minska kostnaderna.

De olika kostnadsposterna beräknas enligt följande:

- Kassationskostnaden K_Q :

$$K_Q = \frac{\sum_{i=0}^n \left[\frac{K_A}{60} \left(\frac{t_{fi} \cdot N_{0i} \cdot q_Q}{1 - q_Q} \right) + K_B \left(\frac{N_{0i} \cdot q_Q}{1 - q_Q} \right) + \frac{K_{CP}}{60} \left(\frac{t_{0i} \cdot N_{0i} \cdot q_Q}{1 - q_Q} \right) + \frac{K_D}{60} \left(\frac{t_{0i} \cdot N_{0i} \cdot q_Q}{1 - q_Q} \right) \right] \cdot 60}{\sum_{i=0}^n \left[T_{sui} + \frac{t_{0i} \cdot N_{0i}}{(1 - q_Q) \cdot (1 - q_P) \cdot (1 - q_S)} \right]}$$

Ekvation 3.5

- Stilleståndskostnaden K_S :

$$K_S = \frac{\sum_{i=0}^n \left[\frac{K_{CS}}{60} \left(\frac{t_{0i} \cdot N_{0i} \cdot q_S}{(1 - q_Q) \cdot (1 - q_P) \cdot (1 - q_S)} \right) + \frac{K_D}{60} \left(\frac{t_{0i} \cdot N_{0i} \cdot q_S}{(1 - q_Q) \cdot (1 - q_P) \cdot (1 - q_S)} \right) \right] \cdot 60}{\sum_{i=0}^n \left[T_{sui} + \frac{t_{0i} \cdot N_{0i}}{(1 - q_Q) \cdot (1 - q_P) \cdot (1 - q_S)} \right]}$$

Ekvation 3.6

- Ställkostnader K_{Tsu} :

$$K_{Tsu} = \frac{\sum_{i=0}^n \left[\frac{K_{CS} + K_D}{60} \cdot T_{sui} \right] \cdot 60}{\sum_{i=0}^n \left[T_{sui} + \frac{t_{0i} \cdot N_{0i}}{(1 - q_Q) \cdot (1 - q_P) \cdot (1 - q_S)} \right]}$$

Ekvation 3.7

- Reducerad beläggningskostnad K_U :

$$K_U = \frac{\sum_{i=0}^n \left[\frac{K_{CS}}{60} \left(\frac{1 - U_{RB}}{U_{RB}} \cdot \left(T_{sui} + \frac{t_{0i} \cdot N_{0i}}{(1 - q_Q) \cdot (1 - q_P) \cdot (1 - q_S)} \right) \right) \right] \cdot 60}{\sum_{i=0}^n \left[T_{sui} + \frac{t_{0i} \cdot N_{0i}}{(1 - q_Q) \cdot (1 - q_P) \cdot (1 - q_S)} \right]}$$

Ekvation 3.8

- Värdeadderandekostnad K_{VA} :

$$K_{VA} = \frac{\sum_{i=0}^n \left[\frac{K_A}{60} (t_{fi} \cdot N_{0i}) + \frac{K_{CP} \cdot K_D}{60} (t_{0i} \cdot N_{0i}) \right] \cdot 60}{\sum_{i=0}^n \left[T_{sui} + \frac{t_{0i} \cdot N_{0i}}{(1 - q_Q) \cdot (1 - q_P) \cdot (1 - q_S)} \right]}$$

Ekvation 3.9

där $n-1$ är antalet artiklar vars data används för att räkna ut de olika kostnaderna.

4 Processbeskrivning

Fokus kommer att läggas på två maskiner ute i produktionen, en CNC-fräs som heter Rödgers och en CNC-svarv som heter Lilla Chevalier. Anledningen till att dessa har valts är att Rödgersen är en av de nyare och även företagets snabbaste fräs. Lilla Chevaliern har valts för att den är halvautomatisk och är en av de äldre svarvarna. Seriestorleken är i de flesta fall väldigt liten, från 1 till 20 st detaljer är vanligast.

4.1 Maskin- och arbetsbeskrivning

Nedan följer en beskrivning av de två maskinerna. Maskinerna har valts ut för att försöka få data från de olika maskintyperna samt nya och gamla maskiner. Alla maskinerna i maskinparken sköts av ett antal operatörer. Dessa operatörer kan ibland sköta flera maskiner samtidigt, vilket gör det svårt att definiera hur mycket tid de lägger ner på en specifik batch.

4.1.1 Lilla Chevalier

Svarven är CNC-styrd, men verktyget måste bytas manuellt vid varje verktygsbyte.

Följande generella arbetsgång används vid bearbetning av en batch:

- Hämtar arbetsorder från en tavla.
- Hämtar färdigsågade bitar, eller om det är mindre bitar, sågar till dem själva.
- Hämtar verktyg och monterar in dem i maskinen.
- Hämtar ett program, eventuellt skriver ett nytt.
- Mäter in verktygen.
- Monterar första detaljen och startar maskinen.
- Byter verktyg om det behövs under bearbetning.
- Tar ut detaljen, kontrollmäter och sedan placeras den i en pall.
- Monterar in en ny detalj och startar maskinen.
- När alla detaljerna är klara städas maskinen och detaljerna lämnas över för packning eller fortsatt bearbetning.

Då den här svarven inte har något roterande verktyg, automatisk dubb eller automatiskt verktygsbyte, så är det vanligt att detaljerna som bearbetas i denna maskin är väldigt enkla eller att de behöver bearbetas ytterligare i en annan maskin för att bli klara.

Den ovan nämnda arbetsgången sköts vanligtvis av en operatör. Beroende på hur artikeln är prioriterad kan en redan påbörjad batch fortsättas av efterföljande skift.

4.1.2 Röders

Fräsen är helautomatisk. Det innebär att operatören i princip bara behöver byta detalj. Även verktygen mäts in automatiskt varje gång de ska användas. Detaljerna fästs med hjälp av ett vakuumbord eftersom det inte går att använda ett magnetbord. Till vissa detaljer kan ett skruvstycke användas, men det är ovanligt. Arbetsgång:

- Hämtar arbetsorder från en tavla.
- Hämtar färdigsågade bitar, eller om det är mindre bitar, sågar till dem själva.
- Hämtar verktyg och monterar in dem i maskinen.
- Hämtar ett program, eventuellt skriver ett nytt.
- Monterar första detaljen och startar maskinen.
- Tar ut detaljen, kontrollmåtar och sedan placerar den i en pall.
- Monterar in en ny detalj och startar maskinen.
- När alla detaljerna är klara städas maskinen och detaljerna lämnas över för packning eller fortsatt bearbetning.

4.2 Omställningsförfarande

För tillfället så finns det inget standardiserat omställningsförfarande vid någon maskin, därför kommer här en gemensam beskrivning för båda maskinerna. Vid fräsarna skrivs ofta programmet av någon operatör när denna har tid mellan detaljbyten i hans egen maskin. När det gäller svarvarna så är dessa program lite lättare att skriva så detta görs ofta vid maskinen under stället. Om det är en ny detalj som inte har körts tidigare får operatören själv komma på hur han ska lösa montering och eventuell programmering av ett nytt program. Även om det är en detalj som har körts tidigare så finns det inga anvisningar om vilken fixtur eller fästanordning som ska användas eller hur operatören ska montera detaljen i maskinen.

Vanlig arbetsgång i alla maskinerna:

- Eventuellt byts chuck, vakuumbord eller skruvstycke.
- Hämtar verktyg och monterar in dem i maskinen
- Hämtar ett program, eventuellt skriver ett nytt.
- Ställer in verktygen om det behövs.
- Monterar första biten och kör den sakta för att se om det blir bra.

Ovan nämnda arbetsgång är endast den arbetsgång som oftast används. Det kan alltså göras på flera sätt beroende på operatör och detalj.

4.3 Kvalitetskontroll

När operatörerna har tid mellan detaljbyten ska de kontrollmäta vissa mått på ett specificerat antal detaljer under produktionen. Den första detaljen ska alltid

kontrollmätas innan nästa detalj monteras för att se till så att alla mått är inom de specificerade toleranserna. Den största delen av mätningarna görs ute vid maskinen med hjälp av skjutmått eller mikrometer. Om mer komplicerade mätningar behöver göras finns det ett mättrum med mer utrustning till förfogande. På varje ritning anges vilka mått som ska mätas och vilka bitar som ska mätas. Däremot anges inte hur måtten ska mätas. Ibland tvingas operatören såga itu en detalj för att se om måtten stämmer. Operatörerna ska även kolla om det förekommer några sprickor eller andra materialfel på detaljen. Detta görs vanligtvis både före och efter bearbetning, då vissa materialfel kan vara dolda.

Om en detalj kasseras måste det i de flesta fall göras en ny eftersom kunden har beställt ett specifikt antal och det antalet måste levereras. Då det ibland kan vara flera steg som behöver göras om brukar en till två extra detaljer tillverkas, detta för att undvika tidskrävande ställ.

4.4 Administration

För närvarande används ett affärssystem som heter Pyramid. Detta används av säljare och inköpare, men inte av produktionen. Produktionen planerar in när en order ska köras i en dator och sedan skrivs några dokument ut som skickas ut i produktionen och förs in i datorsystemet när de är helt klara. Pyramid ska vid årsskiftet 08/09 införas även till produktionen, därför följer här en beskrivning av båda systemen.

4.4.1 Befintligt ordersystem

Det gamla ordersystemet går till enligt följande:

- Säljare skickar en order till produktion
- Produktion bereder ordern
- Produktion planerar ordern
- Produktion skriver ut ordern och placerar den i fack.
- Operatör hämtar ordern
- När tillverkningen är klar skickas detaljerna för packning.

Operatören hämtar en ny arbetsorder från facken, där orderarna är uppdelade efter maskiner eller personer. I varje arbetsorder finns tre identiska dokument med tre olika färger; grön, röd och vit. På alla de färgade dokumenten finns följande information:

- Artikelnummer
- Vilka maskiner som detaljen bör köras i.
- Tiden som det ska ta att bearbeta detaljen
- Antal detaljer
- Vilka mått som ska kontrollmätas
- Ritning

-
- Om kafen eller operatören ska kapa upp detaljerna.
 - När detaljen ska skickas

Den gröna följer med produkten under hela produktionen medan den vita och röda flyttas runt på tavlan mellan ”Avbrott”, ”Klar”, ”Nästa” och ”Pågående”. När de sätts i facket ”Klar” plockas de in av produktionen och bockas av som klara i datasystemet. Den vita lappen används för att anteckna eventuella fel i instruktionerna.

4.4.2 Det planerade ordersystemet

Då ordersystemet är en del av affärssystemet Pyramid kommer själva fördelningen av ordrar att styras i datorsystemet. Proceduren för en order är som följer:

- En säljare kollar med produktionen när de kan leverera ordern.
- Säljare skapar en kundorder
- Säljare skriver ut arbetsorder och lämnar denna till produktion.
- Produktion bereder ordern.
- Produktion planerar ordern.
- Tillverkningsorder skrivs ut och eventuell inköpsorder lämnas till sälj.
- Produkten hamnar i en körplan. Körplanen är uppdelad på olika resursgrupper.
- Operatör plockar ut tillverkningsorder.
- Operatör återrapporterar tillverkningsorder.

Operatören kommer alltså att gå in i Pyramidsystemet och leta reda på arbetsordrar genom att ange vad de jobbar vid för resursgrupp (maskintyp). I systemet kan de sedan plocka ut den order som står på tur, eller om de vill plocka ut flera på en gång för att jobba parallellt med dem. På varje order som skrivs ut kommer det att finnas information om:

- Artikelnummer
- Antal detaljer
- Tiden som det ska ta att bearbeta detaljen
- Vilka mått som ska kontrollmätas
- Ritning
- Vilka fixturer som ska användas
- Vilket program som ska användas
- Vilka verktyg som ska användas
- När detaljen ska skickas

När operatören är klar med sin uppgift så meddelar de det i systemet och får i samband med det ut en pallflagga som ska monteras på den färdiga detaljens pall. Även kasserade detaljer och antalet färdiga detaljer rapporteras in. Den order som operatören meddelade var klar kommer att bli en ny order för en annan maskin

eller om den är färdigbearbetad så läggs den ut för packning. Operatören plockar sedan ut en ny order ur systemet.

Skillnaden mellan de två systemen är framför allt att det nuvarande sköts med hjälp av dokument som skickas runt i produktionen medan det planerade kommer att ske mer digitalt. Fördelen med det nya systemet blir att det är lättare att följa en produkt och så matar operatörerna själva in all data i systemet under produktion.

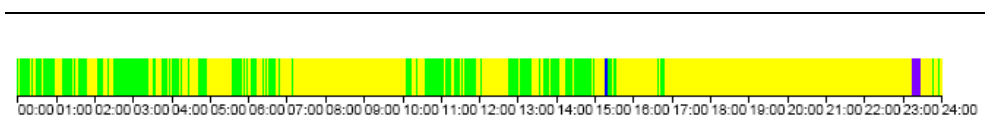
4.5 Produktionsuppföljning

Till alla maskiner finns ett produktionsuppföljningssystem kopplat, som kallas MUR (MaskintidUppföljning Realtid). Systemet loggar när maskinen arbetar och står stilla. Operatören ska vid varje stillestånd trycka in en knapp olika många gånger för att ange en stopporsak. De stopporsaker operatörerna har att välja mellan är:

- Cykel slut
- Ställtid
- Rast
- Dagligt underhåll
- Veckovis-/Månatligt underhåll
- Reparation
- Orderbrist
- Personalbrist
- Materialbrist

Systemet har funktioner för att visa statistik över driftstider, stilleståndstider och stilleståndsorsaker. Det här innebär att det går att få fram information över en valbar tidsperiod för hur det går i produktionen. I Figur 2 visas en statusuppföljning under ett dygn. Det gröna är när maskinen kör och det gula är ”Cykel slut”. Det finns dock några nackdelar med det här systemet. En nackdel är att uppföljningsdata inte kan kopplas till en enskild artikel. Den registrerade datan följer endast maskinstatus. En annan nackdel är att operatörerna måste knappa in koden varje gång, annars registreras det som ”Cykel slut” automatiskt, vilket innebär att informationen inte blir tillförlitlig.

Detaljer som kasseras läggs i en pall och en blankett där data som identifierar artikeln, kassationsorsak och antal fylls i för att kunna föra statistik över antalet kassationer såväl som kostnaden och vad kassationerna beror på. Informationen används sedan till att försöka eliminera orsakerna till kassationer. Det används även för att upptäcka eventuella svårigheter vid produktion av en viss artikel.



Figur 2. statusuppföljning ur MUR-systemet för Lilla Chevaliern 2008-10-27.

5 Kostnadsanalys

5.1 Uppbyggnad av produktionssäkerhetsmatris

För att kunna bygga upp en produktionssäkerhetsmatris måste processen studeras och de olika stillestånds- och kassationsorsakerna konstateras. Därför spenderades de första dagarna med att observera maskinerna. Då detta gjordes upptäcktes det att vissa stillestånds- och kassationsorsaker inte uppstod speciellt frekvent. Dessa problem samt andra som inte uppstod under min tid i processen, men som antas uppstå inkluderades i matrisen. De olika maskingrupporna svarvar och fräsar har inte riktigt samma kassations- och stilleståndsorsaker, därför utvecklades två olika matriser.

I matrisen finns det tre kassationsparametrar:

- Q1 Dimensionsfel, vilket innebär att om en detalj kasseras på grund av att den har fel dimension ska den placeras under denna.
- Q2 Spricka, vilket innebär att om den har någon spricka eller annat materialfel ska den placeras här.
- Q3 Fel material, vilket innebär att om operatören har använt fel material ska det placeras här.

Det finns även fyra stilleståndsparametrar:

- S1 Planerade stillestånd, här ska alla stillestånd som är planerade placeras, förutom ställtider.
- S2 Oplanerade stillestånd, alla stillestånd som inte är planerade ska placeras här under, förutom oplanerad ledighet för personal.
- S3 Ställ, här placeras all ställtid.
- S4 Reducerad beläggning, här placeras den tid som en maskin står still utan att vara uppbunden av något arbete, t.ex. faktorn personal ledig.

Taktförlustparametern tas ej med i matrisen då det inte finns någon takt att jämföra med utan kostnaderna för eventuella taktförluster kommer snarare att räknas med i stillestånd och kassation.

Miljö och kretsloppsparametrarna, MK, har inte tagits med i matrisen eftersom det inte finns någon större miljöpåverkan med i spelet under produktion då det inte används några skärvätskor eller liknande.

För att få fram kassationsandelen, q_Q , summeras tiden för de olika kvalitetsparametrarna och delas sedan med den totala verkliga produktionstiden.

För stilleståndsandelen, q_S , så summeras S1 och S2 och divideras sedan med den totala verkliga produktionstiden.

På grund av den begränsade datainsamlingsperioden kan det tänkas ha missats några faktorer som borde vara med. Om matrisen ska användas ute i produktion borde den ses över och diskuteras närmare med produktionspersonal över en längre tid.

5.2 Nyckeltalsberäkning

Att använda t_0 för att räkna ut hur länge verktyget används för att bearbeta en detalj är inte rättvisande då det i t_0 finns medräknat hanteringstid. Den parameter som skulle använts är t_f som är tiden för operativ förädling. Anledningen till att t_0 används i de här beräkningarna är att det blir för komplicerat att ta fram i efterhand. t_f kan fås fram genom att operatörerna mäter tiden vid arbete av detaljen, eller genom att följa upp artiklarna i MUR-systemet.

$$K_A = \frac{k_A}{60} \left[\frac{t_0 N_0}{(1 - q_Q)(1 - q_P)} \right] \quad \text{Ekvation 5.1}$$

Det förekommer viss reducerad beläggning på maskinerna i processen när det fattas personal. Därför finns den posten med som en kostnad för maskinen under stillestånd, men däremot inte under personalkostnaderna eftersom den inte binder någon personal vid reducerad beläggning.

Ekvationen för processkostnaden för en batch blir då som följer:

$$\begin{aligned} k = & \frac{k_A}{60} \left[\frac{t_0 N_0}{(1 - q_Q)(1 - q_P)} \right]_a + k_B \left[\frac{N_0 \cdot q_Q}{1 - q_Q} \right]_b \\ & + \frac{k_{CP}}{60} \left[\frac{t_0 N_0}{(1 - q_Q)(1 - q_P)} \right]_{c1} \\ & + \frac{k_{CS}}{60} \left[\frac{t_0 N_0}{(1 - q_Q)(1 - q_P)} \cdot \frac{q_S}{1 - q_S} + T_{su} + \frac{1 - U_{RB}}{U_{RB}} T_P \right]_{c2} \\ & + \frac{k_D}{60} \left[\frac{t_0 N_0}{(1 - q_Q)(1 - q_P)(1 - q_S)} + T_{su} \right]_d \end{aligned}$$

Ekvation 5.2

I företagets fall sätts q_P till 0 eftersom de inte har några taktförluster. För att kunna genomföra analysen behövs en del ekonomiska och allmänna data.

Maskintimkostnaderna beräknas genom att summera kostnaderna för en maskin under ett helt år och dela det på antalet timmar som maskinen har planerats vara i drift. Först behövs avskrivningskostnaden, som i det här fallet beräknas med hjälp av annuitetsberäkning. Andra kostnader som ska vara med i k_C är reparation och underhåll, lokalkostnader och elförbrukning. Reparations- och underhållskostnaden finns enbart för hela maskinparken och inte för varje enskild maskin. Då det finns 9 CNC-maskiner, två kapar, en slip och ett flertal manuella maskiner som inte går lika ofta som de styrda så delades hela kostnaden på 12. Lokalkostnaden är baserad på en annuitetsberäkning av vad byggnaden kostade att bygga samt lokalunderhåll och städning. Då har ett pris per kvadratmeter kunnat räknas ut som i sin tur har multiplicerats med det antal kvadratmeter som maskinen tar upp samt behövs föra att operatörerna ska kunna arbeta vid dem. Elkostnaden har heller inte funnits specificerad för varje maskin. Därför antas att de drar i snitt lika mycket och sedan viktat med hjälp av antal körtimmar registrerade i MUR-systemet.

För att räkna ut maskintimkostnaderna vid produktion, k_{CP} , har kostnaderna för el, reparation och underhåll summerats och delats med antal driftstimmar under ett år. Därefter har lokalkostnader och avskrivningar summerats och delats med antalet planerade timmar under ett år. Där dessa två kostnadsposter ger den totala maskintimkostnaden

Maskintimkostnaderna för stillestånd, k_{CS} , fås genom att summera lokalkostnaderna med avskrivningar och dividera med antal planerade timmar under ett år.

Verktygskostnaderna, k_A , finns endast summerade för hela maskinparken. Det har därför fått antas att alla maskiner använder verktyg för samma timkostnad. Kostnaden för verktygen gäller de 9 CNC-maskinerna samt de manuella fräsarna och svarvarna. Då de manuella maskinerna inte går lika mycket som de styrda, uppskattas att de styrda står för 95 % av verktygskostnaderna. De 95 % delas därför med antal körda timmar för alla styrda maskinerna under ett år.

Lönekostnaden, k_D , räknas fram genom att ta alla operatörers löner under ett år och summera dessa för att sedan dividera med alla operatörers arbetade timmar under samma år.

För uppgifter om maskinspecifika data se bilaga A.

5.2.1 Produktionsuppföljning

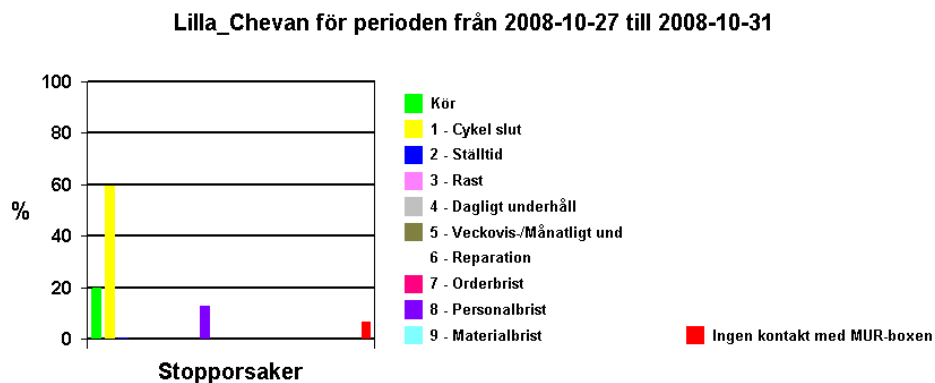
Det fanns inga uppföljningar som var gjorda på produktionen att studera och använda i ekvationerna, anledningen till att MUR-data inte användes finns beskrivet senare i detta avsnitt, jag var tvungen att själv samla in de uppgifter som behövdes. Därför fick mycket av tiden spenderas ute i produktionen, både för att lära mig om hur den fungerade och för att samla in uppgifter till arbetet. Där har

bland annat två maskiner följts upp under en veckas tid och alla störningar och andra observationer har antecknats.

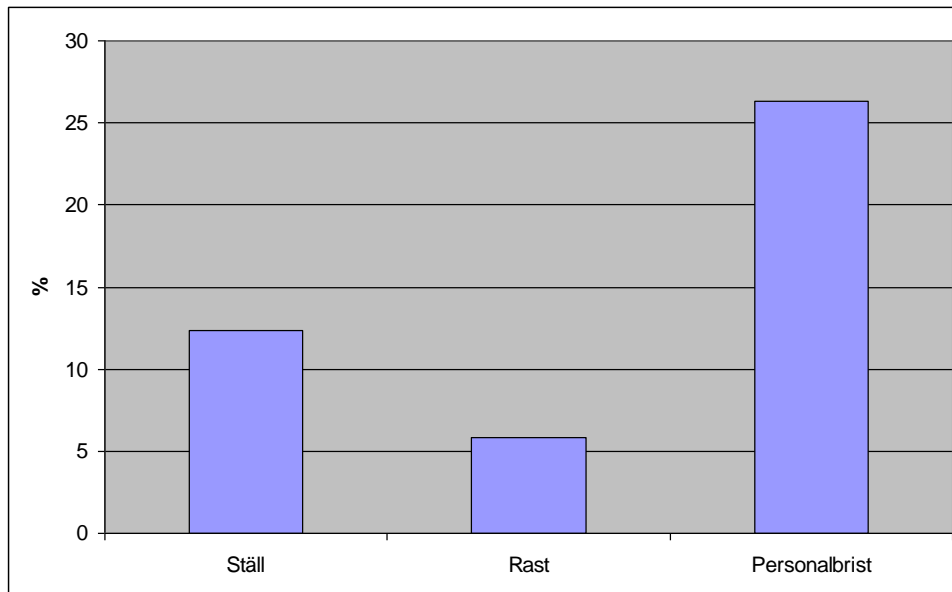
Tanken var från början att följa upp en specifik artikel, men då artiklarna inte körs ofta och man inte alltid vet när de ska köras förrän de verkligen körs så var detta svårt. Därför bestämdes att två maskiner skulle följas under en period och på så sätt få fram de olika parametrarna för en maskin istället för en artikel. En annan anledning är att artiklarna ibland kan köras i olika maskiner beroende på vilken som är ledig för tillfället, och då kan de olika parametrarna variera på grund av det.

De kassationsrapporter som finns insamlade visar att ca 1 % av alla detaljerna kasseras. Men det här är endast data som operatörerna har fyllt i själva, och under den tid som spenderades vid produktionen noterades det att vid flera tillfällen kasserades detaljer utan att det skrevs någon kassationsrapport. Detta innebär att kassationsandelen sannolikt är högre än vad siffrorna indikerar. Hur mycket är svårt att säga då det inte har gått att samla in tillräckligt med data.

Mätningar har endast genomförts på dagtid men maskinerna går även till viss del på natten, då det är färre operatörer i produktionen. Parametrar från natten är alltså inte medtagna i uträkningarna. Det ska även påpekas att stilleståndsandelen som har räknats fram inte är den exakt verkliga stilleståndsandelen, men dock en bra uppskattning trots den lite bristfälliga data som har funnits till förfogande.



Figur 3. Stopporsaksrapport från MUR-systemet för Lilla Chevaliern under perioden 2008-10-27 till 2008-10-31.



Figur 4. Sammanställning av stoppsaker för Lilla Chevaliern från egen uppföljning under perioden 2008-10-27 till 2008-10-31.

I Figur 3 finns alla stoppsaker som har registrerats av MUR-systemet. Efter en snabb observation är det tydligt att stoppsaken ”Cykel slut” är dominerande och att personalen inte tar raster eller genomför något ställ på maskinen. Vid en jämförelse med data som har samlats in genom att betrakta maskinen under produktion så finns både rast och ställ med. Figur 3 är alltså ingen bra avspegling av verkligheten.

I följande två figurer finns all data sammanställd från mätningarna som har gjorts. Längst ner i varje figur finns andelen för varje parameter beräknad.

Faktorgrupper		Processparametrar							Summa faktor
		Kassationer			Stillestånd				
		Q1 Dimensionsfel	Q2 Spricka	Q3 Fel material	S1 Planerade stillestånd	S2 Oplanerade stillestånd	S3 Ställ	S4 Reducerad beläggning	
A Verktyg	A1 Slitet skär								00:00
B Arbetsmaterial	B1 Materialfel								00:00
	B2 Materialbrist								00:00
C Process	C1 Programfel								00:00
	C2 Uppspänningsnoggrannhet								00:00
	C3 Ställ						07:12		07:12
D Personal och organisation	D1 Rast				02:38				02:38
	D2 Möte								00:00
	D3 Personal jobbar med annat					04:14			04:14
	D4 Felprogrammering	01:15							01:15
	D5 Väntan på reparatör								00:00
	D6 Personal ledig							01:15	01:15
E Slitage och underhåll	E1 Verktygsslitage med kassation								00:00
	E2 Verktygsbyte p.g.a. slitage								00:00
	E3 Veckovis-/Månatligt underhåll								00:00
	E4 Dagligt underhåll								00:00
	E5 Reparation								00:00
F Speciella faktorer								00:00	
G Kringutrustning	G1 Fel på vakuum								00:00
	G2 Väntar på truck								00:00
	G3 Väntar på åtkomst vid dator					01:00			01:00
H Övrigt	H1 Orsaken till problemet är okänd								00:00
Summa Parametrar		01:15	00:00	00:00	02:38	05:14	07:12	01:15	17:34
Totaltid	36:00:00								
Andel		0,03	0,00	0,00	0,07	0,15	0,20	0,03	

Figur 5. PSM för Röders fräsen under perioden 2008-10-27 till 2008-10-31.

Faktorgrupper		Processparametrar							Summa faktor	
		Kassationer			Stillestånd					
		Q1 Dimensionsfel	Q2 Spricka	Q3 Fel material	S1 Planerade stillestånd	S2 Oplanerade stillestånd	S3 Ställtid	S4 Reducerad beläggning		
A	Verktyg									00:00
B	Arbetsmaterial									00:00
	B1 Materialfel									00:00
C	Process									00:00
	C1 Programfel									00:00
	C2 Uppspänningsnoggrannhet									00:00
	C3 Ställ						06:10			06:10
D	Personal och organisation				02:56					02:56
	D1 Rast									00:00
	D2 Möte									00:00
	D3 Personal jobbar med annat					07:51				07:51
	D4 Felprogrammering	04:25								04:25
	D5 Väntan på reparatör									00:00
	D6 Personal ledig							05:18		05:18
E	Slitage och underhåll									00:00
	E1 Verktygsslitage med kassation									00:00
	E2 Verktogsbyte p.g.a. slitage									00:00
	E3 Veckovis-/Månatligt underhåll									00:00
	E4 Dagligt underhåll									00:00
	E5 Reparation									00:00
F	Speciella faktorer									00:00
G	Kringutrustning									00:00
	G1 Väntar på truck									00:00
	G2 Väntar på åtkomst vid dator									00:00
H	Övrigt									00:00
	H1 Orsaken till problemet är okänd									00:00
	Summa Parametrar	04:25	00:00	00:00	02:56	07:51	06:10	05:18		26:40:00
	totaltid									32:00:00
	Andel	0,14	0,00	0,00	0,09	0,25	0,19	0,17		

Figur 6. PSM för Lilla Chevalier svarven under perioden 2008-10-27 till 2008-10-31.

I Figur 7 finns tre olika kassationsandelar. Den observerade kassationsandelen är den som har beräknats med hjälp av de data som finns i Figur 5 och Figur 6. Kassationsandelen från företaget är den som har beräknats fram från materialet som operatörerna fyller i och är från det första halvåret 2008. Den uppskattade kassationsandelen är den som har uppskattats under arbetets gång och är även den kassationsandel som används i alla beräkningar. Anledningen till att en uppskattad kassationsandel används är att den uppmätta är orimligt hög samt att den siffra som kommer från företaget är för låg då inte allt rapporteras.

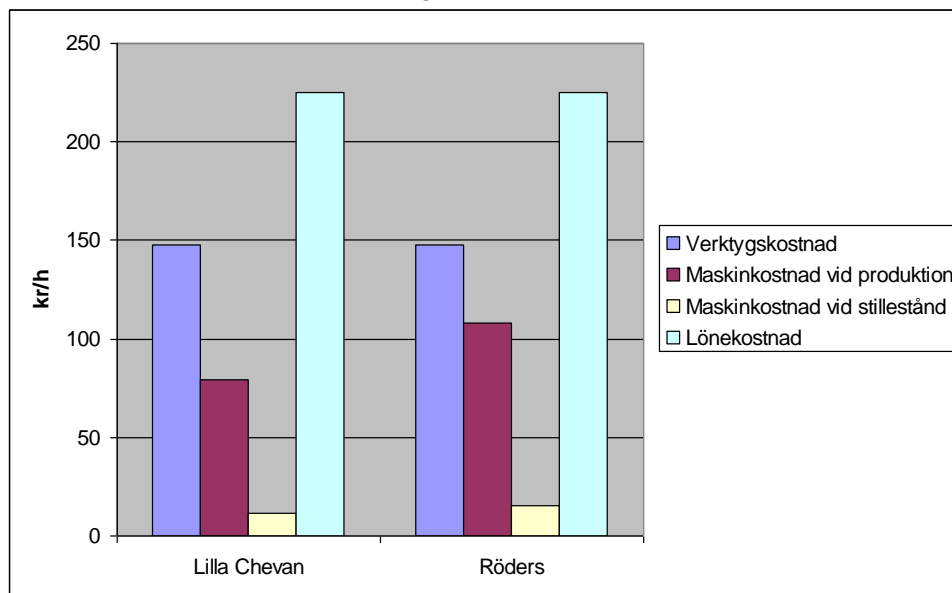
Stilleståndsandelen har beräknats med hjälp av de data som finns i Figur 5 och Figur 6, det är även denna som används i alla beräkningar. Anledningen till att stilleståndsandelen från Mur inte används är att den även innehåller ställtid.

Maskin	q_0 Observerad	q_0 Uppskattad	q_0 företaget	q_s
Röders	0,035	0,03	0,01	0,22
Lilla Chevalier	0,14	0,03	0,01	0,34

Figur 7. Kassationsandel och stilleståndsandel.

5.3 Identifiering av förbättringsaktiviteter och simulering av kostnadsförändringar

Det är intressant att få en insikt i hur de olika kostnadsposterna är fördelade. Därför finns de sammanställda i Figur 8. Det figuren visar är att lönekostnaderna och verktygskostnaderna står för en väldigt stor del av de totala kostnaderna. För en närmare studie finns datan i Bilaga A.



Figur 8. Kostnadsfördelning för Lilla Chevaliern och Röders under ett år.

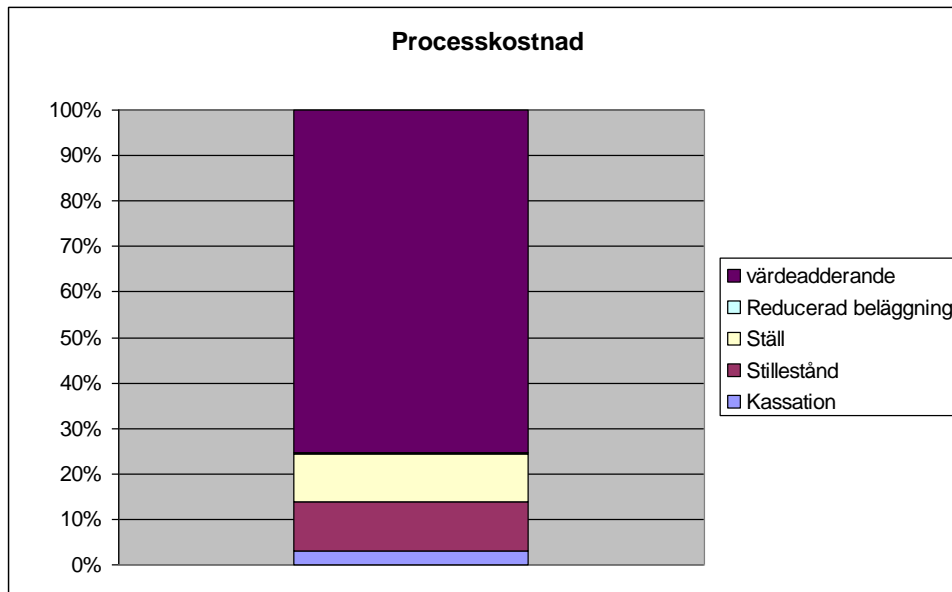
5.3.1 Röders

Indata som har använts för att beräkna processkostnaderna för Röders finns i Figur 7 och Figur 9.

Artikel	Ställtid T_{su} [min]	Cykeltid t_0 [min]	Antal N_0 [st]	Materialkostnad K_B [kr]
1	30	19,998	2	18,345
2	30	0,03	100	0,84
3	30	0,498	100	0,84
4	30	0,03	300	1,26
5	30	0,498	300	1,26
6	30	19,998	2	19,758
7	30	19,998	4	11,055
8	30	19,998	4	15,51
9	30	0,03	1000	0,42
10	30	0,498	1000	0,42
11	30	0,03	600	0,84
12	30	0,498	600	0,84
13	15	1,308	200	0,24
14	60	1,002	200	0,24
15	60	30	6	254,07
16	30	19,998	2	18,345

Figur 9. Artikeldata för Röders.

För att få en bild av hur kostnaden är fördelad mellan de olika kostnadsposterna enligt Ekvation 3.5 – Ekvation 3.9 har dessa räknats ut och ställts samman i Figur 10. Den totala processkostanden beräknas genom att summera Ekvation 3.5 till Ekvation 3.9 över en period. I det här fallet har kostnaderna för perioden 2008-10-27 till 2008-10-31 beräknats till 398 kr/h.



Figur 10. Processkostnadsfördelning för Rödars under perioden 2008-10-27 till 2008-10-31.

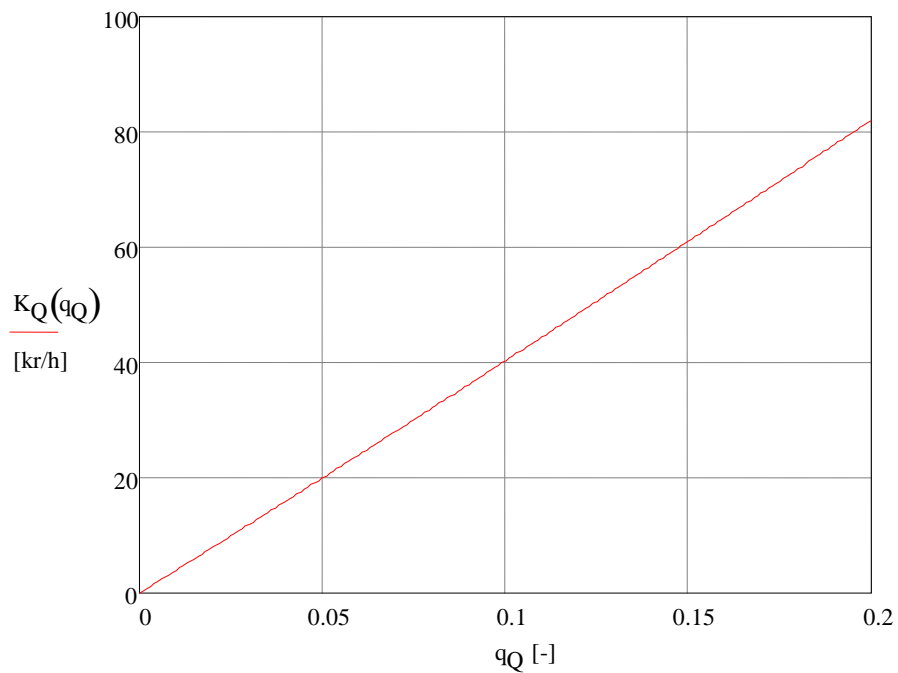
I diagrammet syns det att ca 25 % av kostnaderna är icke värdeadderandekostnader. Icke värdeadderandekostnader är kostnader som inte bidrar till att öka produktens värde.

Ställkostnaden är ca 10 %, vilket beror på att ställtiden är lång i förhållande till den totala drifttiden.

Kostnaden för reducerad beläggning ligger under 1 % vilket beror på att den endast består av maskinkostnad vid stillestånd och lokalkostnader.

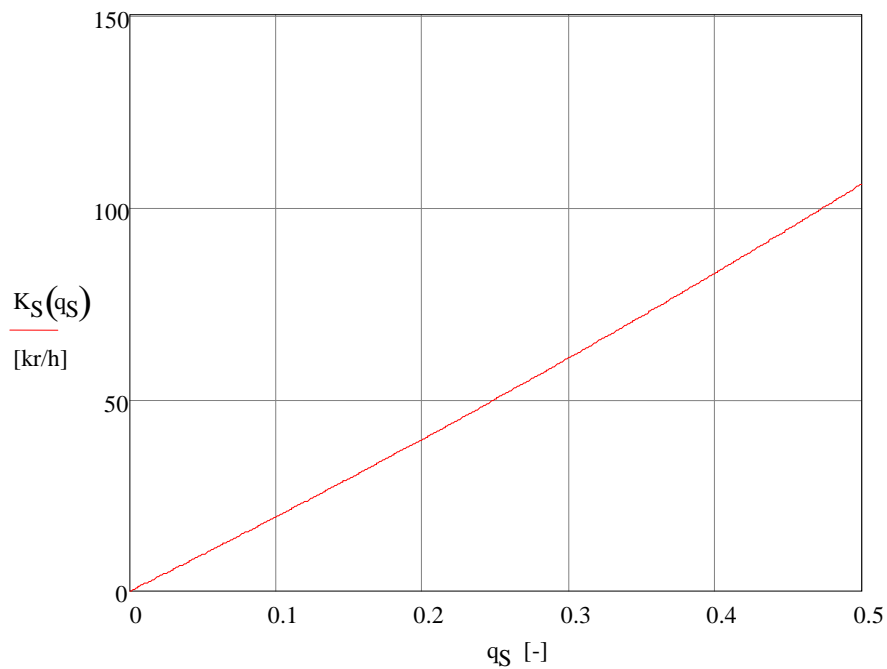
Kassationskostnaden är ca 3 %, vilket är samma som kassationsandelen. Detta är dock ett sammanträffande då kassationskostnaden inte enbart byggs upp av kasserat material utan även av verktygsslitage och personalkostnader.

Stilleståndskostnaden är ca 11 %, och anledningen till att den är så stor är bland annat att personalen måste ha raster och att de ibland måste hjälpa varandra, vilket innebär att ”operatörens” maskin lämnas utan uppsikt.



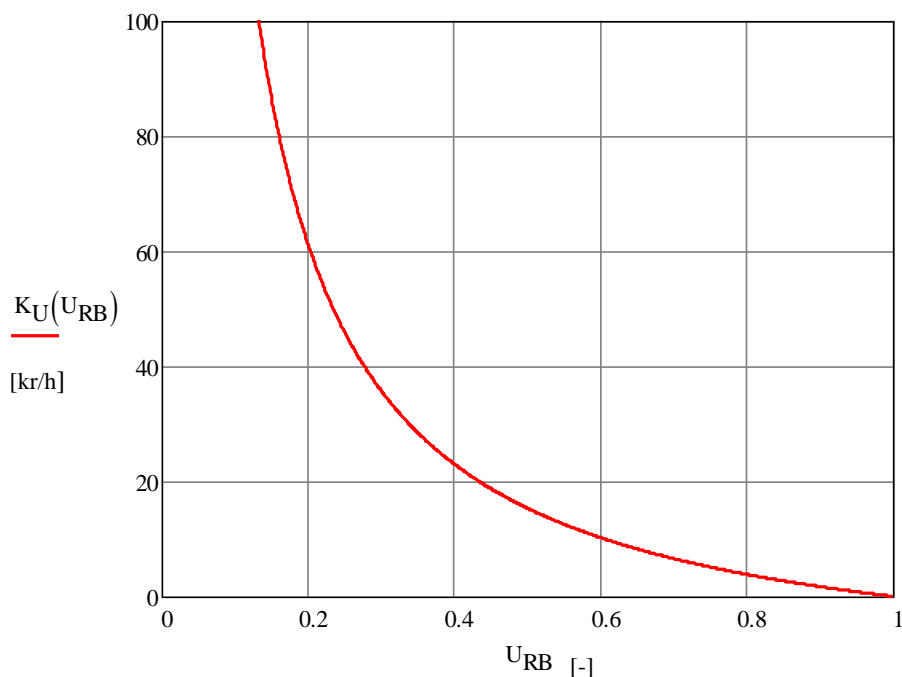
Figur 11. Kassationskostnaden som funktion av kassationsandelen för Röders.

I Figur 11 visas hur mycket kassationerna kostar beroende på kassationsandelen. Spannet är från 0 till 20 % och visar vid $q_Q = 0,2$ en kostnad på 82,08 kr/h. Vid 3 % är kassationskostnaden 11,94 kr/h. Det innebär att kassationskostnaden ökar med ca 4 kr/h per procentenhet.



Figur 12. Stilleståndskostnad som funktion av stilleståndsandel för Röders.

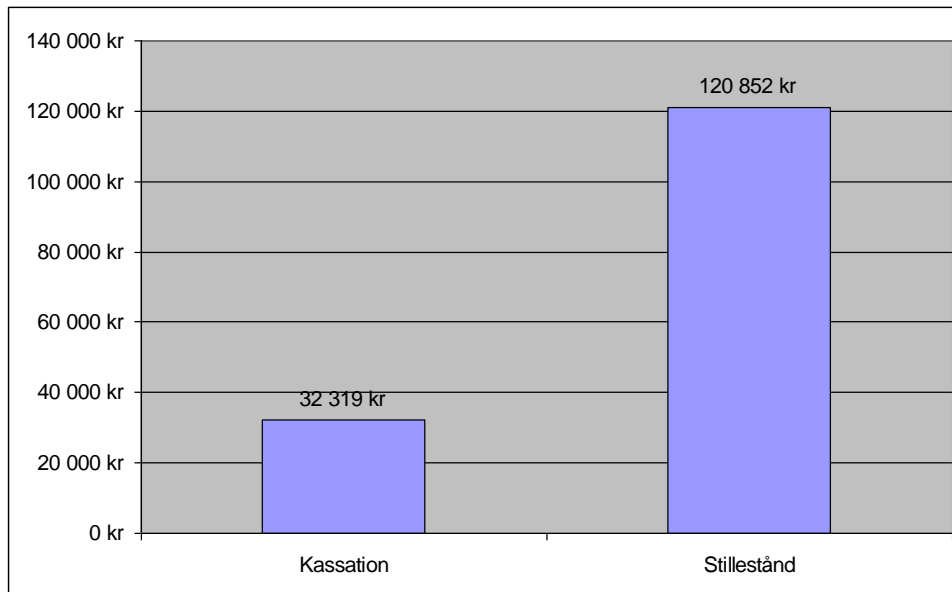
I Figur 12 visas stilleståndskostnaden som en funktion av stilleståndsandelen. Spannet sträcker sig från 0 till 50 % och vid 50 % är stilleståndskostnaden 106 kr/h. Vid 22 % är stilleståndskostnaden 43,7 kr/h. En ökning på 1 % innebär en ökning av stilleståndskostnaden på ca 2,12 kr/h.



Figur 13. Kostnaden för reducerad beläggning som funktion av beläggningsgradsandel för Röders.

I Figur 13 visas kostnaderna för reducerad beläggning som en funktion av beläggningsgradsandelen. Spannet är 0 till 100 % och vid 0,97 % är kostnaden 0,5 kr/h. Anledningen till att kostnaden går mot oändligheten när beläggningsgraden går mot noll är att det tar oändligt lång tid att producera något samtidigt som de fasta kostnaderna finns kvar.

För att visa hur mycket pengar och tid som kan sparas på olika åtgärder måste några mål diskuteras fram. Beläggningsgraden kan inte bli mycket bättre och den kostar väldigt lite jämfört med de andra parametrarna, så därför läggs fokus på kassationskostnaden och stilleståndskostnaden. I PSM räknades kassationsandelen ut till 3 %. Kassationsorsaken var D4: Felprogrammering, vilket är en mänsklig faktor. Därför borde kassationsandelen kunna halveras. Stilleståndsandelen byggs primärt upp av D1: Rast, D3: Personal jobbar med annat och G3: Väntar på truck. D3 innebär att operatörerna prioriterar ett annat jobb, och G3 innebär att de väntar på att en truck ska bli ledig. Rast måste personalen ha, men de övriga faktorerna kan minskas med bättre planering, därför borde även stilleståndsandelen gå att halvera.



Figur 14. Kostnadsbesparing vid halvering av kassationsandelen och stilleståndsandelen.

Figur 14 visar hur mycket pengar som kan sparas varje år om stilleståndskostnaden och kassationskostnaden halveras. Något som inte visas i figuren är att vid minskade stillestånd och kassationer kan fler detaljer tillverkas och på så sätt bidra med en ökad intäkt. Detta förutsätter att det finns något att fylla upp den frilagda maskintiden med.

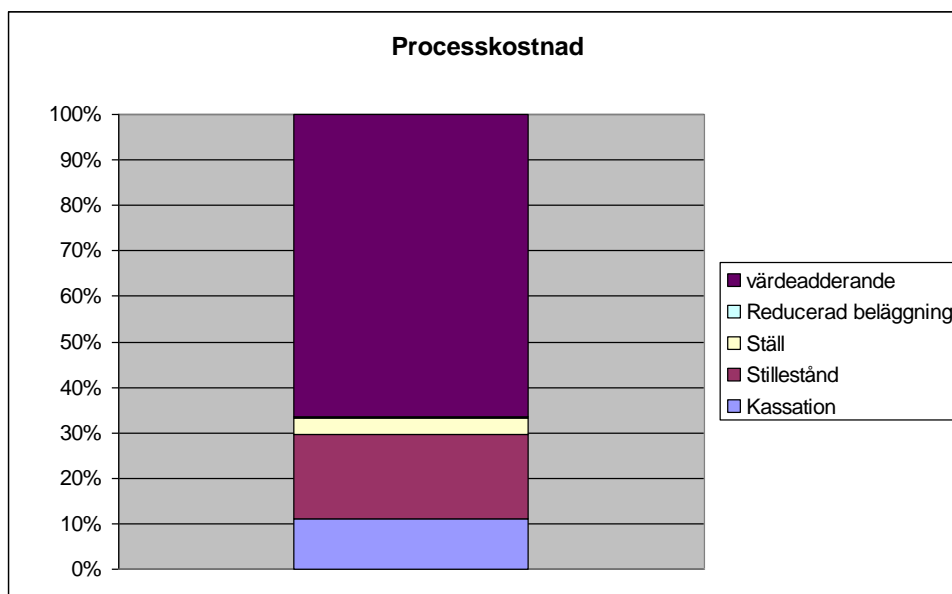
5.3.2 Lilla Chevaliern

Indata som har använts för att beräkna processkostnaderna för Lilla Chevaliern finns i Figur 7 och Figur 15.

Artikel	Ställtid T_{su} [min]	Cykeltid t_0 [min]	Antal N_0 [st]	Materialkostnad K_B [kr]
1	30	9,6	20	69,30
2	15	6	20	69,30
3	30	12	20	497,35
4	30	9,6	20	497,35
5	120	30	40	429,30
6	30	12	30	497,35
7	30	9,6	30	497,35
8	30	18	20	453,78
9	9,6	9,6	20	453,78
10	9,6	4,002	20	453,78
11	30	6	70	495,90
12	60	60	7	418,77

Figur 15. Artikeldata för Lilla Chevaliern.

Med hjälp av parametrarna i Figur 7 så har de olika kostnadsposterna beräknats för Lilla Chevaliern. Den totala processkostanden beräknas genom att summera Ekvation 3.5 till Ekvation 3.9 över en period. I det här fallet har kostnaderna för perioden 2008-10-27 till 2008-10-31 beräknats till 408 kr/h.



Figur 16. Processkostnadsfördelning för Lilla Chevalier under perioden 2008-10-27 till 2008-10-31.

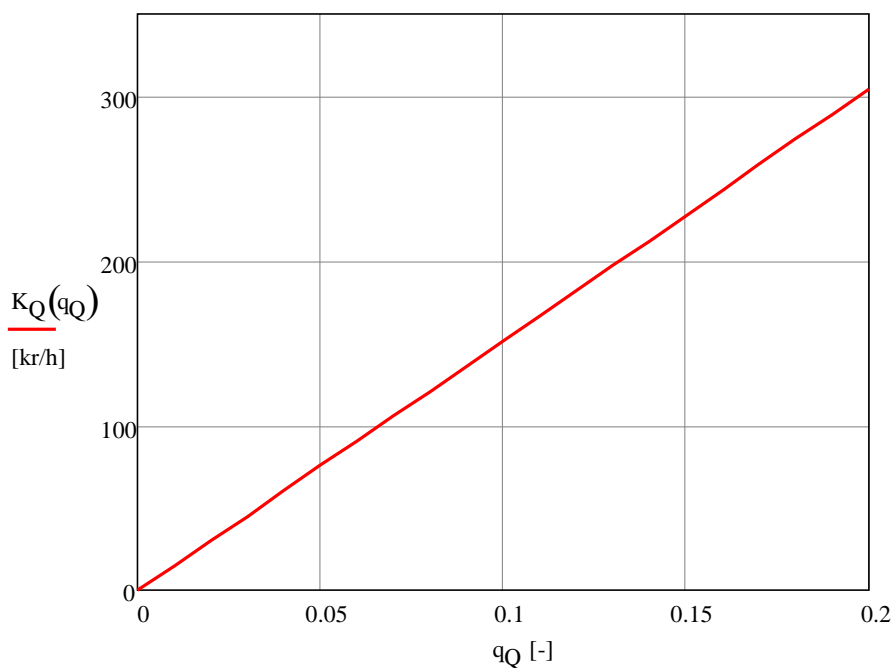
I diagrammet visas att ca 34 % av kostnaderna inte är värdeadderandekostnader. De icke värdeadderandekostnaderna är kostnader som inte tillför något värde på artiklarna.

Ställkostnaden är ca 4 %. Denna låga kostnad innebär inte att ställen är kostnadseffektiva, de innebär att ställen utförs snabbt. Ett snabbt utfört ställ kan orsaka misstag och det kan leda till att detaljer får kasseras.

Kostnaden för reducerad beläggning är väldigt låg, vilket beror på att den nästan enbart består av maskin och lokalkostnader.

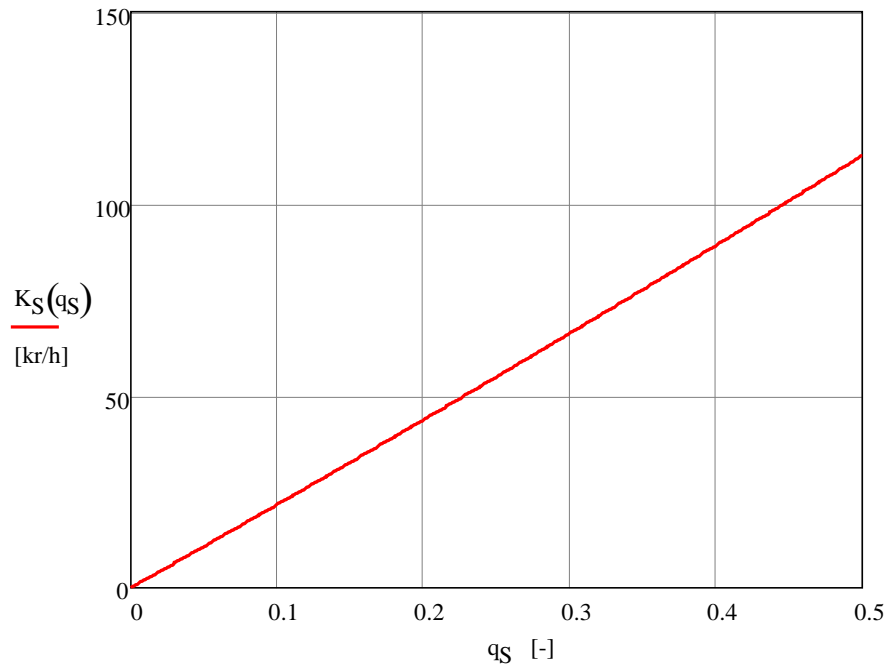
Kassationskostnaden ligger på 11 % av hela processkostnaden. Detta är högt och beror till stor del på operatörsfel. Lägg dock märke till att kassationsandelen endast var på 3 %. Anledningen till det är att även de kasserade detaljerna sliter på verktygen, maskinen och tar upp personaltid.

Stilleståndskostnaden är den enskilt störste icke värdeadderande kostnaden. Anledningen till att den kostnaden ligger på ca 15 % är bland annat för att personalen måste ha raster, men framförallt då operatörerna behöver hjälpa varandra ibland, och då måste lämna "sin egen" maskin.



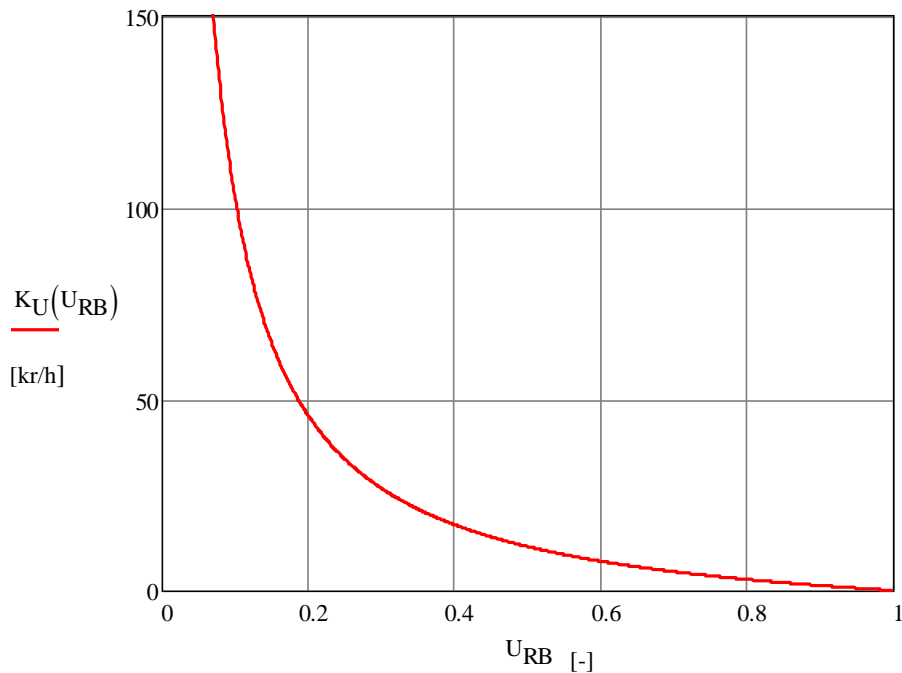
Figur 17. Kassationskostnad som funktion av kassationsandel för Lilla Chevalier

I Figur 17 visas hur mycket kassationerna kostar som funktion av kassationsandelen. Spannet är från 0 till 20 % och visar vid $q_Q = 0,2$ en kostnad på ca 304 kr/h. Vid 3 % kostar det ca 45 kr/h. Det innebär att kassationskostnaden ändras med ca 16 kr/h per procentenhet.



Figur 18. Stilleståndskostnad som funktion av stilleståndsandel för Lilla Chevalier.

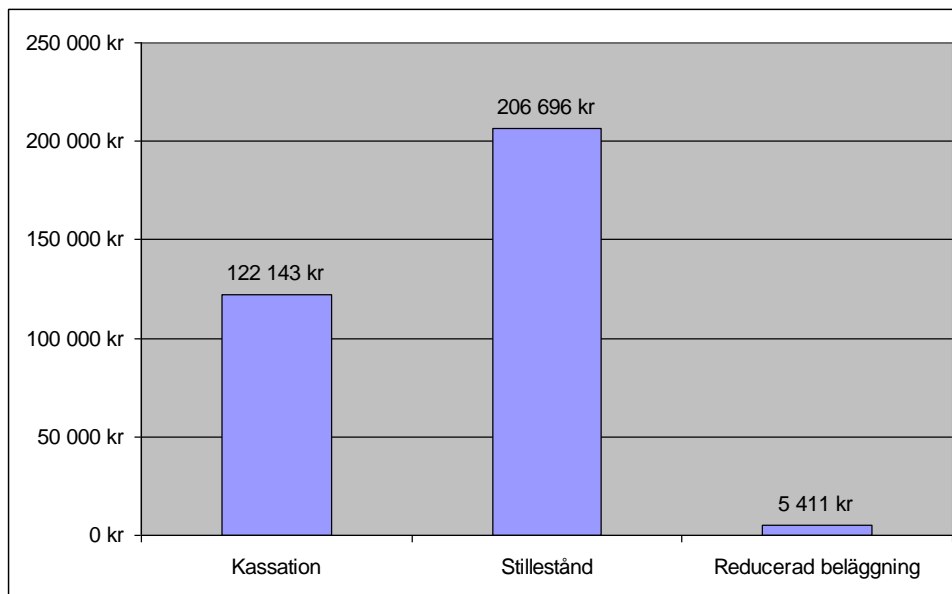
I Figur 18 visas hur mycket stilleståndskostnaden blir beroende på stilleståndsandelen. Varje procentenhets ökning på stilleståndsandelen ger en ökning på ca 1,5 kr/h. Vid den stilleståndsandel som maskinen ligger på idag kostar det ca 75 kr/h.



Figur 19. Reduceradbeläggingskostnad som funktion av beläggingsgrad för Lilla Chevaliern.

I Figur 19 visas kostnaderna för reducerad beläggning som funktion av beläggingsgraden. Målet är 100 % beläggingsgrad. Anledningen till att kostnaderna går mot oändligheten när beläggingsgraden går mot noll är att det tar oändligt lång tid att producera något samtidigt som de fasta kostnaderna finns kvar. Vid 0,86 % ligger kostnaden på 1,8 kr/h.

För att visa hur mycket pengar som kan sparas på olika åtgärder så granskas de olika parametrarna. Kassationsandelen är 14 % vilket beror på D4: Felprogrammering. Detta är en större kassationsandel än det som normalt uppstår. Det är ändå ett rimligt krav att halvera kassationsandelen till 1,5 %. Stilleståndsandelen byggs upp av D1: Rast och D3: Personal jobbar med annat. D1 är svår att eliminera, men D3 borde utan vidare gå att halvera. Ett rimligt mål för den här parametern är att försöka halvera den.



Figur 20. Kostnadsbesparing vid halvering av kassationsandel, stilleståndsandel och reduceradbeläggningsgrad.

I diagrammet syns hur mycket pengar som kan sparas per år om kassationsandelen, stilleståndsandelen och reduceradbeläggningsgrad halveras. Något som inte syns i diagrammet däremot är att om kassationerna och stillestånden halveras så finns det mer tid för andra detaljer att köras i samma maskin. Om den extra tiden används för att tillverka detaljer som kan säljas så kan intäkterna ökas.

Det är med andra ord inte lönande att öka den frilagda tiden om det inte finns något att fylla den med. I ett kort perspektiv kan den ökade flexibiliteten ge en viss ökad intäkt, men i det långa loppet så måste de detaljer som tillverkas bära kostnaden för den outnyttjade tiden.

Processkostnaden för maskinen över ett år är ca 2,2 miljoner kronor. 334 000 kr blir då 15 % av detta.

5.3.3 Åtgärder

För att uppnå de mål som satts upp måste ett antal åtgärder vidtagas. De åtgärder som föreslås är följande:

- För både Röders och Lilla Chevaliern är D3 Personal jobbar med annat en väldigt hög andel av stilleståndskostnaden. Om operatörerna kan jobba med sin artikel utan att behöva hjälpa andra skulle den posten nästan försvinna helt. De flesta tillfällena som en operatör hjälper en annan är när den andra operatören behöver hjälp under ett ställ. Om ställen standardiseras kan detta uppnås.

-
- D4 Felprogrammering är den enskilt största faktorn som bidrar till kassationer. Detta syns både i PSM och kassationsrapporterna. Många av dessa felprogrammeringar skulle kunna undvikas om tidigare program sparats på ett standardiserat sätt.

Som synes i de två ovanstående punkterna skulle kassationsandelen och stilleståndsandelen kunna halveras enbart genom att införa bättre rutiner vid ställen.

De rutiner som skulle behövas är bland annat:

- hur varje artikels program döps och sparas.
- vilka fastspänningsanordningar som ska användas
- vilka verktyg som ska användas
- vilken maskin som bör användas

Hur rutinerna ska se ut är upp till företaget att besluta, men de bör vara tydliga och finnas nära till hands för alla operatörer. Alla rutinerna måste även redovisas för alla operatörer så att de förstår varför de behövs och hur de ska genomföras.

För att ytterligare minska kassationer och stillestånd vid ställ bör de olika operatörernas programmeringskunskap till de olika maskinerna utvärderas och om nödvändigt utökas.

5.4 Materialspillskostnader

Då det under arbetets gång har framkommit att materialspillet till största del uppstår vid kapning av materialet och inte vid bearbetning som det här arbetet fokuserar på, har ingen närmare analys genomförts.

Den analys som har genomförts är baserad på allt material som har kastats under flera års tid. Denna materialmängd har sedan delats på antalet veckor mellan de olika tömningarna. Genomsnittet av denna undersökning har givit att det slängs ca 1 ton material i form av större bitar per vecka, samt ca 1 ton material i form av pulver per vecka.

Det har under analysen inte gått att ta reda på hur mycket av vilken typ av material som har kastats. Detta innebär att det inte har gått att beräkna kostnaden för spillmaterialet.

6 Diskussion

6.1 Insamling av data

Efter att ha spenderat ett par veckor ute i produktionen med att ha försökt samla in data så visade det sig svårare än beräknat MUR-systemet som finns uppkopplat till alla maskiner registrerar enbart när maskinen kör och i de fall operatören knappar in en kod varför den inte kör, men för att informationen som operatören knappar in ska vara tillförlitlig så måste detta göras hela tiden och inte bara lite sporadiskt, som det är nu.

De parametrar som jag har letat efter har framför allt varit kassation och stillestånd. Kassationerna är antagligen den lättaste parametern att få fram i produktionen, men det kräver dock att operatörerna antecknar när detaljer kasseras och varför. Stillestånden är lite svårare eftersom de inte finns dokumenterade någon annan stans än i MUR-systemet, och där ser man bara att maskinen har stått still. Det behövs lite högre upplösning på informationen. Det skulle även vara bra om det går att knyta MUR-systemet till detaljerna som körs, för att på så sätt få mer data att jobba med.

För att beräkningarna ska bli så exakta som möjligt bör data samlas under en längre period än vad jag har haft möjlighet till. Det bästa vore om det kunde ske kontinuerligt och automatiskt för att kunna jämföra och se hur produktionen förändras.

Maskinkostnaderna skulle kunna räknas fram lite bättre om reparationer och underhållskostnaderna delas upp på den maskin de verkligen uppkommer på. Även en mätning för att se hur mycket el de olika maskinerna förbrukar skulle vara av intresse.

Att få fram hur mycket verktygen kostar för varje maskin är ingen enkel sak, men om det finns några verktyg som är speciellt dyra så går det kanske att se vilken maskin de används vid.

6.2 Fortsatt arbete

För att företaget ska kunna följa upp prestanda i produktionen krävs det att de utvecklar en rutin för att samla in data som kan utvärderas med jämna mellanrum. Detta innefattar data som verktygskostnad, reparationskostnad, personalkostnad och maskinkostnad.

Det är även viktigt att operatörerna knappar in rätt kod vid varje stillestånd för att få fram tillförlitlig data som kan studeras för att följa produktionsutvecklingen.

För att lyckas med det är det viktigt att operatörerna får en viss förståelse för hur datan används samt varför.

Operatörerna bör få mer kunskap om hur det är tänkt att fungera i produktionen så att de kan ge feedback och känna att de är mer delaktiga i besluten som tas om deras arbetsplats. Det är även viktigt att de får möjlighet till att lära sig hur fler maskiner fungerar så att produktionen kan bli mer flexibel.

En stor del av processkostnaden består av verktyg, varför det bör utredas om det är möjligt att minska denna kostnad. Det kan t.ex. ske genom att använda skär av ett annat material eller återanvända fler verktyg.

7 Slutsatser

En slutsats som kan dras av det här arbetet är att metodiken i TESSPA fungerar väl i teorin, men inte riktigt lika väl i praktiken för ett företag med enstyckstillverkning och funktionell verkstadslayout. Först och främst beror det på att det blir svårt att ta fram en modell som avspeglar verkligheten tillräckligt väl i företagets fall. Ibland kan en operatör jobba med två olika detaljer parallellt och ibland kan två operatörer jobba med en detalj. Detta beror på att det inte finns tillräckligt bestämda rutiner för hur operatörerna ska arbeta.

I företagets fall så finns det inte tillräckligt detaljerade data för att få den upplösning som eftersträvas. Detta beror på att företaget inte har haft användning av datan i tidigare processberäkningar.

En annan slutsats som kan dras är att även om det är svårt att utveckla en realistisk modell över produktionen så går det att utveckla en relativt realistisk modell. Det innebär att det inte går att beräkna processkostnaderna eller detaljkostnaderna så exakt som på detalj nivå, men det ger ändå en väldigt god bild av vad som bygger upp kostnaderna i produktionen. Därför kan metodiken fortfarande användas för att utveckla produktionen.

Med det här arbetet har jag uppnått målet att utveckla en modell för processkostnader, samt identifierat förbättringspotential och utvecklingsaktiviteter. Det finns även åtgärdsförslag som kan förbättra produktionsprestandan.

8 Referenser

Ståhl, Jan-Eric (2007), Industriella Tillverkningssystem- Länken mellan teknik och ekonomi, Avdelningen för industriell produktion, Lunds Tekniska Högskola.

9 Bilagor

Bilaga A

	Källa	Gemensamma variabler	Röders	Lilla Chevan
Inköpspris	Tillgångslista 2008-09-17	-	575 600,00 kr	391 900,00 kr
Rep & underh. Inventarier	Konto 5510 2007	594 732,00 kr	54 066,55 kr	54 066,55 kr
Teknisk livslängd	Patrik	15		
Kalkylränta	Mats	0,07		
Lokalkostnad / maskin	Anders	6 000 000,00 kr	123 591,15 kr	117 705,86 kr
Städning o renhållning	Konto 5160 2007	157 930,00 kr		
Rep. o underhåll	Konto 5170 2007	137 652,00 kr		
Övr fastighetskostn	Konto 5190 2007	68 431,00 kr		
Uptagen yta i verkstaden	Leif Svensson	-	15,75	15
EI 2007	Konto 5120 2007	471 185,00 kr	29 651,71 kr	51 918,11 kr
Antal kör timmar 08-01-01 till 08-06-30 gånger 2	MUR-systemet		901,6	1578,64
Verktygskostnader 2007		1 761 000,00 kr	132 983,83 kr	232 845,60 kr
Kostnad / år vid produktion			403 491,02 kr	499 564,63 kr
Kostnad / Timme vid produktion			274,94 kr	244,39 kr
Kostnad / år vid stillestånd			186 788,94 kr	160 734,37 kr
Kostnad / Timme vid stillestånd			34,58 kr	29,76 kr

Rep & underh, inventarier kostnaden har inte kunnat bindas till specifika maskiner och har därför fördelats jämnt över de befintliga maskinerna. Kap och slip har antagits vara jämförbart med en styrd, vilket även de manuella maskinerna tillsammans har antagits vara jämförbara med. Den totala kostnaden har därför delats med 11.

Den tekniska livslängden har uppskattats av Patrik Ericsson

Kalkylräntan har uppskattats av Mats Nilsson

Lokalkostnaden har beräknats med hjälp av annuitetsberäkning som sedan har summerats med de löpande kostnaderna för lokalen under ett år. Den totala summan har delats med lokalens antal kvadratmeter för att sedan multipliceras med den yta som varje maskin tar upp för att kunna producera.

Elkostnaden för ett år har dividerats med antal körtimmar som maskinen har kört.

Verktygskostnaderna har fördelats beroende på hur många timmar maskinen har kört under ett år.