

2011-03-24



# Reservdelshantering för maskinunderhåll

Ove Abelsson

Dragan Bogdanovic

**EXAMENSARBETE**  
**Projektkurs C-nivå 15hp**  
**Maskiningenjör med inriktning mot logistik**

# BACHELOR'S THESIS

## Reservdelshantering för maskinunderhåll

### Sammanfattning

Underhållsavdelningen på Volvo Aero ansvarar för reservdelshanteringen vid köp av nya utrustningar. För att minska tiden för produktionsstopp måste reservdelar finnas tillgängliga på lager när ett behov uppstår. Vid inköpsstadiet erhålls en rekommenderad reservdelslista från maskinleverantören. Erhållen reservdelslista används främst när maskindelar går sönder, för att se vilka möjliga leverantörer som finns. Något arbete med vilka reservdelar som bör finnas tillgängliga utförs inte. Den strategi som används idag är att reservdelar beställs hem efter den erfarenhet som erhålls under maskinens drift.

Ett arbetssätt har tagits fram för att hantera den rekommenderade reservdelslistan och därmed öka tillgängligheten i utrustningen och få en bättre ekonomi. Arbetssättet består av fyra steg. Första steget är att se över vilka av de rekommenderade reservdelarna som finns på Volvo Aeros egna förråd. Steg två är att ta fram en ny beställningspunkt för de reservdelar som redan finns på lager förutsatt att förbrukningen kommer att öka. Steg tre är att val om lagerläggning räknas ut matematiskt då livslängden för reservdelen är känd. Steg fyra innebär att feleffektsanalys skall göras för beslut om lagerläggning för reservdelar med icke känd livslängd. I den rekommenderade reservdelslistan ska information som till exempel artikelbenämning, fabrikat, typbeteckning dessutom erhållas om respektive reservdel. Arbetssättet ska tillsammans med informationen från reservdelslistan avgöra om vilka reservdelar som ska lagerläggas.

Ett verktyg har också tagits fram för att förenkla arbetssteg ett till fyra. För att verktyget ska kunna användas fullt ut måste maskinleverantören följa Volvo Aeros tekniska specifikation, där det står beskrivet att rekommenderade reservdelar skall anges med en viss data. Data som artikelbenämning, fabrikat och typbeteckning måste finnas i Volvo Aeros system på alla reservdelar som lagrats för att steg ett ska kunna utföras. Den nuvarande tekniska specifikationen bör dessutom kompletteras med uppgifterna om felfrekvens, hur många av reservdelen som finns i maskin och om reservdelen är reparerbar. Dessa uppgifter är en hjälp för att lättare avgöra om reservdelarna skall lagerläggas alternativt köpas vid behov. Arbetssättet och tilläggen i den tekniska specifikationen ska förhoppningsvis leda till ett mer strukturerat arbetssätt och en mer ekonomisk reservdelshantering.

<b>Datum:</b>	2011-03-24
<b>Författare:</b>	Dragan Bogdanovic, Ove Abelsson
<b>Examinator:</b>	Jonas Hansson
<b>Handledare:</b>	Jerker Andersson, Lars Johansson, Volvo Aero. Henrik Johansson, Högskolan Väst
<b>Program:</b>	Maskiningenjör, Produktionsteknik med logistik
<b>Huvudområde:</b>	Maskinteknik
<b>Poäng:</b>	15 högskolepoäng
<b>Nyckelord:</b>	Reservdelshantering, maskinunderhåll, strukturerat arbetssätt, beställningspunkt, matematiskberäkning, FMECA
<b>Utgivare:</b>	Högskolan Väst, Institutionen för ingenjörsvetenskap, 461 86 Trollhättan Tel: 0520-22 30 00 Fax: 0520-22 32 99 Web: www.hv.se

# BACHELOR'S THESIS

## Spare parts management for machine maintenance

### Summary

The maintenance department at Volvo Aero is responsible for spare parts management. To avoid longer production stops, a stock of spare parts is necessary. When Volvo Aero purchases a new machine, they also receive a recommended list of spare parts from the machine supplier. The list is used when the machine breaks down, in order to see potential suppliers of spare parts. There is no work done regarding which spare parts that should be added in the stock. The strategy for ordering spare parts is based on the experience that is gained during the machines operating time.

A procedure has been developed to handle the recommended spare parts list and thereby increase the availability of equipment to get better economy. The procedure consists of four steps. The first step is to review which of the recommended spare parts that are already available at Volvo Aero. Step two is to create a new order point for the parts that are already added in stock, provided that the consumption will increase. For those parts that are not in Volvo Aero's store, there are two different scenarios, parts of known and unknown lifetime. Step three is to calculate mathematically the choice of if spare parts with known lifetime should be in storage or not. Step four is done when life time cannot be estimated. A failure mode and effect analysis must be made to support the decision if the spare parts should be in storage or not. The list should contain information such as item description, manufacture and manufacture type number on each recommended spare part. The procedure, together with information from the spare parts list will determine which recommended spare parts that should be added in stock.

A tool has also been developed in order to simplify the work steps. To use the tool successfully, the machine supplier must follow the technical specification, which describes that, recommended spare parts shall be provided with a specific data. Data about item description, manufacture and manufacture type number must also exist in Volvo Aero's system on all stored spare parts. The current technical specification should be supplemented with failure rate, the number of the recommended spare part the machine consists of and if the spare part is repairable. The procedure and the addition of the technical specification will hopefully result in a more structured procedure and a more effective management of spare parts.

<b>Date:</b>	2011-03-24
<b>Author:</b>	Dragan Bogdanovic, Ove Abelsson
<b>Examiner:</b>	Jonas Hansson
<b>Advisor:</b>	Jerker Andersson, Lars Johansson, Volvo Aero. Henrik Johansson, Högskolan Väst
<b>Programme:</b>	Mechanical Engineering, specializing in logistics
<b>Main field of study:</b>	Mechanical Engineering
<b>Credits:</b>	15 HE credits
<b>Keyword:</b>	Spare parts management, machine maintenance, structured way of working, reorder point, mathematical calculation, FMECA
<b>Publisher:</b>	University West, Department of Engineering Science, 461 86 Trollhättan Phone: 0520-22 30 00 Fax: 0520-22 32 99 Web: www.hv.se

## **Förord**

Examensarbetet är en avslutningskurs på 15 högskolepoäng inom maskiningenjörsprogrammet, inriktning produktionsteknik med logistik. Examensarbetet utfördes på maskinunderhållsavdelningen på Volvo Aero, Trollhättan och omfattar tio veckors arbete. Arbetsfördelning har varit lika fördelad mellan författarna. Båda har varit delaktiga i samtliga av rapportens delar.

Vi vill tacka våra handledare Jerker Andersson och Lars Johansson samt personal på underhållsavdelning på Volvo Aero. Vi vill vidare tacka vår handledare Henrik Johansson på Högskolan Väst och övriga som varit delaktiga.

Trollhättan, 2011-03-24

Ove Abelsson

Dragan Bogdanovic

## Innehåll

Sammanfattning .....	ii
Summary.....	iii
Förord.....	iv
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund och problembeskrivning .....	1
1.2 Reservdelsförsörjning.....	2
1.3 Mål och avgränsningar .....	3
2 Tillvägagångssätt.....	4
3 Reservdelshantering .....	5
3.1 Lagerläggning.....	5
3.2 Köp vid behov.....	6
3.3 Lagerlägg alternativt köp vid behov .....	6
3.4 Kvantitet som skall lagerläggas .....	6
3.5 Feleffektsanalys .....	8
4 Genomförd förstudie.....	9
4.1 Översikt över tidigare arbeten rörande reservdelshantering.....	9
4.2 Reservdelshantering på Volvo Aero.....	10
5 Resultat .....	13
5.1 Nytt Arbetsflöde .....	13
5.2 Komplettering av teknisk specifikation .....	14
5.3 Verktyg för reservdelshantering.....	14
6 Analys och diskussion.....	17
7 Slutsatser och framtida arbete .....	19
Källförteckning.....	20

## Bilagor

- A. Beräkning av beställningspunkt
- B. Beräkningsmodell för val av lagerläggning eller köp vid behov
- C. Flödesschema reservdelshantering
- D. Programkod makro för sökning av artiklar i lager
- E. FMECA (failure mode effects and criticality analysis)

## **1 Inledning**

Flygindustrin i Sverige startade år 1930, då den svenska flygstyrelsen gjorde en beställning på 40 nio-cylindriga flygmotorer från lokomotivtillverkaren, Nydqvist och Holm i Trollhättan. Nydqvist och Holm bildade därefter ett nytt bolag, NOHAB Flygmotorfabriker AB, som med detta automatiskt blev ett dotterbolag för Nydqvist och Holm. Efter att svenska försvaret 1936 beslutat att skapa ett svenskt flygvapen, tog tillverkningen fart och detta gav upphov till att nya fabriker byggdes för både flygplan- och motortillverkning. [1]

Efter ett antal byten av aktieägare förvärvade Volvo AB i Göteborg år 1969, samtliga aktier av företaget. Därefter har NOHAB Flygfabriker AB bytt namn ett flertal gånger till nuvarande namn Volvo Aero AB. Volvo Aero tillverkar och utvecklar idag komponenter för rymdindustrin, civila och militära flygmotorer och gasturbiner. [1]

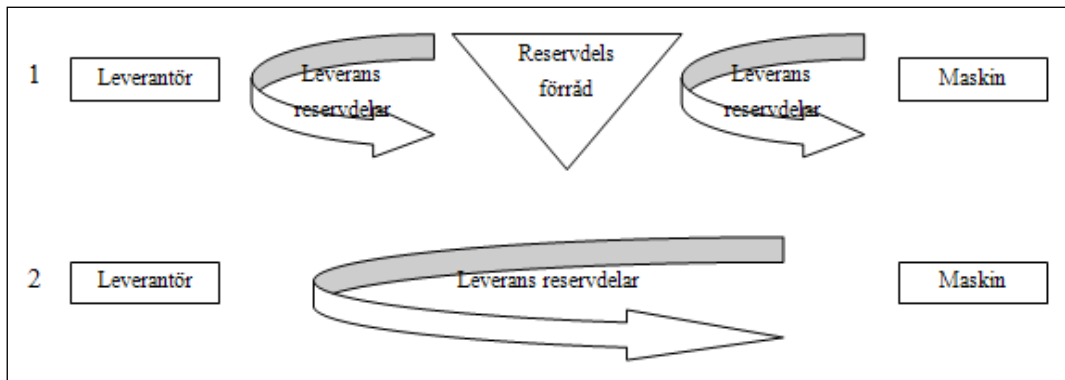
### **1.1 Bakgrund och problembeskrivning**

Volvo Aero har varit en föregångare inom svensk verkstadsindustri och införde redan under mitten av 60 talet ett system för förebyggande underhåll av företagets produktionsmaskiner, för att på så sätt främst förlänga dess tekniska livslängd och tiden mellan större reparationer och reoveringar. Vid tillverkningsstadiet av utrustningar som skall köpas för Volvo Aeros verksamhet finns tekniska specifikationer för vilka maskindelar och styrsystem som ska ingå i utrustningen. Detta för att få ökad tillgänglighet, minskad leveranstid och lägre reservdelskostnad. Den strategi som oftast används idag för att lagerlägga reservdelar är den erfarenhet som fås om befintliga maskiner och reservdelars åtgång under tiden då utrustningen är i drift. Det är oftast underhållstekniker som sköter underhåll av utrustningarna som lämnar önskemål om att lagerlägga reservdelar för framtida behov. Strukturerad reservdelsstrategi som stöder Volvo Aeros behov saknas vilket innebär att lagervärdet inte är optimerat mot behov.

För att uppnå ett ekonomiskt reservdelslager är det för Volvo Aero inte att rekommendera att enbart följa tillverkarens rekommendationer utan också använda sig av egna erfarenheter. Vid köp av nya utrustningar erhålls en reservdelslista från tillverkaren där den oftast är väl tilltagen det vill säga det finns reservdelar som rekommenderats som inte kommer till användning. Idag finns inget strukturerat arbetssätt för hur rekommenderade reservdelar skall hanteras. Som nämnts innan lagerläggs reservdelar allteftersom behov av dessa uppstår. Redan vid inköpsstadiet av utrustningen behövs en strategi för att säkerställa tillgängligheten av utrustningen med minsta möjliga kostnad. Strategin skall ta hänsyn till anskaffningskostnad och leveranstid ställt mot sannolikhet till behov och de konsekvenser som uppstår då en produktionsenhet inte producerar på grund av väntan på reservdel.

## 1.2 Reservdelsförsörjning

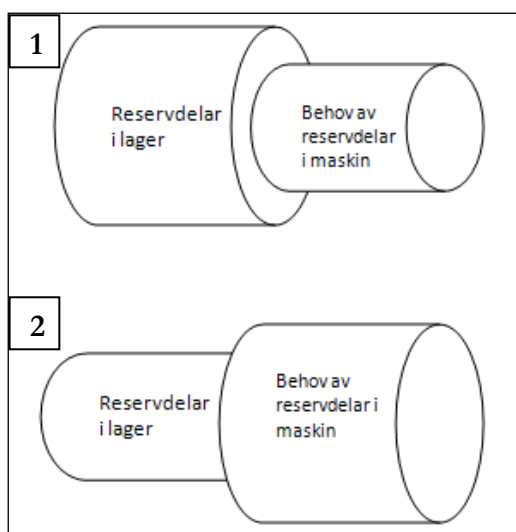
För att upprätthålla maskinernas tillgänglighet behövs reservdelar som kan ersätta andra maskindelar vid exempelvis haveri. Frågan är om reservdelarna skall placeras i företagets lager eller om de skall köpas när behov uppstår. Målsättningen är att till så låg kostnad som möjligt upprätthålla maskinernas tillgänglighet det vill säga att reservdelslagret uppfyller behovet. För att nå målsättningen måste behoven identifieras.



Figur 1 – Reservdelsförsörjning [2]

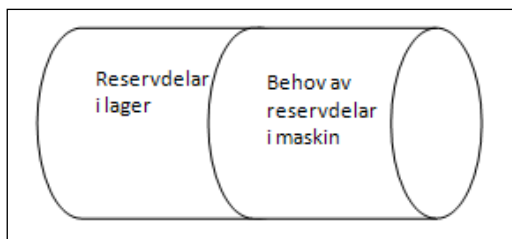
Figur 1 visar två traditionella sätt som reservdelsförsörjningen sker på [2]. Första sättet av materialförsörjning symboliserar att reservdelarna läggs in på företagets lagerförråd innan de tas ut för användning. Det andra sättet visar att reservdelen köps in och används direkt till maskin när ett behov uppstår.

Att ha reservdelar på lager har sina för- och nackdelar. Fördelen är att det går fortare att återuppta tillgängligheten i en maskin vid haveri och därmed minska stilleståndskostnaden. Nackdelen är bland annat kapitalbindning, hanteringskostnader, lokalkostnader med mera. Det viktigaste är som nämnts tidigare att lagernivån uppfyller de behov som finns, då mindre eller större lagernivå i förhållande till behovet leder till ökade kostnader.



Figur 2 - Mängd reservdelar i lager mot behov

Figur 2 illustrerar två scenarion där lagernivån är mindre och större än behovet. De båda scenarion resulterar till ökade kostnader. Figuren ovan illustrerar mängden reservdelar i lager och behovet av reservdelar till maskin. Scenario ett visar att mängden reservdelar i lagret är större än behovet. Detta kan till exempel vara reservdelar som inte kommer till användning eftersom inget behov av dem finns. Ett annat exempel kan vara reservdelar vars materialegenskaper förändras över tid vilket gör dem oanvändbara. Scenario två visar att behovet av reservdelar är större än mängden man har i lager. Detta medför högre stilleståndskostnad för bland annat väntan på reservdel från leverantör.



Figur 3 - Jämn kapacitet mellan reservdelar i lager och behov av reservdelar

Figur 3 illustrerar det ideala förhållandet mellan reservdelar i lager och behovet. Det ideala förhållandet är i detta fall reservdelar som finns på lager och som kommer till användning framöver utan att bli inkuranta. För att avgöra om en reservdel ska lagerläggas eller köpas vid behov skall hänsyn tas till hur kritisk artikeln är, det vill säga hur ofta den går sönder eller sannolikheten att den går sönder och vilka konsekvenser det skulle innebära. Anskaffningskostnad, lagerföringskostnad och ledtid är andra faktorer som ska tas hänsyn till för att avgöra om en reservdel ska lagerläggas eller köpas vid behov.

### **1.3 Mål och avgränsningar**

Målet med examensarbetet är att ge förslag till systematiskt arbetsätt för reservdelshållning optimerat för Volvo Aeros behov. Strategin för att nå målet är att ta fram ett arbetsätt som stöder beslut om vilka reservdelar som skall lagerläggas. Arbetsättet skall endast anpassas till maskinreservdelar.



## **2 Tillvägagångssätt**

Intervjuer med underhållsavdelningens personal på Volvo Aero har genomförts för att få reda på hur Volvo Aeros reservdelshantering fungerar, för att på så sätt hitta möjligheter till förbättringar. Intervjuerna utfördes med låg grad av standardisering vilket innebar att den intervjuade fick styra ordningsföljden av frågorna [3]. Skälet till låg grad av standardisering på intervjun ansågs lämpligt eftersom den intervjuade var medveten om syftet med frågorna och examensarbetet.

En litteraturstudie för arbete gällande reservdelshantering har gjorts för att få ökad insikt i de termer och begrepp som används. Litteraturen som beskriver begrepp och termer användes från tidigare genomförda kurser som logistik 1, 2 och produktionslogistik.

Ytterligare litteratursökning har utförts för att undersöka om det finns befintliga modeller gällande reservdelshantering. När livslängd/förbrukning på reservdelar finns att tillgå går det matematiskt att beräkna om det är ekonomiskt fördelaktigt att lagerlägga reservdelar. De matematiska formlerna som använts har tagits fram med hjälp av sunt förnuft och genom analys av vilka kostnader som uppstår då man lagerlägger en reservdel alternativt köper den vid behov. I litteratur finns formler där kostnad mellan lagerläggning och produktionsstopp jämförs. Dessa kostnader är ganska lika de formler som fått fram genom sunt förnuft. Kostnaderna mellan lagerläggning och köp vid behov jämförs för att erhålla ett ekonomiskt alternativ.

En modell har identifierats på Volvo Aero genom sökning av tidigare examensarbeten kring reservdelshantering. Det medförde att handledaren till projekt intervjuades och information om denna modell erhöles. Denna modell räknar fram beställningspunkt för reservdelar och används för att minska lagernivåer och kapitalbindning. Syftet med detta examensarbete var inte att minska kapitalbindningen utan ta fram ett arbetssätt för att avgöra om vilka reservdelar som ska lagerläggas. Av den orsaken användes endast formeln för beställningspunkt eftersom om en reservdel väljs att lagerläggas behöver en beställningspunkt tas fram för denna.

Ett studiebesök hos Volvo Powertrain i Skövde gav möjlighet att få insikt i deras arbetssätt för hantering av reservdelar. Studiebesöket innefattade en genomgång om reservdelshantering och gav idéer om hur Volvo Aeros arbetssätt för reservdelshantering kan förändras, för att på så sätt gynna sin egen verksamhet. Att använda erfarenhet som Volvo Powertrain i Skövde för reservdelar som saknar historik ansågs som vara lämpligt. För att få ytterligare hjälp med bedömning om lagerläggning för reservdelar utan historik ansågs utöver erfarenhet feleffektsanalys som ett bra komplement. Feleffektsanalys är en metod som på ett systematiskt sätt tar fram felorsaker som kan uppstå i produktion eller på maskindelar. Med hjälp av analysen fås vilka konsekvenser felet medför. Kunskapen om metoden erhöles från kursen kvalitetsutveckling.

### 3 Reservdelshantering

Ett reservdelslager består av artiklar med jämn och ojämn efterfrågan [4]. För att inte långa produktionsstopp och höga kostnader skall förekomma behövs ett lager med reservdelar. Ett av problemen för Volvo Aero är att identifiera vilka maskindelar som kommer att behövas för en maskin, det vill säga vilka reservdelar som ska lagerläggas. Leverantörer är ointresserade av att lagerhålla reservdelar en längre tid eftersom de gamla sortimenten byts ut med nya utvecklade produkter med samma funktion [4]. Detta kan medföra att reservdelar med låg efterfrågan inte finns tillgängligt i leverantörens lager utan måste tillverkas vid beställning, vilket medför lång ledtid som genererar ett långt produktionsstopp. Svårigheten är som nämnts innan om en reservdel med okänd livslängd ska lagerhållas eller köpas vid behov. Ett haveri kan leda till ett kostsamt produktionsstopp om reservdelen inte finns på förråd. Vid lagerhållning av en reservdel under en längre tid finns risk för inkurans eller att lagerkostnaden blir större än kostnaden för produktionsstoppet. Ett lager av reservdelar som inte uppfyller behovet medför kostnader. Ett strukturerat arbetssätt för val av vilka reservdelar som skall lagerläggas alternativt köpas vid behov är ekonomiskt fördelaktigt. En del av det arbetssätt som Volvo Powertrain i Skövde arbetar efter kan även följas för Volvo Aeros reservdelshantering. Vid nyanskaffning av en utrustning så är ett steg i Skövdes reservdelshantering att leverantören anger uppgifter om till exempel reservdelars livslängd, fabrikat och artikelnummer. Detta kan användas för Volvo Aeros reservdelshantering vilket underlättar för möjligheten av olika leverantörer, eventuellt lägre pris och kortare leveranstid på reservdelar.

#### 3.1 Lagerläggning

Skälet till att ha ett lager är för att minska tiden för produktionsstopp. Stilleståndstiden och den stilleståndskostnad ett stopp medför minskas om reservdelar finns tillgängliga på företagets förråd när behov uppstår. Nackdelen med lagerläggning av reservdelar är att det medför lagerhållningskostnader, lagerföringskostnader/hanteringskostnader, transportkostnader och administrativa kostnader [2].

##### *Lagerföringskostnad*

Lagerföringskostnad är den kostnad som de lagrade produkterna för med sig i ett lager. Kapitalbindning innebär en låsning av resurser. Pengar har investerats i exempelvis reservdelar för att täcka upp framtida behov. Riskkostnader är andra kostnader som ingår i lagerföringskostnader och innebär exempelvis att reservdelarna kan skadas i samband med hantering, de kan även försvinna eller bli stulna.[2]

### *Lagerhållningskostnad*

Lagring, registrering, utplockning, inventering med mera medför personalkostnader. Lokalkostnader samt utrustning för hantering av varor och administrativa lagersystem är också kostnader som skall inräknas i lagerhållningskostnaden. [2]

### *Transportkostnader*

Inom transportkostnader ingår interna och externa transporter. Oftast sköts den externa transporten av ett transportföretag [2].

### *Administrativa kostnader*

I de administrativa kostnaderna ingår kostnader för ordermottagning, fakturering, ekonomisk uppföljning med mera [2].

## **3.2 Köp vid behov**

Anledningen till att inte ha lager är framförallt de kostnader som nämndes i kapitel 3.1. Oftast är den rekommenderade reservdelslistan från tillverkaren väl tilltagen och problematiken ligger i att välja vilka reservdelar som ska läggas på lager. Det finns ingen mening med att lagerlägga exempelvis reservdelar som inte kommer till användning. Vid köp av ny utrustning kan det vara ekonomiskt fördelaktigt att försöka begränsa avstånden till leverantörer av reservdelar. Detta medför att leveranstider minskas på grund av kortare avstånd. En fördel kan också vara att minska antalet leverantörer för att öka möjligheten till en bättre relation och därmed bättre avtal gällande pris och leverans[5]. Köp vid behov minskar även risken för att reservdelar med begränsad hållbarhet ska bli oanvändbara på grund av inkurans[5].

## **3.3 Lagerlägg alternativt köp vid behov**

För att avgöra om en reservdel skall lagerläggas alternativt köpas vid behov behöver man ta hänsyn till olika faktorer som, sannolikhet att behov uppstår, lagerläggningskostnad, kostnad för produktionsstopp med mera. Lagerläggning av reservdelar medför bland annat kostnader som lagerföring och lagerhantering. Dessa kostnader ska ställas mot vad stilleståndskostnaden blir om reservdelen inte finns på lager. För framförallt köp vid behov är leveranspålitligheten och leveranssäkerheten av stor betydelse. Leveranspålitlighet är ”tillförlitligheten i ledtiden” och leveranssäkerhet är ”rätt vara i rätt mängd med rätt kvalitet” [5]. För att avgöra kostnaden för ett haveri när reservdelen inte finns på lager så måste leveranspålitligheten och leveranssäkerheten vara 100 % annars kan kostnaden öka betydligt.

## **3.4 Kvantitet som skall lagerläggas**

När beslutet om att lagerlägga en reservdel har tagits så måste beslut tas om när beställningen skall utföras och i vilken kvantitet för att undvika brist.

Beställningspunktssystem, periodbeställningssystem och leverantörsstyrda lager är metoder som kan vara användbara för att ta dessa beslut [2].

#### *Beställningspunktssystem*

Beställningspunktssystem är lämpligt att använda då man har en stor förbrukning av artiklar. För att brist av artiklar inte skall uppstå vid användandet av denna metod så måste leverantören upprätthålla en god leveransprecision. En vanlig variant som används är att ha ett system som automatiskt kontrollerar när det är dags att beställa. [2]

#### *Periodbeställningssystem*

Inom dagligvaruhandeln används ofta periodbeställningssystem, då man har en och samma leverantör och kan göra stora beställningar. Beställningarna sker vid bestämda tidpunkter med varierande kvantiteter av artiklar. Detta medför minskade transportkostnader. [2]

#### *Leverantörsstyrda lager*

Med leverantörsstyrda lager överför man allt ansvar på leverantören. Man låter leverantören få tillgång till företagets lageruppgifter och förväntad förbrukning. Leverantören övervakar kundens lagernivåer och fyller på vid behov. För att leverantören inte ska skapa ett onödigt stort lager så sker betalningen till leverantören oftast när materialet plockas ut. [2]

Ovan nämnda metoder är användbara då förbrukning och leveranstid går att uppskatta. När det gäller reservdelar så är det ibland vara svårt att göra en uppskattning av förbrukningen då den kan variera slumpmässigt. Denna slumpmässighet beror bland annat på i vilken miljö maskindelen befinner sig i, beläggningsgrad, olika material som bearbetas i maskin med mera. Saknad av tillräcklig mängd förbrukning av artiklar är också en faktor som försvårar uppskattningen av behovet. Detta försvårar vid val av hur många artiklar som skall beställas. Artiklarna kan delas in i tre olika klasser enligt Volvo Aeros maskinunderhåll, förbrukningsmaterial, förbrukningsreservdelar och försäkringsreservdelar. Exempel på förbrukningsmaterial är säkringar och standargivare, inom kategorin förbrukningsreservdelar ingår exempelvis avstrykare och slangar. För förbrukningsmaterial och förbrukningsreservdelar är förbrukningen en eller flera per år. Försäkringsreservdelar har en låg förbrukning eller ingen alls, det vill säga att tillräcklig mängd historik saknas för att kunna avgöra om något behov kommer att uppstå. Haveri för försäkringsreservdelar kan inträffa inom kort eller om flera år eller inte alls, och de fel som uppstår är plötsliga och inträffar sällan. Med försäkringsreservdelar menas att reservdelen oftast är unik för en viss maskin. Detta kan vara till exempel kretskort, motorer med mera.

### **3.5 Feleffektsanalys**

Feleffektsanalys även kallat FMEA (Failure mode and effect analysis) [6] är en analysmetod som används för att bedöma en produkts funktion, felsätt, felorsaker och felkonsekvenser. När livslängden på reservdelen inte är känd är feleffektsanalys en metod som kan tillämpas. Syftet med feleffektsanalysen är att visa hur en reservdel kan påverka produktion. Utifrån feleffektanalysen skall en bedömning kunna göras för att avgöra om reservdelen ska lagerläggas eller köpas vid behov. FMECA (Failure mode effect and criticality analysis) [6] är en vidareutveckling av FMEA som används för att prioritera förbättringsåtgärder, men också för att lyckas med resurserna. Se bilaga E. Ett risktal räknas fram och de risktalen med högst värde prioriteras oftast. För reservdelshantering kan metoden vara användbar för att prioritera reservdelar sinsemellan då resurserna oftast är begränsade vid reservdelsköp.

## 4 Genomförd förstudie

För att se möjliga förbättringar för maskinunderhållsavdelningens reservdelshantering, har en förstudie gjorts om hur reservdelshanteringen på Volvo Aero fungerar idag. Ytterligare kunskap om hur man arbetar med reservdelshantering har inhämtats från bland annat ett studiebesök hos Volvo Powertrain i Skövde.

### 4.1 Översikt över tidigare arbeten rörande reservdelshantering

Volvo Powertrain i Skövde ansvarar för tillverkning och utveckling av motorer, växellådor och drivaxlar [7]. Tillverkningen i Skövde är flödesorienterad, det vill säga produktflödet bestämmer hur utrustningen skall placeras [8]. Detta är ett effektivt sätt att arbeta efter vid långa produktionsserier med få produktvarianter [2]. Nackdelen med produktionsflödet är att ett stopp i en utrustning leder till att hela linan stannar. Ett lagerförråd innehållande reservdelar gör det möjligt att snabbare återuppta tillgängligheten vid till exempel ett haveri. Efter ett studiebesök hos Volvo Powertrain i Skövde har information inhämtats om deras arbetssätt kring reservdelshantering. Huvudsyftet var att se hur den rekommenderade reservdelslistan hanteras. Arbetssättet börjar vid inköp av maskin där en rekommenderad reservdelslista från maskinleverantören analyseras. En undersökning görs om de rekommenderade reservdelarna finns på företagets förråd. Finns inte reservdelen på förråd sedan tidigare var det tänkt att ett matematiskt verktyg ska avgöra om reservdelen ska lagerläggas. Verktyget som kalkylerar fram ett resultat används inte fullt ut av Skövde, då den oftast visar att reservdelar bör lagerläggas. Skövde gör istället en erfarenhetsbedömning utifrån vad reparatören tror kan behövas på lager. Att använda den erfarenhet som finns på Volvo Aero kan därför vara ett sätt för att hantera reservdelar med exempelvis okänd livslängd. Volvo Powertrain i Skövde är noggranna med att leverantören fyller i efterfrågade uppgifter. För att kunna fatta ett beslut i ett tidigt stadium om reservdelarna ska lagerläggas eller inte är information om exempelvis fabrikat, pris med mera nödvändig. För maskinunderhåll på Volvo Aero är det också viktigt att efterfrågad information erhålls. Ofullständig information kan till exempel leda till dyrare reservdelsköp. Därför är det bra att följa Volvo Powertrains linjer genom att lämna tillbaka listan till leverantören om inte all efterfrågad information erhålls.

På Volvo Aero finns en modell som beräknar beställningspunkt för reservdelar för att till en viss sannolikhet undvika bristkostnad. Beställningspunkten räknas fram med hjälp av poissonfördelning och är användbar då en händelse kan inträffa med liten sannolikhet. För de reservdelar som finns på förråd och som tros få en större åtgång i och med den nya maskinen behöver en ny beställningspunkt räknas fram. Detsamma gäller för nya reservdelar som väljs att lagerläggas. Denna modell syftar till att minska

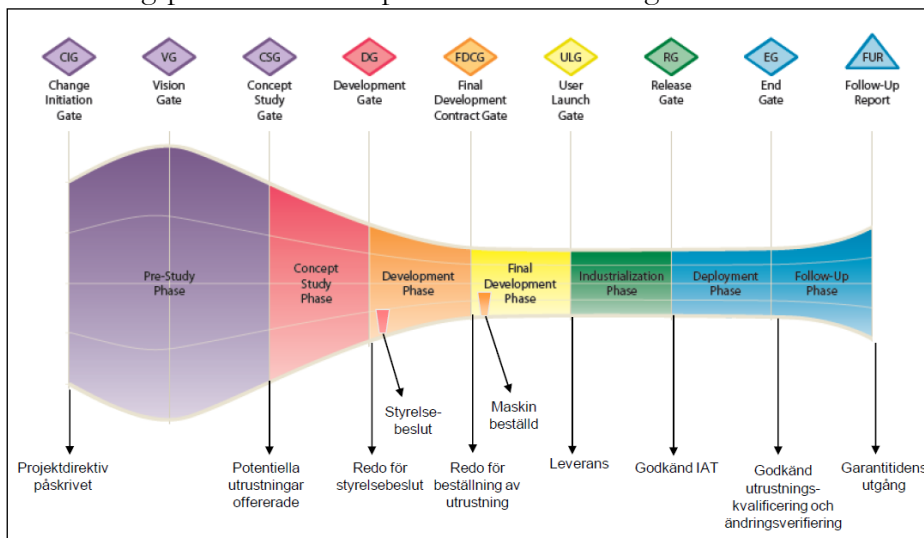
lagernivåer på lagerförda reservdelar och därigenom minska kapitalbindning. Modellen är ursprungligen från Sysstecon som är ett konsultföretag som levererar konsulttjänster och produkter för logistik. Företagets produkter är en uppsättning verktyg som skall ge beslutsstöd inom området systemlogistik. Det finns minst tre produkter som företaget levererar. Opus 10 är likt modellen ett verktyg för att minska lagernivåerna på reservdelar och därigenom minska kapitalbindning [9]. Catloc är en programvara för Life Cycle Cost (LCC) och Life Cycle Profit (LCP) [9]. Catloc ska underlätta uppskattning och jämförelser av kostnader för utveckling, anskaffning, drift och support under livstiden för ett tekniskt system [9].

Arbetsuppgiften var att hitta ett arbetssätt som avgör om vilka reservdelar som ska lagerläggas och inte minska lagernivån på lagerförda reservdelar. Av den orsaken är inte större delen av modellen på Volvo Aero användbar utan endast beställningspunkt och poissonfördelning. Detsamma gäller för de övriga verktygen från Sysstecon.

## 4.2 Reservdelshantering på Volvo Aero

Organisationen på maskinunderhåll består bland annat av reparatörer, inköpare, beredare, planerare och personal för lagerhantering. Som nämnts tidigare i bakgrundsbeskrivningen är maskinunderhåll involverade i tillverkningsstadiet av utrustningar som skall köpas för Volvo Aeros produktionstillverkning. Det finns tekniska specifikationer för vilka maskindelar och styrsystem som ska ingå i utrustningen. Detta för att begränsa varianter av maskindelar med samma funktion, men också för att få användning av den erfarenhet som finns sedan tidigare om befintliga maskindelar och styrsystem. Fördelen blir att nuvarande leverantörer kan användas och möjligheten till användning av tidigare lagerförda artiklar finns.

Anskaffningsprocessen för en produktionsutrustning består av olika faser. Se figur 4.



Figur 4 - anskaffningsprocess

Första delen av anskaffningsprocessen är en förstudie som handlar om att utveckla projektets vision. Med vision menas ett önskvärt framtida tillstånd det vill säga vad denna typ av investering förväntas leda till längre fram i tiden [10]. Förstudien omfattar också att hitta möjliga lösningar genom att bland annat lära från tidigare investeringar. Efter förstudien övergår processen till konceptstadiet där argument samlas för att avgöra hur man ska jobba, vilka tekniska specifikationer som skall ingå samt välja ut lämpliga leverantörer. I utvecklingsstadiet ska en kostnadskalkyl tas fram och en kontroll göras för att se om kravspecifikationerna uppfyllts. I slutfasen ska det finnas en vald maskinlösning. Industrialiseringsfasen innebär bland annat att utbildning på personal ska göras för att kunna hantera maskinen. I den näst sista fasen placeras och installeras maskinen enligt förutbestämda regler och produktionen startar. Slutligen i sista fasen följs målen upp för att se om det har blivit som det var tänkt.

Idag finns tekniska specifikationer i konceptstadiet som kan underlätta för reservdelshantering. I den nuvarande tekniska specifikationen ska maskinleverantören ge rekommendation av reservdelar med tillhörande information som fabrikat, typbenämning med mera. När beslut om vald maskinlösning gjorts erhålls en rekommenderad reservdelslista från maskintillverkaren. Informationen som ska finnas på den rekommenderade reservdelslistan används främst när maskindelar går sönder, för att se vilka möjliga leverantörer som finns. Något arbete med vilka reservdelar som bör finnas tillgängliga görs inte. Den strategi som används idag är att reservdelar beställs hem efter den erfarenhet som erhålls under maskinens drift. När en maskindel exempelvis byts ut ett par gånger på ett halvår, lämnar oftast reparatören önskemål till inköparen att reservdelen borde finnas på förråd. Det finns dock exempel där reservdelar beställts samtidigt som maskin levererats.

Maskinunderhåll har nyligen gjort ett förbättringsarbete för att få bättre information från maskinleverantören gällande reservdelar. Inom den tekniska specifikationen har ett exceldokument lagts till där rekommenderade reservdelar skall anges med bland annat fabrikat och typbeteckning. Det nya dokumentet förtydligar för leverantören vilken information som skall finnas med, om respektive rekommenderad reservdel. Eftersom maskintillverkaren styrs mot ett exceldokument blir det enklare att hantera informationen. Tidigare har maskinleverantören kunnat skicka in rekommenderade reservdelslistor som pdf-fil vilket har försvårat hanteringen.

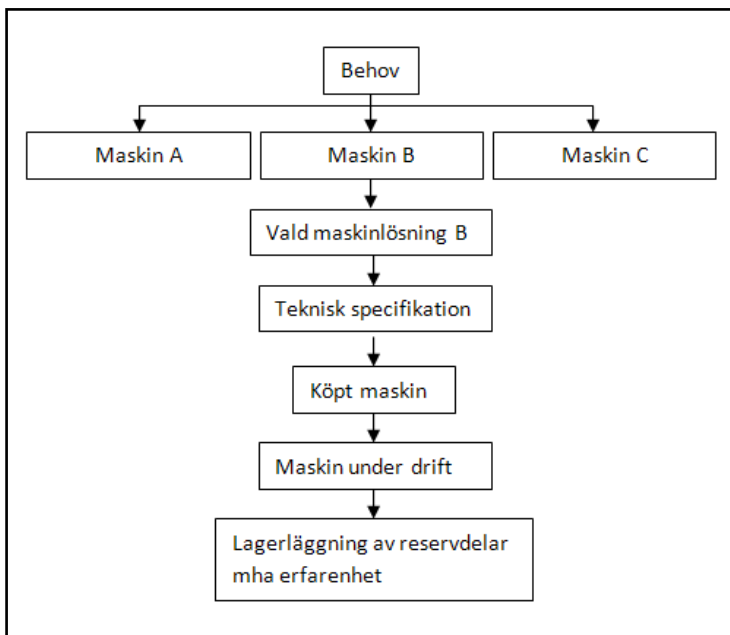
Har maskinleverantören följt den tekniska specifikationen och angett efterfrågad information blir det enklare att titta över vad som finns på Volvo Aeros egna förråd och vilka möjliga leverantörer som finns på marknaden. Det finns fall där rekommenderad reservdelslista erhållits med endast maskintillverkarens artikelnummer och problematiken blir att förutsäga vad för reservdel det rör sig om. När ett behov uppstått har detta medfört till att köp gjorts hos maskintillverkaren. I efterhand har inköparen, systemansvarige eller reparatören kunnat se att inköpta



reservdelar redan funnits på förråd eller att reservdelen varit en standardkomponent som lika gärna hade kunnat köpas hos en annan leverantör till ett lägre pris. Idag pågår också ett arbete med att fylla i bland annat fabrikat och typbeteckning på reservdelar som redan finns på förråd. Syftet är att enklare identifiera reservdelarna och undvika dubbelupplägg och dyrare reservdelsköp.

För att undvika brist av reservdelar som finns på lager idag använder sig maskinunderhåll av en beställningspunkt som genererar till beställning. Beställningen görs av inköparen vid varierande tidpunkter men också i varierande kvantitet.

Figur 5 illustrerar det arbetssätt som Volvo Aero använder sig av idag vid anskaffning av ny maskin.



Figur 5 - Dagens flödeskarta över Volvo Aeros nyanskaffning av utrustning

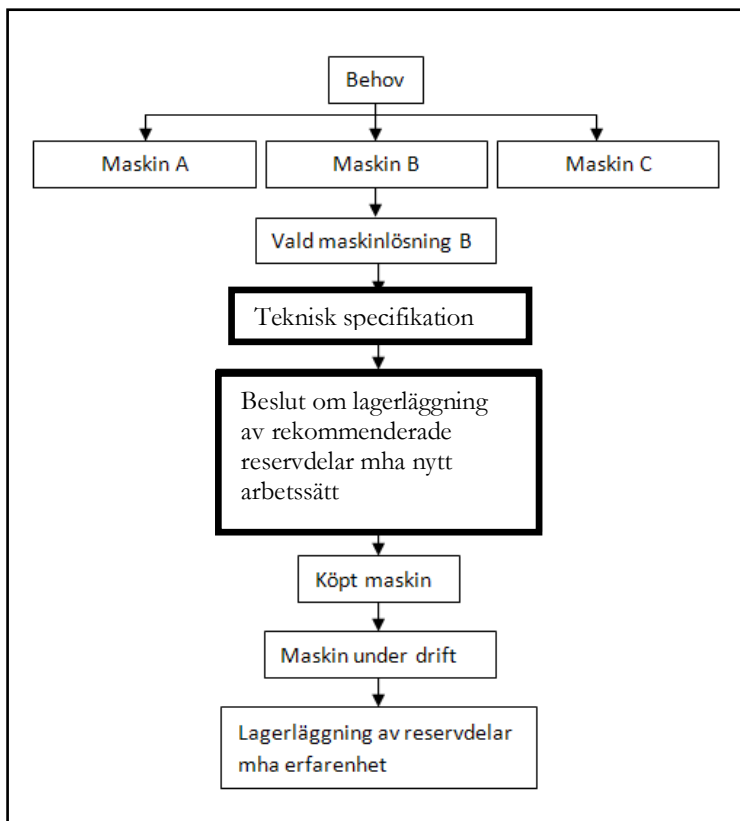
Figuren ovan visar att ett behov uppstår i produktion och anskaffning av en ny maskin behövs för att uppfylla behovet. Det finns i detta fall tre olika maskinmöjligheter där maskin B väljs. Under tiden mellan vald maskinlösning och tills att maskinen är köpt och i drift uppfyller maskinleverantören de krav som finns i den tekniska specifikationen. Där ska bland annat leverantören komma med rekommendation om reservdelar. Som nämnts innan lagerläggs oftast inga rekommenderade reservdelar direkt vid leverans av maskin utan lagerläggning sker under tiden då maskinen är i drift.

## 5 Resultat

För att tillgodose Volvo Aeros behov av tillgänglighet för maskiner i produktion har ett nytt arbetsflöde för reservdelshantering tagits fram. Detta arbetsflöde skall tillsammans med komplettering av nuvarande tekniska specifikation förbättra tillgängligheten. Ett nytt verktyg är dessutom framtaget för att underlätta hanteringen av den rekommenderade reservdelslistan.

### 5.1 Nytt Arbetsflöde

Arbetsflödet ser ut enligt figur 6.



Figur 6 – Arbetsflöde

Figur 6 illustrerar att ett behov uppstår i produktion och en investering görs av en ny utrustning för att producera önskad mängd. Det finns i detta fall tre olika maskinmöjligheter där maskin B väljs. Under tiden mellan vald maskinlösning och tills att maskinen är köpt och i drift uppfyller maskinleverantören de krav som finns i den tekniska specifikationen. Där ska bland annat leverantören komma med rekommendation om reservdelar. Det nya arbetssättet innebär att beslut om lagerläggning för de rekommenderade reservdelarna skall tas innan maskin är i drift. Fyra följande steg ska utföras för att kunna avgöra lagerläggning eller inte. Steg ett är att se över vilka av de rekommenderade reservdelarna som finns på Volvo Aeros egna förråd. Steg två är att ta fram en ny beställningspunkt för de reservdelar som redan finns på förråd förutsatt att förbrukningen kommer att öka. För de reservdelar som

inte finns på förråd finns två olika scenarion, reservdelar med känd livslängd och inte känd livslängd. Steg tre är att val om lagerläggning räknas ut matematiskt då livslängden för reservdelen är känd. Steg 4 innebär att feleffektsanalys skall användas för reservdelar med icke känd livslängd.

## 5.2 Komplettering av teknisk specifikation

I den nuvarande tekniska specifikationen skall maskinleverantören komma med rekommendation av reservdelar för den nya utrustningen. Med de rekommenderade reservdelarna skall även information som till exempel fabrikat, typbeteckning om dessa erhållas. För att det nya arbetssättet skall fungera så behöver den nuvarande tekniska specifikationen kompletteras. Följande kompletteringar bör göras:

- Felintensitet
- Reparerbarhet
- Kvantitet av reservdelen som finns i utrustningen

## 5.3 Verktyg för reservdelshantering

Verktyget är framtaget för att förenkla framtida reservdelshantering. Informationen som erhålls från maskinleverantören ska tillsammans med information om företagets reservdelar kunna läggas in i verktyget, vilket ska resultera i om reservdelarna ska lagerläggas eller köpas vid behov, se bilaga C. Verktyget består av sex delar.

*Del 1:*

I den första delen ska information på reservdelarna från maskinleverantören jämföras med information på Volvo Aeros redan lagerförda reservdelar. Artikelbenämning, fabrikat och typbeteckning är exempel på information som kan användas för att matcha lagerförda reservdelar med rekommenderade reservdelar. Se figur 7.

Reservdelar på förråd			Rekommenderade reservdelar		
Artikelbenämning	Fabrikat	Typ-beteckning	Artikelbenämning	Fabrikat	Typ-beteckning
Rem	siemens	825669	Rem	siemens	825669
block	ahlsell	12004520	lampa	ABB	202552yy
klocka	ABB	2210	lager	SKF	1204455
lampa	ABB	202552yy	Givare	siemens	100233
Lager	Siemens	1211			
Avstrykare	Siemens	12121212			
Filter	ABB	aa414123			
givare	siemens	100233			

Figur 7 - Del 1 i verktyget för reservdelshantering

När informationen klistrats in i verktyget startas en sökning för att se om någon av de rekommenderade reservdelarna redan finns på förråd. Se bilaga D.

## Del 2:

Del 2 visar de rekommenderade reservdelarna som redan finns på Volvo Aeros lager, se figur 8.

Lagerförda artiklar						
Artikelbenämning	Fabrikat	Typbeteckning	Leveranstid(veckor)	felfrekvens(uttag per år)	Önskad tillgänglighet	Beställningspunkt
Rem	siemens	825669	2	3	0,98	1
lamp	ABB	202552yy	1	20		2
Givare	siemens	100233	2	5		1

Figur 8 - Lagerförda reservdelar

För de lagerförda reservdelarna finns redan en beställningspunkt framtagen sedan tidigare. Beställningspunkten ska uppdateras vid förändring av behov. Den nya beställningspunkten påverkas av i leveranstiden, felfrekvensen och den önskade tillgängligheten i lager för reservdelarna.

## Del 3:

I den tredje delen visas de rekommenderade reservdelar som inte finns på förråd sedan tidigare, se figur 9.

Ej lagerförda artiklar			
Artikelbenämning	Fabrikat	Typbeteckning	Känd livslängd ja=1/nej=0
lager	SKF	1204455	1

Figur 9 - Ej lagerförda reservdelar

I den tredje delen av verktyget avgörs om lagerläggning ska beräknas matematiskt eller om feleffektsanalys ska utföras. För reservdelar med känd livslängd beräknas valet om lagerläggning ut matematiskt. Saknas livslängd används feleffektsanalys.

## Del 4:

För reservdelar med känd livslängd beräknas valet om lagerläggning matematiskt. Leveranstid, reservdelskostnad, livslängd, lagerränta, skiftgrad och stilleståndskostnad är faktorer som tillsammans med formeln från bilaga B avgör om en reservdel ska lagerläggas eller inte. Se figur 10.

Ej lagerförda artiklar: Matematisk beräkning										
Artikelbenämning	Fabrikat	Typbeteckning	Leveranstid(veckor)	Reservdelskostnad	Livslängd	Lagerränta	Skiftgrad	Stilleståndskostnad	Åtgärd	
lager	SKF	1204455	1,000	5000	3	0,3	1	1500	Lagerlägg	

Figur 10 - Ej lagerförda reservdelar med känd livslängd

## Del 5:

Om en uppskattning på livslängden inte går att göra så skall en feleffektsanalys göras, se bilaga E. Feleffektsanalysen är en hjälp för att avgöra om reservdelen skall lagerläggas eller inte. Figur 11 visar hur formuläret för en feleffektsanalys kan se ut.

Ej lagerförda artiklar: Feleffektsanalys															
Nr	Komponent	Felmöjlighet	Feleffekt	Felorsak	Nuvarande tillstånd					Efter åtgärd					Lagerlägg ja/nej?
					kontroll	Po	S	Pd	RPN	Åtgärd	Po	S	Pd	RPN	
1									0					0	
2									0					0	
3									0					0	
4									0					0	
5									0					0	
6									0					0	
7									0					0	
8									0					0	
9									0					0	

Figur 11 - Feleffektsanalys

## Del 6:

Verktygets sista del är en sammanställning för samtliga rekommenderade reservdelar. För reservdelar som finns på förråd sedan tidigare visas en ny beställningspunkt. För de reservdelar som inte finns på förråd visas resultatet om lagerläggning eller inte.

Färdig Lista										
Lagerförda artiklar					Ej lagerförda artiklar					
Artikelbenämning	Fabrikat	Typbeteckning	Beställningspunkt		Artikelbenämning	Fabrikat	Typbeteckning	Lagerlägg?		
Rem	siemens	825669		1	lager	SKF	1204455	Lagerlägg		
lampa	ABB	202552yy		2						
Givare	siemens	100233		1						

Figur 12 - Färdiglista

## **6 Analys och diskussion**

Maskinunderhåll har under en tid varit en utomstående avdelning från Volvo Aero. Detta har medfört att vid anskaffning av ny utrustning så har maskinunderhåll haft mindre möjlighet att påverka anskaffningsprocessen. När ett behov uppstått i tillverkningen och en ny utrustning behövs så finns exempel på att man köpt in maskiner utan att den tekniska specifikationen varit uppfylld. Detta har medfört till att information om exempelvis reservdelar från maskintillverkaren oftast varit otillräcklig vilket har bland annat försvårat identifieringen av dem. Maskintillverkaren ser en eftermarknad i reservdelar och har ibland gett för lite information om reservdelarna. Det har bland annat medfört till att dubbelupplägg gjorts på likadana reservdelar och att även köp gjorts av reservdelar till ett högre pris. För att undvika detta är det därför viktigt att maskintillverkaren anger efterfrågad information. Kravet finns i den tekniska specifikationen och bör därför uppfyllas.

Den strategi som oftast används idag för att lagerlägga reservdelar är den erfarenhet som fås om befintliga maskiner och reservdelars åtgång under tiden då utrustningen är i drift. Strategin medför både fördelar och nackdelar. Fördelen är att inga resurser används för hantering av reservdelslistan samtidigt som kapitalbindning och lagerhållningskostnad hålls nere. Nackdelen är att det vid haveri blir ett längre produktionsstopp när reservdelen eller reservdelarna inte finns på lager. Har maskinen unika reservdelar är dessa oftast inte tillgängliga direkt utan måste tillverkas vilket leder till ett kostsamt produktionsstopp vid eventuellt haveri.

Den nya strategin blir att hantera reservdelslistan innan maskin sätts i produktion. Syftet med strategin är att kunna möta reservdelsbehovet och få en mer lönsam reservdelshantering jämfört med idag. Att kombinera matematiska formler med feleffektsanalys anser författarna vara ett bra sätt för att besluta om vilka rekommenderade reservdelar som skall lagerläggas och vilka som skall köpas vid behov. Fördelen är att inte endast matematiska formler avgör om en reservdel skall lagerläggas utan även den erfarenhet som finns inom maskinunderhåll. Matematiska formler kan visa att reservdelen bör lagerläggas men det som de matematiska formlerna inte tar hänsyn till är vilken effekt den havererade maskindelen medför. En maskindel som havererar behöver inte innebära ett produktionsstopp. Genom att göra en feleffektsanalys så kan maskindelens påverkan på produktion fås fram.

En nackdel med att hantera reservdelslistan med hjälp av det nya arbetssättet är det krävs resurser. Resurser som arbetstid av bland annat reparatörer och inköpare är nödvändiga för att komma fram till ett beslut. Det finns dessutom inga garantier att den reservdel som valts för lagerläggning kommer till användning.

Feleffektsanalys är en metod som kan göras väldigt detaljerad och är därför viktig att begränsa. En begränsning kan exempelvis vara att endast fem av de vanligaste

felorsakerna för en reservdel ska undersökas. De fem felorsakerna bör då räcka för att ett beslut om lagerläggning av reservdelen ska göras.

Det nya verktyget som är framtaget för att underlätta reservdelshanteringen är inte användbart fullt ut i nuläget. Det beror på flera omständigheter. För det första så måste det finnas fabrikat och typbeteckning på Volvo Aeros lagerförda reservdelar i systemet. Detta för att kunna överföra information om lagerförda reservdelar till verktyget och identifiera likheten med rekommenderade reservdelar. Arbetet pågår med att föra in uppgifterna i systemet om lagerförda reservdelar. En annan orsak som är avgörande om identifieringen skall fungera för verktyget är att till exempel fabrikat och typbeteckning skrivs på samma sätt. Även en liten skillnad på hur typbeteckning och fabrikat skrivs mellan maskinleverantör och det som är inlagt i systemet får verktyget att uppfatta två lika reservdelar som olika. Detta medför att verktyget inte är lämplig för användning vid identifiering av reservdelar i nuläget.

Komplettering av den tekniska specifikationen anses av författarna som nödvändig för det nya arbetssättet. Detta medför att arbetet med att ta fram vissa uppgifter om rekommenderade reservdelar kan undvikas förutsatt att leverantören talar sanning. Ett exempel kan vara felintensiteten på ett lager. Istället för att själv leta upp förbrukningen på ett liknande lager sparas resurser genom att leverantören gör det jobbet.

## **7 Slutsatser och framtida arbete**

För att kunna göra en bedömning om reservdelarna ska lagerläggas eller inte behövs information som erhålls av leverantören. Av den orsaken gäller det att se till att leverantören fyller i önskad information vilket ger flera fördelar, bland annat att dubbelupplägg i förråd undviks och möjlighet till inköp av reservdelar till lägsta pris ges.

I den tekniska specifikationen har ett exceldokument lagts till av maskinunderhåll där rekommenderade reservdelar skall anges med bland annat fabrikat och typbeteckning. Eftersom maskintillverkaren styrs mot ett exceldokument blir det enklare att hantera informationen och tillämpa det nya framtagna verktyget.

Med hjälp av arbetssättet används informationen om de rekommenderade reservdelarna från maskinleverantören men också den erfarenhet som finns inom avdelningen. En positiv effekt som det framtagna arbetssättet förväntas medföra är att behov av reservdelar kommer upptäckas i ett tidigare skede jämfört med idag. Detta resulterar i kortare produktionsstopp och mindre stilleståndskostnad i och med att reservdelarna finns tillgängliga. Arbetssättet kommer även medföra att kunskap om maskinen och dess maskindelar ökar.

Feleffektsanalys som ingår i arbetssättet bör också begränsas så det inte blir för detaljerat. Ett exempel på begränsning kan vara att endast fem felorsaker analyseras för de reservdelar där feleffektsanalys ska tillämpas.

Förutsättningen för att kunna använda verktyget fullt ut är att det finns fabrikat och typbeteckning på alla lagerförda reservdelar men också att fabrikat och typbeteckning skrivs på lika sätt av maskinleverantören och Volvo Aero. Detta medför att verktyget inte är lämplig för användning vid identifiering av reservdelar i nuläget.

Utöver det som finns i dagens tekniska specifikation bör felintensitet, reparerbarhet och kvantitet av reservdelen som finns i utrustningen tilläggas. Dessa tillägg är avgörande faktorer för om reservdelarna ska lagerläggas eller inte.

För att undvika dubbelupplägg av reservdelar rekommenderas fortsatt arbete med att fylla i bland annat fabrikat och typbeteckning på samtliga reservdelar på förråd. Ett framtida arbete kan också vara att se över om möjlighet finns att ha ett gemensamt förråd med andra företag för reservdelar med okänd livslängd eller historik. Detta för att arbetssättet inte garanterar att rätt beslut tas om varje reservdel. Även utbyte av information mellan företag med liknande utrustningar kan var ett alternativ som hjälper för val av vilka reservdelar som bör lagerläggas.



## Källförteckning

1. Volvo Aero AB, internetreferens: [http://www.volvoaero.com/volvoaero/se/sv-se/aboutus/our\\_history/Pages/how\\_it\\_all\\_began.aspx](http://www.volvoaero.com/volvoaero/se/sv-se/aboutus/our_history/Pages/how_it_all_began.aspx) [2011-03-07 14:01]
2. Oskarsson, Björn & Aronsson, Håkan & Ekdahl, Bengt (2006). *Modern logistik*. 3 uppl. Malmö: Liber.
3. Trost, Jan (2010). *Kvalitativa intervjuer*. 4 uppl. Lund: Studentlitteratur.
4. Högberg, Fredrik & Johansson, Oskar (2005). *Hantering och lagerföring av reservdelar vid Stora Enso Skoghall* institutionen för ekonomi. Kth
5. Lumsden, Kenth, (2006). *Logistikens grunder*. 2 uppl. Lund: Studentlitteratur.
6. Bergman, Bo & Klefsjö, Bengt (2009). *Kvalitet från behov till användning*. 4 uppl. Lund: Studentlitteratur AB.
7. Volvo Powertrain, internetreferens: [http://www.volvogroup.com/group/sweden/sv-se/Volvo%20Group/our%20companies/volvopowertrain/pages/volvo\\_powertrain.aspx](http://www.volvogroup.com/group/sweden/sv-se/Volvo%20Group/our%20companies/volvopowertrain/pages/volvo_powertrain.aspx) [2011-03-18 09:43]
8. Matsson, Stig Arne & Jonsson, Patrik (2003). *Produktionslogistik*. 1:7 uppl. Lund: Studentlitteratur AB
9. Systecon AB, internetreferens: [http://www.systecon.se/case/C1\\_Product\\_Overview/](http://www.systecon.se/case/C1_Product_Overview/) [2011-03-15 11:43]
10. Skärvad, Per-Hugo & Olsson, Jan (2007). *Företagsekonomi 100*. 13 uppl. Malmö: Liber.
11. Körner, Svante & Lars, Wahlgren (2006). *Statistisk dataanalys*. 4. uppl. Lund: Studentlitteratur.

## A. Beräkning av beställningspunkt

För att matematiskt beräkna beställningspunkten så används poissonfördelning [11]. Indata som krävs är ledtid, felintensitet och antal händelser som motsvaras av antal artiklar som tas ut ur lagret. Beräkningsmodellen fungerar på så sätt att användaren bestämmer vad sannolikheten ska vara för att det inte skall uppstå brist på artiklar. Användaren bestämmer även felintensiteten och leveranstiden för artiklarna. När sannolikheten, felintensiteten och leveranstiden är angivna tar programkoden fram beställningspunkten för respektive artikel. Se Poissonformeln och programkoden nedan.

*Poissonformel:*

\_\_\_\_\_

$\lambda$  = Felintensitet

t = Leveranstid

n = Antal artiklar

p = Sannolikhet

*Programkod:*

Sub Beställningspunkt

SlutCell = 26

t = Cells(5, 7) // I cell (5, 7) anges önskad sannolikhet.

Row = 5

Do Until Cells(SlutCell, 8).Value > t

Do Until Cells(Row, 8).Value > t // Här startar beräkningen för n-artiklar och körs tills sannolikheten är uppfylld.

Cells(Row, 9) = Cells(Row, 9) + 1 // I cell(5, 9) visas beräknad beställningspunkt.

Loop

Row = Row + 1

Loop

EndSub

## B. Beräkningsmodell för val av lagerläggning eller köp vid behov

Då tidigare erfarenhet om en rekommenderad reservdel saknas och underhållspersonal vill göra en bedömning om reservdelen skall läggas på lager eller köpas vid behov så har en beräkningsmodell tagits fram. Modellen jämför kostnaden för att lagerlägga reservdelen mot kostnaden att utrustningen står still på grund av väntan på en reservdel beräkningsformler se nedan.

$$\text{Kostnad för köp vid behov} = \text{Stilleståndskostnad} * \text{Leditid}$$

$$\text{Kostnad för att lagerlägga} = \text{Reservdelskostnad} * \text{Lagerränta}$$

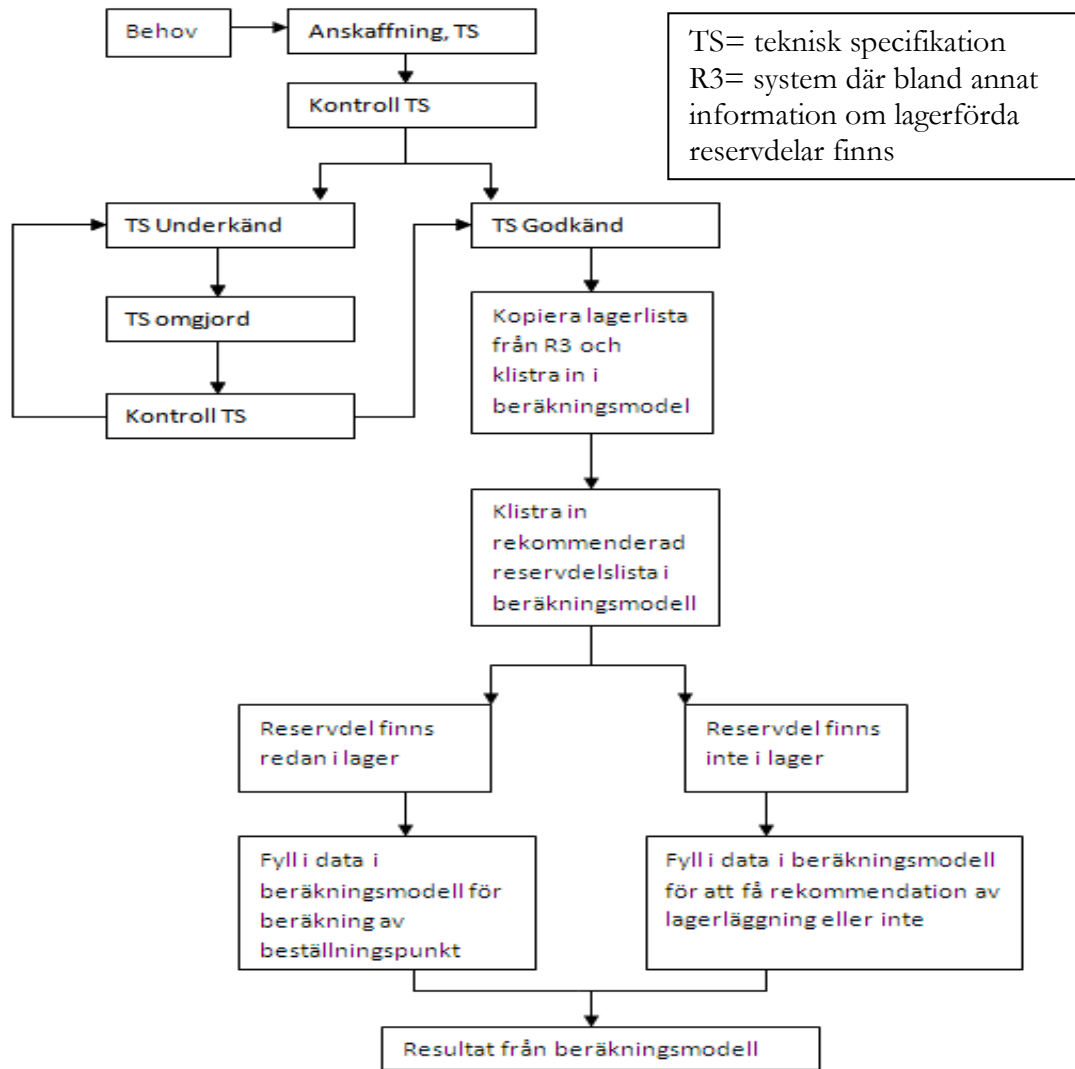
För att underlätta bedömningen av att lagerlägga eller köpa vid behov är att räkna ut en brytpunkt. Brytpunkten är hur många år reservdelen måste ligga på lager för att kostnaden skall bli lika stor som köp vid behov. I den är att reparatören gör en bedömning om maskindelen går sönder innan X antal år så rekommenderar modellen att delen läggs på lager. Beräkningsformel för brytpunkt se nedan.

X = antal år i lager

$$\text{Lagerränta} * \text{Reservdelsränta} * X = \text{Stilleståndskostnad} * \text{Leditid}$$

$$X = (\text{Stilleståndskostnad} * \text{Leditid}) / (\text{Lagerränta} * \text{Reservdelskostnad})$$

### C. Flödesschema reservdelshantering



Figur 13 - Flödesschema för verktyg och reservdelshantering

## D. Programkod makro för sökning av artiklar i lager

Programkod är framtagen för att identifiera lika reservdelar. Varje cell från F5 till F50 matchas ihop med en cell från C5 till C100. Om en cell matchar med en annan cell skrivs fabrikatet ut, annars inte. Typbeteckningen har samma kod men ett annat sökningsområde(det vill säga Range och CompareRange). Syftet med detta är att jämföra fabrikat och typbeteckning på rekommenderade reservdelar och på de som finns på lager sedan tidigare.

Programkod:

```
Sub Find_Matches()
```

```
    Dim CompareRange As Variant, x As Variant, y As Variant
```

```
    ' Ange CompareRange till området som markeringen ska jämföras med.
```

```
    Set CompareRange = Range("C5:C100")
```

```
    ' Söksområdet är mellan C5 och C100. Möjlighet att ändra finns.
```

```
    ' Gå igenom alla celler i området och jämför dem med
```

```
    ' Varje cell i CompareRange.
```

```
    For Each x In Selection
```

```
        For Each y In CompareRange
```

```
            If x = y Then x.Offset(0, 2) = x
```

```
        Next y
```

```
    Next x
```

```
End Sub
```

```
Sub fabrikat()
```

```
' fabrikat Macro
```

```
    Range("F5:F50").Select
```

```
    Application.Run ""Modell för reservdelshantering ny.xlsm"!Module1.Find_Matches"
```

```
End Sub
```

## E. FMECA (failure mode effects and criticality analysis)

Standardformulär för FMECA illustreras i figur 14.

FMECA															
Nr	Komponent	Felmöjlighet	Feleffekt	Felorsak	Nuvarande tillstånd					Efter åtgärd					Lagerlägg ja/nej?
					kontroll	Po	S	Pd	RPN	Åtgärd	Po	S	Pd	RPN	
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															

Figur 14 - Standard formulär FMECA

Ett risktal räknas fram för felmöjligheter för olika komponenter (reservdelar) och de risktalen med högst värde prioriteras oftast. För reservdelshantering kan metoden vara användbar för att prioritera reservdelar sinsemellan då resurserna oftast är begränsade vid reservdelsköp. Risktalet benämns oftast som risk priority number(RPN) och räknas ut som produkten av probability of occurrence(Po), severity(S) och probability of detection(Pd). Po, S och Pd innebär sannolikheten att ett fel uppstår, hur allvarligt felet är och hur stor sannolikheten är att felet upptäcks [6]. Po, S och Pd bedöms enligt poängskalan nedan.

### **Po (Sannolikhet för förekomst)**

Kriterium	Värde
Avlägsen möjlighet	1
Låg sannolikhet	2-3
Moderat sannolikhet	4-6
Hög sannolikhet	7-8
Mycket hög sannolikhet	9-10

### **S(Allvarlighet)**

Kriterium	Värde
Osannolikt att felet kommer ha någon märkbar inverkan	1
Obetydlig inverkan	2-3
Märkbar inverkan, t.ex. som besvärande oljud eller viss funktionsnedsättning	4-6
Avsevärd olägenhet som nödvändiggör reparation	7-8
Mycket allvarligt. Risk för personskada eller lagbrott	9-10

***Pd(Sannolikhet för upptäckt)***

<i>Kriterium</i>	<i>Värde</i>
Mycket hög sannolikhet att felet upptäcks	1
Hög sannolikhet att felet upptäcks	2-3
Moderat sannolikhet att felet upptäcks	4-6
Låg sannolikhet att felet upptäcks	7-8
Mycket låg sannolikhet att felet upptäcks	9-10

$$\text{RPN} = \text{Po} * \text{S} * \text{Pd}$$