



LUNDS UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

**Institutionen för teknisk ekonomi och logistik**  
*Avdelningen för produktionsekonomi*

# **Från reparationer till driftsäkerhet**

## **– Planering och uppföljning av underhåll för spårburna fordon vid Roslagståg AB**

Författare: Christian Johansson

Handledare: Hans Ahlmann



## - Förord -

Med detta examensarbete sätter jag punkt för min civilingenjörsutbildning i Industriell ekonomi vid Lunds Tekniska Högskola.

Examensarbetet har utförts under vårterminen 2010 på Roslagståg AB med stöd och handledning från Interfleet Technology AB. Det har varit ett mycket spännande och utmanande projekt och jag har fått en mängd nya kunskaper inom en bransch som jag aldrig tidigare varit i kontakt med.

Jag skulle vilja rikta ett stort tack till Niklas Johansson på Interfleet som har visat mig ett stort förtroende under hela arbetets gång. Tack också till Emma Lindahl och Fredrik Folkesson på Interfleet för alla uppmuntrande ord och roliga diskussioner på kontoret. Jag vill också tacka Hans Ahlmann för alla goda råd och synpunkter, det har varit väldigt inspirerande att få ta del av din stora kunskap och fantastiska energi.

Ett extra stort tack vill jag också ge till Patrik Viss på Roslagståg för alla goda kakor och det vänliga och öppna mottagandet jag fick varje gång jag kom på besök. Sluta aldrig vara nyfiken!

Slutligen vilja tacka min familj och min underbara flickvän för allt stöd ni har gett mig under min studietid. Utan er hade jag inte klarat det.

Med förhoppningar om en mildare vinter 2010/2011

Stockholm, juni 2010

---

Christian Johansson

## - Sammanfattning -

- Titel:** *Från reparationer till driftsäkerhet - Planering och uppföljning av underhåll för spårburna fordon vid Roslagståg AB*
- Författare:** Christian Johansson
- Handledare:** Hans Ahlmann, Institutionen för teknisk ekonomi och logistik, Lunds universitet  
Niklas Johansson, Interfleet Technology AB
- Bakgrund:** Sedan den 7 januari 2003 bedriver *Roslagståg AB*, på uppdrag av AB Storstockholms lokaltrafik (SL), tågtrafiken på Roslagsbanan i Stockholms nordöstra delar. År 2008 övertog Roslagståg även ansvar för underhållet av de fordon som trafikerar Roslagsbanan. Roslagståg önskar se över sin underhållsprocess för att kunna skapa ett mer långsiktigt underhåll och kunna tillhandahålla en säker, pålitlig och robust tågtrafikdrift.
- Syfte:** Att sammanställa och analysera Roslagstågs underhållsprocess och utifrån detta ge rekommendationer om förbättringar för att utveckla underhållsverksamheten.
- Avgränsningar:** Arbetet fokuserar på planering och uppföljning av underhållsverksamheten. Områden såsom framtagandet av underhållsplanen, lagerstyrning av reservdelar samt det praktiska genomförandet av underhållet berörs inte. Faktorer såsom säkerhets- eller miljöfrågor behandlas inte heller.
- Metod:** Studien är utförd enligt fallstudiemetodiken med en abduktiv ansats. Datainsamling har skett genom intervjuer med personer på Roslagståg och Interfleet Technology samt genom studiebesök och arkivanalys.

**Slutsatser:**

Underhållsverksamheten på Roslagståg kan ses som reaktiv och reparationsorienterad. För att kunna ta nästa steg i utvecklingen av ett mer proaktivt och funktionssäkerhetsorienterat underhåll bör följande åtgärder genomföras:

- Den övergripande målsättningen med underhållet bör förändras till att fokusera på ökad driftsäkerhet och ökad kostnadseffektivitet. Detta för att skapa långsiktighet och belysa underhållets bidragande till en ökad lönsamhet för Roslagståg som helhet.
- Planeringen av vagnomlopp bör integreras med en långsiktig planering av underhållsåtgärder. Detta för att minska andelen avbrutna vagnomlopp och minska oförutsägbarheten i kilometerproduktionen. Därigenom möjliggör man en längre planeringshorisont för utförandet av tillsyner och översyner.
- Uppföljningen av den interna underhållsprestationen bör förbättras och kopplas till den övergripande målsättningen med underhållsverksamheten.
- Uppföljningen av fordonsfel bör bli mer systematiskt och baseras på *orsaken* istället för *symptomet* till felet.

**Nyckelord:**

Underhållsplanering, Uppföljning av underhåll, Driftsäkerhet, Spårfordon

- Abstract –

- Title:** *From repairs to availability –Planning and Evaluation of the Railway Vehicle Maintenance at Roslagståg AB*
- Author:** Christian Johansson
- Supervisors:** Hans Ahlmann, Department of Industrial Management and Logistics, Lund University  
Niklas Johansson, Interfleet Technology AB
- Background:** Since the 7th of January 2003 the railway services at Roslagsbanan in Stockholm is carried out by Roslagståg AB on assignment of Stockholm Public Transport (SL). In 2008 Roslagståg also got of the responsibility to perform maintenance on the railway vehicles at Roslagsbanan.  
  
Roslagståg wishes to examine their current maintenance process with the purpose to create a more long-term, safe, and reliable railway service at Roslagsbanan.
- Purpose:** To compile and analyze the current maintenance process at Roslagståg with the purpose to find possibilities for improvements.
- Delimitations:** The study is focused on the planning and evaluation of the maintenance activities. Areas such as the development of the maintenance program, inventory control and the maintenance execution are not considered. Safety and environmental issues are also not considered.
- Method:** A case-study methodology with an abductive approach is used to execute this study. The collection of data has been performed by the use of interviews, observations and record analysis.

**Conclusions:**

The maintenance organization at Roslagståg is to be considered as reactive and repair-focused. To be able to take the next step in the development of a pro-active and reliability-focused maintenance organization the following actions should be performed:

- The main objective of the maintenance should be changed to improved availability and higher cost effectiveness to create a long-term focus and to illustrate how the maintenance organization contributes to increased profitability at Roslagståg.
- The train allocation planning should be integrated with the long-term planning of maintenance activities to reduce the unpredictability of the distance covered by each vehicle. This action will simplify the everyday planning of the preventive maintenance.
- The evaluation of the internal maintenance performance should be improved and be connected to the main objective of the maintenance organization.
- The follow-up of failures should be more systematic and should be based on the *root-cause* of the failure instead of the *symptom* of the failure.

**Keywords:**

Maintenance planning, Maintenance evaluation, Availability, Railway Vehicles.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning .....</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Problembeskrivning och syfte .....	2
1.3	Omfattning och begränsningar .....	2
1.4	Rapportens struktur.....	3
<b>2</b>	<b>Metodik .....</b>	<b>5</b>
2.1	Vetenskapliga studietyper och metoder .....	5
2.1.1	<i>Explorativa, deskriptiva, explanativa och normativa studier .....</i>	<i>5</i>
2.1.2	<i>Kvalitativa och kvantitativa forskningsmetoder .....</i>	<i>6</i>
2.1.3	<i>Induktion, deduktion och abduktion .....</i>	<i>7</i>
2.2	Vald metodik .....	8
2.2.1	<i>Forskningskvalitet.....</i>	<i>8</i>
2.2.2	<i>Kritik av metodik.....</i>	<i>9</i>
2.3	Praktiskt genomförande .....	10
<b>3</b>	<b>Teoretiskt ramverk .....</b>	<b>13</b>
3.1	Introduktion till underhåll.....	13
3.1.1	<i>Anpassning av underhållsteori till järnvägsbranschen .....</i>	<i>13</i>
3.1.2	<i>Underhållets historiska utveckling.....</i>	<i>14</i>
3.2	Några underhållsbegrepp och koncept .....	17
3.2.1	<i>Avhjälpande och förebyggande underhåll .....</i>	<i>17</i>
3.2.2	<i>Driftsäkerhet.....</i>	<i>17</i>
3.2.3	<i>Tillgänglighet.....</i>	<i>19</i>
3.2.4	<i>Funktionssäkerhetsorienterat underhåll .....</i>	<i>20</i>
3.2.5	<i>RCM – Reliability Centred Maintenance.....</i>	<i>23</i>
3.2.6	<i>CMMS – Computerized Maintenance Management System.....</i>	<i>24</i>



3.3	Underhållsprocessen.....	24
3.3.1	Planering och återkoppling av underhållsåtgärder .....	26
3.3.2	Mätning och utvärdering av underhållsprestationen .....	28
3.4	Underhåll av spårfordon.....	30
3.4.1	Aktörer .....	30
3.4.2	Styrdokument .....	31
<b>4</b>	<b>Nulägesbeskrivning .....</b>	<b>33</b>
4.1	Roslagstågs verksamhet.....	33
4.1.1	Fordonsunderhåll.....	35
4.1.2	Trafik.....	37
4.1.3	Service .....	37
4.2	Roslagstågs underhållsprocess.....	38
4.2.1	Mål och krav .....	38
4.2.2	Underhållsprogram .....	39
4.2.3	Planering.....	39
4.2.4	Utförande .....	40
4.2.5	Datainsamling .....	40
4.2.6	Analys och återkoppling .....	41
<b>5</b>	<b>Analys.....</b>	<b>45</b>
5.1	Roslagstågs underhållsprocess.....	45
5.1.1	Mål och krav .....	45
5.1.2	Planering.....	46
5.1.3	Datainsamling, analys och återkoppling .....	50
<b>6</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>Slutsatser och rekommendationer .....</b>	<b>56</b>
7.1	Slutsatser .....	56
7.2	Rekommendationer .....	57

7.2.1	<i>Koppling mellan målsättningar och uppföljning av intern prestation. ....</i>	57
7.2.2	<i>Uppföljning av fordonsfel. ....</i>	60
7.2.3	<i>Integrering av underhållsåtgärder i vagnsomloppsplanering. ....</i>	60
7.2.4	<i>Implementering av åtgärder i nuvarande underhållsprocess. ....</i>	62
7.3	Uppslag till nya studier .....	65
<b>Referenser.....</b>		<b>67</b>
<b>Bilagor .....</b>		<b>I</b>
	Bilaga 1 – Daglig kilometerproduktion för ett urval av vagnar .....	II
	Bilaga 2 – Orsaker till brutna vagnsomlopp .....	IV
	Bilaga 3 – Excel-modell för beräkning av tillgänglighet och nyckeltal.....	V

## Figurförteckning

Figur 1.1 Rapportens struktur.....	4
Figur 3.1 Underhållets utveckling under 1900-talet (Johansson, 1997, urspr. Franzén, 1993).....	15
Figur 3.2 Utveckling av nya underhållsteorier (Ahlmann & Borgström, 2010) .....	16
Figur 3.3 Underhållsparadigm (Parida & Kumar, 2006) .....	16
Figur 3.4 Driftssäkerhetsfaktorer (jmf. Johansson 1997).....	18
Figur 3.5 Resan från ett reparationsorienterat till ett funktionssäkerhetsorienterat underhåll (Dunn, 2003). .....	22
Figur 3.6. Underhållsprocessen (jmf. Espling 2004, urspr. Kumar 2001) .....	25
Figur 3.7 Arbetscykel för underhållsverksamhet. (Johansson, 1997). .....	25
Figur 3.8 Flöde av underhållsinformation (Porrill, 2005) .....	27
Figur 3.9 Flödesschema vid uppföljning av haveri. (Porrill, 2005).....	28
Figur 3.10 Sammanställning av total underhållseffektivitet. (Parida & Kumar, 2006).....	29
Figur 3.11 Externa aktörer och styrdokument som påverkar underhållet av spårburna fordon. ....	30
Figur 4.1 Roslagstågs organisationsschema (Roslagståg AB, 2009A).....	34
Figur 4.2 Roslagstågs underhållsprocess .....	43
Figur 5.1 Verkligt antal producerade kilometer och planerat antal producerade km för motorvagn 223 under perioden 2009-10-05 till 2009-12-31 .....	48
Figur 5.2 Illustration av faktorer som orsakar den kortsiktiga planeringen .....	49
Figur 7.1. Rekommenderade nyckeltal för uppföljning av intern underhållsprestation .....	59
Figur 7.2 Rekommenderat arbetsflöde för uppföljning av fordonsfel.....	61
Figur 7.3 Rekommenderad arbetsflöde för förebyggande underhåll vid Roslagståg AB.....	63
Figur 7.4 Rekommenderad arbetsflöde för avhjälpan underhåll vid Roslagståg AB .....	64

## Tabellförteckning

Tabell 2.1 Sammanfattning av forskningsmetoder och dess huvudsakliga syften, data och typ av design. (Höst, Regnell, & Runeson, 2006) .....	7
Tabell 3.1 Sammanställning av tillgänglighetsmått .....	19
Tabell 3.2 Kulturella skillnader mellan en reparationsorienterad och en funktionssäkerhetsorienterad underhållsorganisation. (Dunn, 2003) .....	21
Tabell 4.1 Sammanställning av antal och längd på vagnomlopp per veckodag .....	37

## Förkortningar

<b>A:</b>	Tillgänglighet (Availability)
<b>AU:</b>	Avhjälpande Underhåll
<b>CMMS:</b>	Datoriserat underhållsledningssystem (Computerized Maintenance Management System)
<b>FU:</b>	Förebyggande Underhåll
<b><math>\bar{M}</math>:</b>	Medeltid för utförande av underhållsåtgärder
<b><math>\bar{M}_p</math>:</b>	Planerad medeltid för utförandet av en underhållsåtgärd
<b>Maximo:</b>	Roslagstågs underhållsledningssystem
<b>MDBF:</b>	Medeldistans mellan fel (Mean Distance Between Failures)
<b>MDT:</b>	Medelvärde för total stilleståndstid (Mean Down Time)
<b>MLDT:</b>	Medelvärde för väntetid på underhållsresurser (Mean Logistics Down Time)
<b>MTBF:</b>	Medeltid mellan fel (Mean Time Between Failures)
<b>MTBM:</b>	Medeltid mellan underhållsåtgärder (Mean Time Between Maintenance)
<b>MTTR:</b>	Medelvärde för reparationstid (Mean Time To Repair)
<b>MTW(A):</b>	Medelvärde för administrativa väntetider (Mean Time Waiting Administrative)
<b>RAMS:</b>	Funktionssäkerhet, Driftsäkerhet, Underhållsmässighet, Säkerhet (Reliability, Availability, Maintainability, Safety)
<b>RCM:</b>	Funktionssäkerhetscentrerat underhåll (Reliability Centered Maintenance)
<b>SL:</b>	AB Storstockholms lokaltrafik
<b>TLC:</b>	Trafikledningscentral
<b>TS:</b>	Tillsynsarbete
<b>UH:</b>	Underhåll
<b>ÖS:</b>	Översynsarbete

# 1 Inledning

---

*I detta kapitel ges en introduktion till examensarbetet genom att bakgrund, problembeskrivning, syfte samt omfattning och begränsningar för studien presenteras. I slutet av kapitlet görs även en beskrivning av rapportens struktur.*

---

## 1.1 Bakgrund

Sedan den 7 januari 2003 bedriver *Roslagståg AB*, på uppdrag av AB Storstockholms lokaltrafik (SL), tågtrafiken på Roslagsbanan i Stockholms nordöstra delar. Nuvarande trafikavtal sträcker sig fram till 2013. Roslagståg ägs av danska DSB och AB Svenska Tågkompaniet med DSB som huvudägare.

Roslagståg har omkring 280 anställda var av huvuddelen är trafikledare, förare och konduktörer. Bland övrig personal finns verkstads- och växlingspersonal, trafikinformatorer samt ledning och administration.

Sedan 2008 har Roslagståg förutom ansvar för tågtrafiken även ansvar för underhållet av de fordon som trafikerar Roslagsbanan. I slutet av 2009 bildades en särskild planeringsgrupp med ansvar för planering av all underhållsverksamhet.

Inför övertagandet av underhållet av spårfordon anlätades Interfleet Technology AB för konsultation om vad ett sådant åtagande skulle innebära för Roslagståg. Interfleet Technology hjälpte också till i samband med ISO9000-certifieringen av Roslagståg och var bland annat med i utformandet av processbeskrivningarna för underhållsverksamheten på Roslagståg.

Interfleet Technology är ett av världens ledande internationella konsultföretag på det järnvägstekniska området med omkring 550 konsulter, varav ca 140 i Sverige.

Ursprunget till detta examensarbete kommer från ett gemensamt förslag på ett examensarbete från Interfleet Technology och Roslagståg vars syfte var att formulera en optimal process och beräkningsmodell för planering av förebyggande underhållsåtgärder. I samband med påbörjandet av det examensarbetet insågs i ett tidigt stadium att en sådan typ av beräkningsmodell inte skulle vara möjlig att tillämpa hos Roslagståg med hänseende på den situation som diskuteras i avsnitt 5.1.2 i detta arbete. Syftet och målsättningen omformulerades därför till detta examensarbete för att bättre passa Roslagstågs nuvarande situation.

## **1.2 Problembeskrivning och syfte**

I och med tillsättandet av planeringsgruppen har Roslagståg tagit ett steg mot ett mer proaktivt och planerat underhåll. Dock har Roslagståg blivit medvetna av svårigheterna i en sådan omställning och önskar därför se över sin underhållsprocess för att kunna skapa ett mer långsiktigt underhåll och kunna tillhandahålla en säker, pålitlig och robust tågtrafikdrift.

Detta examensarbete syftar därför till att sammanställa och analysera Roslagstågs underhållsprocess och utifrån detta ge rekommendationer om förbättringar som bör genomföras för att utveckla underhållsverksamheten i enlighet med den nya inriktningen.

## **1.3 Omfattning och begränsningar**

Studien kommer främst att fokusera på planering och uppföljning av underhållsverksamheten. Områden såsom framtagandet av underhållsplanen, lagerstyrning av reservdelar samt det praktiska genomförandet av underhållet kommer inte att studeras djupare även om dessa tangerar det aktuella ämnet.

Vidare utreds inte mer indirekta faktorer som påverkar Roslagstågs underhållsverksamhet såsom säkerhets- och miljöfrågor.

## 1.4 Rapportens struktur

Rapportens struktur framgår schematiskt av Figur 1.1 och kan beskrivas på följande sätt:

Introduktionskapitlet och metodkapitlet beskriver bakgrund och förutsättningarna för utförandet av studien samt presenterar den metodik som använts och de aktiviteter som utförts.

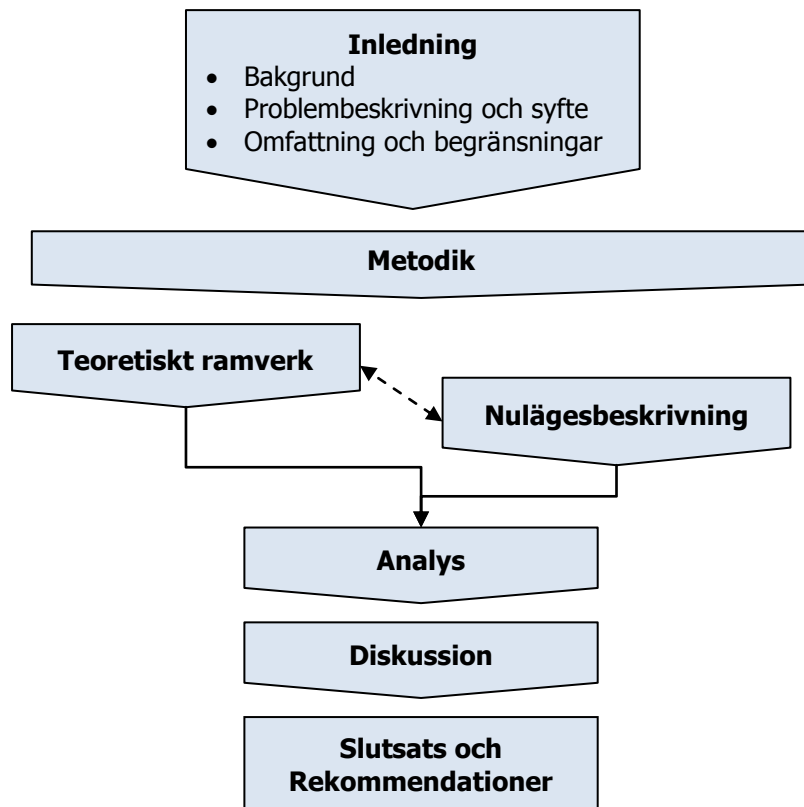
I kapitel 3 presenteras de teorier inom underhållsteknik som har använts och som har legat till grund för analysen av Roslagstågs underhållsverksamhet.

Kapitel 4 ger en nulägesbeskrivning av Roslagstågs verksamhet. Kapitlet är uppdelat i en generell beskrivning av Roslagstågs övergripande verksamhet samt en mer ingående beskrivning av företagets underhållsprocess.

I kapitel 5 görs en analys av Roslagstågs underhållsprocess utifrån den teori som presenterats i kapitel 3 i avsikt att identifiera olika problemområden som bör åtgärdas.

I kapitel 6 förs en generell diskussion om de identifierade problemen och ett försök att visa hur de olika problemen relaterar till varandra görs.

Kapitel 7 presenterar författarens slutsatser om Roslagstågs underhållsprocess och sammanfattar de åtgärder som bör utföras för att förbättra underhållsverksamheten. Det åtföljs av rekommendationer om hur åtgärderna mer konkret kan utföras. Rapporten avslutas sedan med författarens förslag till eventuella fortsatta studier inom ämnet.



Figur 1.1 Rapportens struktur



## 2 Metodik

---

*I detta kapitel presenteras den metodik som använts vid utförandet av studien samt en diskussion kring denna. I slutet av kapitlet görs en genomgång av det praktiska utförandet av examensarbetet.*

---

### 2.1 Vetenskapliga studietyper och metoder

#### 2.1.1 Explorativa, deskriptiva, explanativa och normativa studier

Vilken metodik som bör väljas inför genomförandet av ett examensarbete beror på det övergripande syftet med studien.

*Explorativa (utforskande) studier* syftar till att skapa grundläggande kunskaper om problemets natur i termer om vad, när, hur, var och i vilket sammanhang. Denna typ av studier används vanligtvis då kunskapsläget inom området är lågt.

*Deskriptiva (beskrivande) studier* syftar till att bestämma forskningsobjektets egenskaper i form av värden på variabler och samband och sker genom insamling och systematisering av data.

*Explanativa (förklarande) studier* tar upp "varför-problem" och syftar till att ge en förklaring till problemet i termer av avsikt-effekt, orsak-verkan, bakomliggande mekanismer etc.

*Normativa eller problemlösande studier* syftar till att skapa ett norm- eller handlingsförslag för att lösa det studerade problemet. Detta inkluderar även värdefrågor, estetiska och etiska frågor samt även politiska frågor. En normativ studie brukar ofta ställas i kontrast mot en deskriptiv studie, det vill säga man gör en jämförelse mellan hur någonting *borde* fungera och hur det *faktiskt* fungerar. (Wallén, 1996)

### **2.1.2 Kvalitativa och kvantitativa forskningsmetoder**

*Kvalitativa metoder* karaktäriseras av att de använder sig av information som kan mätas eller värderas numeriskt. Då inte allt går att mäta kvantitativt medför detta vissa begränsningar av användningsområden för en kvalitativ forskningsmetod. (Björklund & Paulsson, 2003).

*Kvantitativa metoder* används då man önskar skapa en djupare förståelse för ett specifikt ämne, en specifik händelse eller en situation. Möjligheterna till generalisering är dock i regel lägre än vid användandet av kvalitativa metoder. (Björklund & Paulsson, 2003)

Vilken forskningsmetod som är mest lämplig att använda sig av avgörs av syftet med den aktuella studien. Om syftet med studien är av beskrivande karaktär är en *kartläggning* med hjälp av intervjuer eller enkäter en lämplig metodik. En kartläggning kan baseras både på kvalitativ eller kvantitativ data men är i båda fallen av fix design då det i efterhand inte går att lägga till eller formulera om frågor när kartläggningen väl har påbörjats.

I det fall studien har till avsikt att på djupet beskriva ett fenomen eller objekt är en *fallstudie* en lämplig metod. En fallstudie beskriver ett specifikt fall som man oftast väljer ut med ett specifikt syfte och inga anspråk görs på att slutsatsen ska vara direkt generaliserbar till andra fall. I en fallstudie används ofta teknikerna *intervjuer*, *observationer* och *arkivanalys* för att samla in data.

*Experiment* används då man önskar finna orsakssamband och förklara vad olika fenomen innebär. Datainsamlingen i ett experiment är främst av kvantitativ karaktär.

Om ett arbete har till syfte att förbättra något samtidigt som man studerar det är *aktionsforskning* en användbar metodik. Aktionsforskning kan beskrivas som en

variant av en fallstudie och börjar med en observation av en situation eller ett fenomen för att identifiera eller tydliggöra det problem som ska lösas. Vid nästa steg tas en lösning fram och genomförs. Därefter utvärderas lösningen genom att den observeras i sitt sammanhang. Baserat på utvärderingen upprepas processen i det fall som problemen kvarstår eller om nya problem uppstår till dess att en komplett lösning åstadkommit. (Höst, Regnell, & Runeson, 2006)

En sammanställning av de beskrivna forskningsmetoderna ses i Tabell 2.1.

**Tabell 2.1 Sammanfattning av forskningsmetoder och dess huvudsakliga syften, data och typ av design. (Höst, Regnell, & Runeson, 2006)**

Metod	Huvudsyfte	Primärdata	Design
Kartläggning	Beskrivande	Kvantitativ	Fix
Fallstudie	Utforskande	Kvalitativ	Flexibel
Experiment	Förklarande	Kvantitativ	Fix
Aktionsforskning	Problemlösande	Kvalitativ	Flexibel

### 2.1.3 Induktion, deduktion och abduktion

Innan en studie påbörjas är det viktigt att veta vilken typ av ansats man avser använda för att uppnå syftet med studien. Vid en *induktiv ansats* studeras först den konkreta verkligheten (empirin) och utifrån denna utformas teorier och modeller för att förklara eller beskriva problemet. Om studien istället utgår från en sammanställning av befintliga teorier och man med dessa teorier försöker förutsäga empirin och verifiera denna förutsägelse med insamlade data så används en *deduktiv ansats*. Om studien växlar mellan det generella (teorierna) och det konkreta (empirin) så talar man om en *abduktiv ansats*. (Björklund & Paulsson, 2003)

## 2.2 Vald metodik

Utgångspunkten för valet av den metodik som detta arbete genomförts efter är att syftet med studien är av både en utforskande och problemlösande karaktär. Med anledning av detta har fallstudiemetodiken används för detta examensarbete. Till skillnad från en traditionell fallstudie presenteras dock även en rekommendation av åtgärder som bör genomföras på det studerade företaget för att komma tillrätta med de identifierade problemområdena.

Fallstudiens flexibla design har också visat sig användbar då studien har kunnat anpassa sig till de nya problem som uppkommit under arbetets gång.

En alternativ metodik som hade kunnat användas är aktionsforskningsmetodiken. Orsaken till att valet ändå föll på fallstudie är att studien är av en sådan omfattning att rekommendationer inte kan implementeras under studiens pågående på grund av den begränsade tid som finns tillgänglig. Detta medför också att ingen utvärdering av de föreslagna åtgärderna kan genomföras vilket får anses som negativt med den valda metoden.

Under arbetets gång har alla de tre teknikerna som är karakteristiska för fallstudien använts nämligen *intervjuer*, *observationer* och *arkivanalys*.

En deduktiv ansats låg till grund för arbetet men de upptäckter som gjordes vid studiebesöken och den information som erhöles under intervjuerna gjorde att en återgång till nya studier av befintliga teorier krävdes. Därför kan ansatsen utefter vilket detta arbete genomförts bäst beskrivas som abduktiv.

### 2.2.1 Forskningskvalitet

Då datainsamlingen för denna studie främst bygger på information som erhållits under intervjuer är det viktigt att ha en förståelse för de nackdelar som detta kan innebära. Vid genomförandet av en intervju finns risken att intervjuobjektet, medvetet eller omedvetet vinklar eller utelämnar viss information för att framställas i bättre dager. Dessutom kan förutfattade meningar hos intervjuaren skapa en vinklad bild av informationen.

För att öka reliabiliteten av intervjuerna så jämfördes därför informationen från intervjuerna med de observationer som gjordes under de flertalen studiebesök på Roslagståg som genomfördes under studiens gång.

Personerna som intervjuats har också fått möjligheten att kontrollera den information som de lämnat och som har inkluderats i denna rapport. Detta har gjorts för att minska risken för att informationen vinklats av författaren för att passa en förutfattad slutsats.

I ett försök att ytterligare öka tillförlitligheten i den insamlade informationen genomfördes också ett antal informella intervjuer med konsulter på Interfleet Technology där deras erfarenheter inom det studerade området diskuterades.

### **2.2.2 Kritik av metodik**

Den främsta kritiken som författaren anser kan riktas mot den valda metodiken är bristen av generaliserbarhet då enbart en specifik organisation har studerats. En ökad generaliserbarhet av resultatet hade kunnat uppnås genom benchmarking av andra organisationer med liknande verksamhet. Dock har examensarbetets syfte medfört att det inte varit möjligt att motivera några företag att ställa upp på en sådan jämförelse då det skulle medföra att de delat med sig av sina erfarenheter för att hjälpa en i vissa avseenden konkurrerande organisation.

## **2.3 Praktiskt genomförande**

### **2.3.1.1 Förstudie**

Innan studien av Roslagstågs underhållsverksamhet påbörjades genomfördes en generell litteraturstudie av spårtrafik- och spårfordonsbranschen. Intervjuer med insatta personer på Interfleet Technology genomfördes också där olika aktörers roll och påverkan på spårfordonsunderhåll diskuterades generellt. Detta genomfördes då författarens kunskaper om branschen innan studiens påbörjande kunde betraktas som begränsade.

### **2.3.1.2 Litteraturstudier**

Studien påbörjades genom en omfattande litteraturstudie, dels om underhåll i allmänhet men också om underhåll av spårfordon i synnerhet. Informationen införskaffades genom böcker inom underhållsteknik tillgängliga via Stockholms stadsbibliotek och Kungliga Tekniska Högskolans bibliotek. Vidare gjordes utförliga sökningar på internet via artikeldatabaserna Emeraldinsight.com och ScienceDirect.com samt publika sökmotorer så som Google. Efter en kontakt med Ulla Juntti, projektkoordinator på Institutionen för samhällsbyggnad, avdelningen drift och underhåll vid Luleås Tekniska Högskola gjordes också en studie av deras publikationer inom ämnet.

### **2.3.1.3 Studiebesök**

Vid ett flertal tillfällen under arbetets gång genomfördes studiebesök hos Roslagståg i syfte att göra observationer av det dagliga underhållsarbetet samt för att bekräfta att den information som erhöles under intervjuerna stämde med verkligheten. Författaren kan vid dessa tillfällen vara att betrakta som en deltagande observatör då författaren deltog i det dagliga planeringsarbetet och förde en omfattande dialog med de personer som på ett eller annat sätt arbetar med Roslagstågs underhållsprocess.

### **2.3.1.4 Intervjuer**

Den primära, kvalitativa, informationsinsamlingen om Roslagstågs underhållsverksamhet skedde genom halv-strukturerade intervjuer med olika personer i

Roslagstågs organisation. Valet av intervjupersoner skedde med utgångspunkt att täcka in så många olika aspekter av underhållsverksamheten som möjligt men där fokus, på grund av studiens avgränsning, låg på planering och uppföljning av underhållet. Att valet av intervjuteknik blev halv-strukturerade intervjuer med enbart ett fåtal frågor som stöd beror på att författaren ville låta intervjupersonerna prata relativt fritt för att på så sätt kunna identifiera de problemområden som de såg som mest angelägna. Vid en strukturerad intervju hade sådan information lätt gått förlorad eller inte kunnat identifieras.

#### **2.3.1.5 Arkivanalys**

För att komplettera informationen som givits under studiebesöken och intervjuerna gjordes även en studie av Roslagstågs underhållsprocessbeskrivningar och kvalitetsmanual för att på så sätt få en bättre överblick över Roslagstågs verksamhet samt för att identifiera eventuella skillnader mellan hur det är *tänkt* att man ska arbeta och hur man *faktiskt* arbetar.

#### **2.3.1.6 Nulägesbeskrivning och identifiering av problemområden**

Efter sammanställandet av informationen som erhållits under studiebesöken, intervjuerna och arkivanalysen i en nulägesbeskrivning så jämfördes denna med den teoretiska grund som införskaffats genom litteraturstudien. På så sätt kunde ett antal olika problem i olika faser av Roslagstågs underhållsprocess identifieras.

#### **2.3.1.7 Kompletterande litteraturstudier**

Då vissa aspekter i de identifierade problemområdena inte täcktes in genom den ursprungliga litteraturstudien genomfördes en kompletterande sökning genom samma upplägg som tidigare men med vissa förändringar i sökkriterierna.

#### **2.3.1.8 Analys av underhållsdata och kompletterande intervjuer**

Ett utav problemområdena (kortsiktig planering), krävde en utförlig undersökning av kvantitativ underhållsdata för att orsaken till problemet skulle kunna identifieras. I samband med detta gjordes även kompletterande intervjuer för att problemorsaken skulle kunna bestämmas.

### **2.3.1.9 Rekommendationer**

Genom en återkoppling till underhållsteorin kunde slutligen ett antal rekommenderade åtgärder för att komma tillrätta med problemen i Roslagstågs underhållsprocess presenteras.



### 3 Teoretiskt ramverk

---

*I detta avsnitt presenteras den teori som författaren använt som utgångspunkt vid analysen av Roslagstågs underhållsprocess.*

---

#### 3.1 Introduktion till underhåll

Underhåll definieras enligt Nationalencyklopedin (2010) som:

*”... skötsel som syftar till att hålla något i stadigvarande gott skick.”*

En lite utförligare beskrivning kan hittas i *SS-EN 13306 Underhåll - Terminologi* där underhåll definieras som:

*”Kombination av alla tekniska, administrativa och ledningens åtgärder under en enhets livstid avsedda att vidmakthålla den i, eller återställa den till, ett sådant tillstånd att den kan utföra krävd funktion.”* (SIS, 2001)

##### 3.1.1 Anpassning av underhållsteori till järnvägsbranschen

Den teori som finns inom underhållsområdet är främst anpassad till tillverkningsindustri och behöver i viss mån justeras för att passa in på de förutsättningar som finns inom underhållsverksamheten av spårfordon. Det som styr underhållsbehovet av spårfordon och det som kan likställas med produktionen inom industrin är tågtrafikdriften. När det hänvisas till ”produktionen” i teoriavsnittet kan detta översättas som ”trafikverksamheten” i en järnvägskontext. Andra faktorer som påverkar underhåll av spårfordon presenteras i avsnitt 3.4.

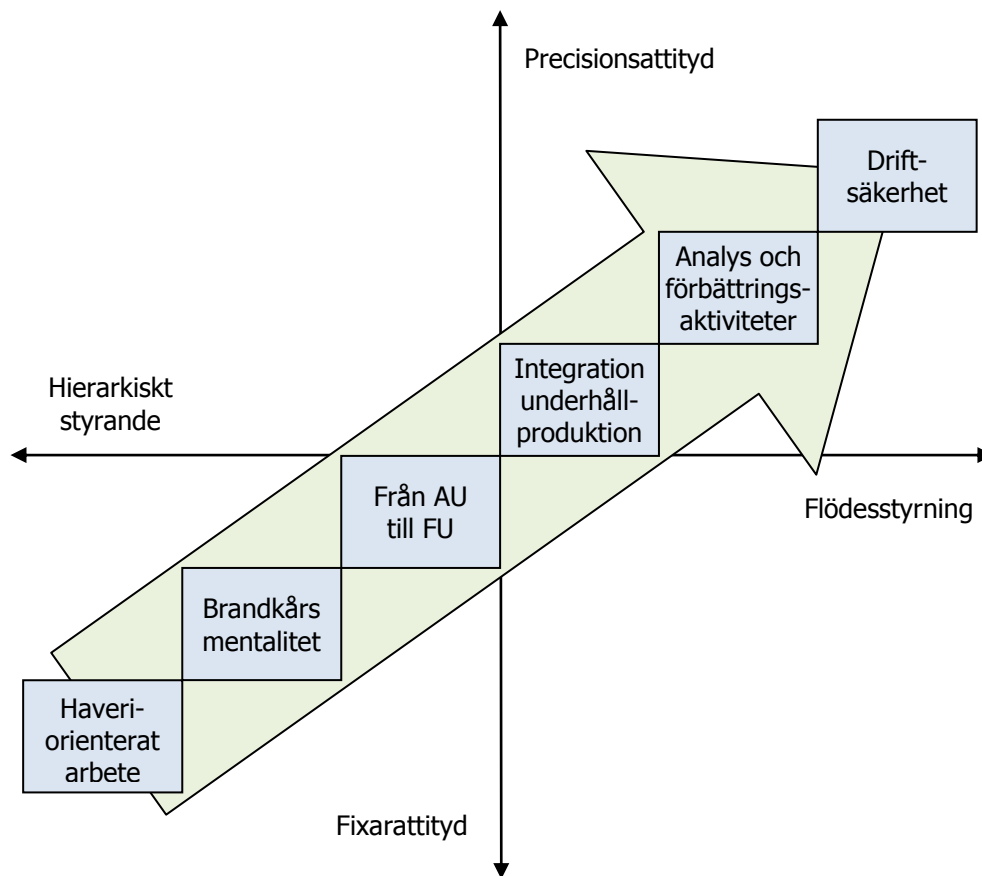
### 3.1.2 Underhållets historiska utveckling

Sedan 1930-talet har underhållet genomgått åtminstone tre olika generationer.

Den första generationen sträcker sig fram till andra världskriget. På den tiden hade industrin en låg mekaniseringsgrad vilket innebar att driftstopp av utrustningen inte spelade särskild stor roll för verksamhetens produktivitet. Därmed lades väldigt lite fokus på underhållet och det bestod till största delen av åtgärder så som enkel städning och smörjning av utrustningen. Den övergripande strategin kan beskrivas som "Laga när det går sönder".

I samband med andra världskriget förändrades förutsättningarna för industrin drastiskt. Kriget innebar en ökad efterfrågan på varor samtidigt som tillgången på arbetskraft minskade kraftigt. Detta ledde till att mekaniseringsgraden ökade och utrustningen med tillhörande driftstopp ställdes i fokus. Detta ledde till införandet av *förebyggande underhåll* och planerings- och ledningssystem för underhåll började utvecklas.

I mitten av 70-talet började synen på underhåll förändras som en konsekvens av nya kundkrav, ny forskning och ny teknik. I samband med införandet av *"just-in-time"-system* ökade vikten av tillförlitlighet och tillgänglighet i produktionen vilket i kombination med ökade säkerhetskrav och införandet av nya miljö- och kvalitetsstandarder, fick kostnaderna för underhåll att öka markant. Från att underhållet varit reparationsorienterat med viss del förebyggande underhåll, utfört vid fasta intervall, började företag inse att de behövde förändra sitt strategiska tänkande kring underhållet och fokus började läggas på utrustningens *driftsäkerhet* och *funktionssäkerhet*. (Moubray, 1997). Figur 3.1 visar underhållets utveckling under 1900-talet.

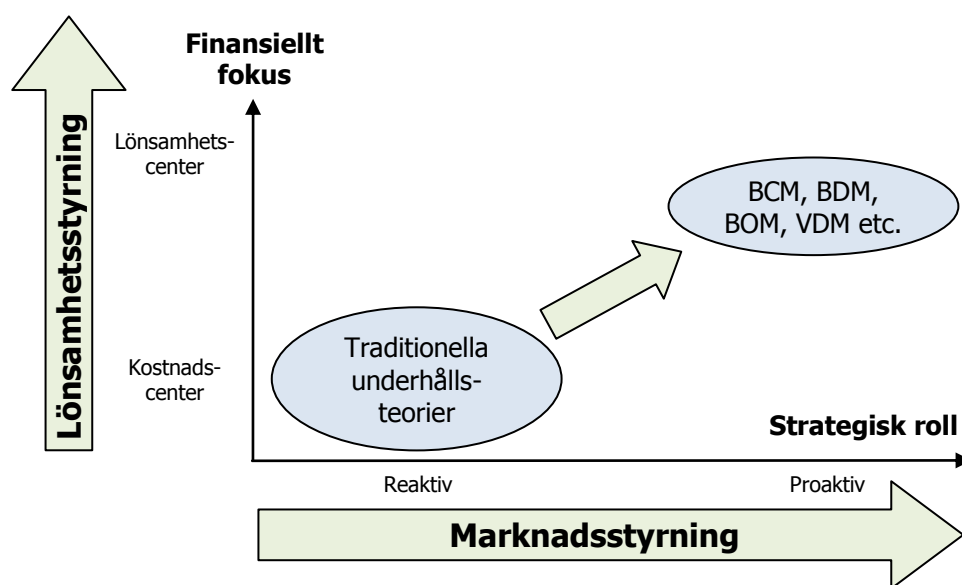


**Figur 3.1 Underhållets utveckling under 1900-talet (Johansson, 1997, urspr. Franzén, 1993)**

Under 2000-talet har en ny förståelse uppkommit om hur underhållet kan bidra till ökad lönsamhet i företaget. Målsättningen med underhållet är inte längre att bara minska de totala underhållkostnaderna utan att även bidra till ökade intäkter. Ett bra underhåll är därför inte bara kostnadseffektivt utan minskar även andelen icke realiserade intäkter. Ett bra underhåll ökar också kundnöjdheten genom bättre kvalitet, kortare ledtider, större leveranssäkerhet etc. Detta genererar i sin tur ökade marknadsandelar och större lönsamhet även på lång sikt. (Ahlmann, 2002).

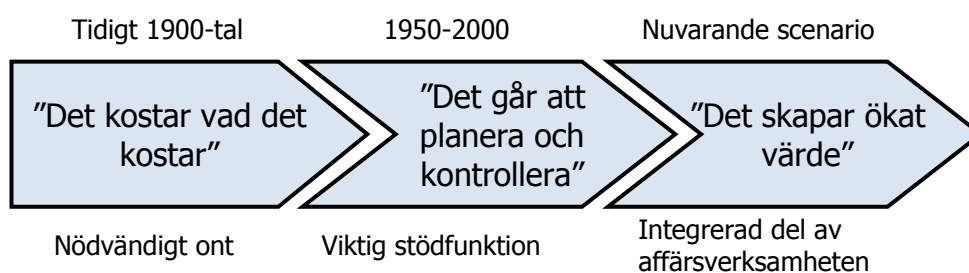
I och med en ny förståelse för hur underhållet samspelar med övriga resurser och verksamheter i företaget har synen på underhållet förändrats, från att ha setts som ett kostnadscenter till att ses som ett lönsamhetscenter. Utifrån detta nya synsätt

har ett antal teorier utvecklats där underhållet ses som en integrerad och strategisk del utav affärsverksamheten. Några exempel på dessa nya teorier är *Business-centered maintenance (BCM)*, *Business driven asset management (BAM)*, *Business oriented maintenance (BOM)* och *Value driven maintenance (VDM)*. (Ahlmann & Borgström, 2010) I Figur 3.2 ses utvecklingen av nya underhållsteorier.



**Figur 3.2 Utveckling av nya underhållsteorier (Ahlmann & Borgström, 2010)**

En illustration av de underhållets olika paradigmskiften ses i Figur 3.3.



**Figur 3.3 Underhållsparadigm (Parida & Kumar, 2006)**

## 3.2 Några underhållsbegrepp och koncept

### 3.2.1 Avhjälpande och förebyggande underhåll

Underhåll kan generellt delas upp i *avhjälpande* eller *förebyggande* underhåll.

*Avhjälpande underhåll (AU)* inkluderar alla oplanerade underhållsåtgärder som måste utföras på grund av ett fel som uppkommit. Detta inkluderar även underhåll som utförs på grund av misstankar om ett fel även om det senare visar sig att något faktiskt fel aldrig uppstod. AU-aktiviteter inkluderar felsökning och fellokalisering, demontering, byte av del eller reparation på plats, återmontering samt slutkontroll och tillståndsverifiering.

*Förebyggande underhåll (FU)* inkluderar alla planerade underhållsåtgärder som utförs för att bibehålla ett system eller en produkt i stadigvarande skick. FU-aktiviteter inkluderar genomförandet av periodiska inspektioner, tillståndsövervakning, byte av kritiska delar och kalibrering. Vidare kan alla serviceåtgärder såsom smörjning och oljepåfyllning räknas som förebyggande underhåll. (Blanchard, 1992)

Något som alltid diskuteras i underhållssammanhang är hur stor mängd AU respektive FU som ska genomföras och förhållandet mellan dessa.

Wireman (1998) menar att om det avhjälpande underhållet konsumerar mer än 20 % av underhållsresurserna kan det förebyggande underhållet anses vara ineffektivt. Vidare framhåller Wireman (1998) att om programmet för det förebyggande underhållet inte är effektivt kommer alla påföljande underhållsaktiviteter bli suboptimerade. Innan några andra åtgärder görs för att optimera underhållet måste det förebyggande underhållet fungera ändamålsenligt.

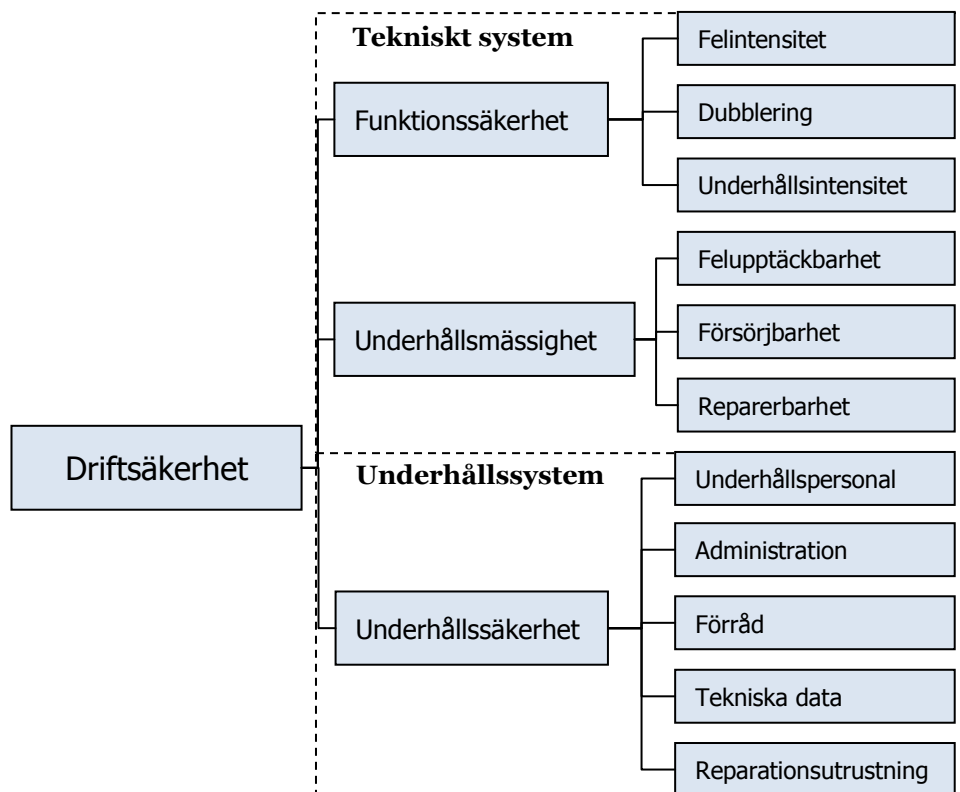
### 3.2.2 Driftsäkerhet

Driftsäkerhet är en av de viktigaste tillförlitlighetsegenskaperna hos ett system eller en produkt och bestämmer dess förmåga att ge hög effekt när fel, störningar och begränsade underhållsresurser påverkar prestationsförmågan. Driftsäkerheten bestäms av följande faktorer:

- *Funktionssäkerheten*, som är förmågan att utföra en krävd funktion under givna förhållanden.

- *Underhållsmässigheten*, som är ett mått på hur lätt det är att upptäcka, lokalisera och avhjälpa fel på enheten eller systemet.
- *Underhållssäkerheten*, som beskriver underhållsorganisationens förmåga att tillhandahålla de resurser som erfordras för underhållet.

Funktionssäkerheten och underhållsmässigheten beaktar det tekniska systemets förmåga att uppfylla driftsäkerheten medan underhållssäkerheten beskriver underhållsorganisationens förmåga att effektivt åtgärda uppkomna fel. (Bergman & Klefsjö, 2007) (Johansson, 1997). Dessa tre faktorer bestäms i sin tur av ett antal delfaktorer och underhållsaktiviteter. En sammanställning av den totala driftsäkerheten ses i Figur 3.4.



**Figur 3.4 Driftssäkerhetsfaktorer (jmf. Johansson 1997)**

### 3.2.3 Tillgänglighet

Ett systems driftsäkerhetsprestation betecknas oftast med hjälp av *tillgängligheten*. Med tillgänglighet menas sannolikheten för att en enhet är i beredskap eller tillgänglig vid en godtycklig tidpunkt inom ett givet tidsintervall. Tillgängligheten kan definieras och beräknas på olika sätt med hjälp av mått på funktionssäkerhet, underhållsmässighet och underhållssäkerhet. Måtten och deras definitioner ses i Tabell 3.1. (Johansson, 1997)

**Tabell 3.1 Sammanställning av tillgänglighetsmått**

Typ av mått	Beteckning	Definition
Funktionssäkerhet	MTBF, Mean Time Between Failures	Medelvärde för tid mellan fel.
	MDBF, Mean Distance Between Failures.	Medelvärde för körd sträcka mellan fel
	MTBM: Mean Time Between Maintenance.	Medelvärde för tid mellan underhållsåtgärder
Underhållsmässighet	MTTR, Mean Time To Repair.	Medelvärde för reparationstid.
	$\bar{M}$ , Mean maintenance time.	Medelvärde för tid att genomföra underhållsåtgärder. (Kan delas upp i tid för avhjälpande respektive förebyggande underhåll)
Underhållssäkerhet	MLDT, Mean Logistics Down Time	Medelvärde för tid för väntan på underhållsresurser. Uttrycker väntetid på reservdelar, verktyg, transporttid till verkstad m.m.
	MTW(A), Mean Time Waiting (administrative).	Medelvärde för tid för väntan på övriga, administrativa åtgärder
Underhållsmässighet och underhållssäkerhet	MDT, Mean Down Time.	Medelvärde för stilleståndstid.

Nedan följer tre vanliga formler för att beräkna olika typer av tillgänglighet.

**Konstruktiv tillgänglighet, inre tillgänglighet, ( $A_i$ ):** Visar tillgängligheten för en enhet vid en ideal underhållssituation.

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$A_i$  tar inte hänsyn till väntetider på olika underhållsresurser så som reservdelar och verktyg. Det tar inte heller hänsyn till tid för avhjälpande underhåll eller administrativ väntetid. (Johansson, 1997)

**Uppnådd tillgänglighet, erhållen tillgänglighet,  $A_a$ :** Visar tillgängligheten inkluderat tiden för både förebyggande och avhjälpande underhåll.

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}}$$

Detta mått tar inte hänsyn till väntetider på reservdelar och verktyg eller administrativa väntetider. (Johansson, 1997)

**Operativ tillgänglighet,  $A_o$ :** Visar tillgängligheten inkluderat tiden för förebyggande och avhjälpande underhåll samt övriga väntetider.

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT}$$

$$(MDT = \bar{M} + MLDT + MTW(A))$$

### 3.2.4 Funktionssäkerhetsorienterat underhåll

De flesta företag strävar i dag efter att uppnå en så hög driftsäkerhet som möjligt genom ett proaktivt och funktionssäkerhetsorienterat underhåll i motsats till det traditionella reparationsorienterade underhållet. En sammanställning av några av de kulturella skillnader som finns i en proaktiv, funktionssäkerhetsorienterad organisation, jämfört med en reaktiv reparationsorienterad organisation ses i Tabell 3.2.



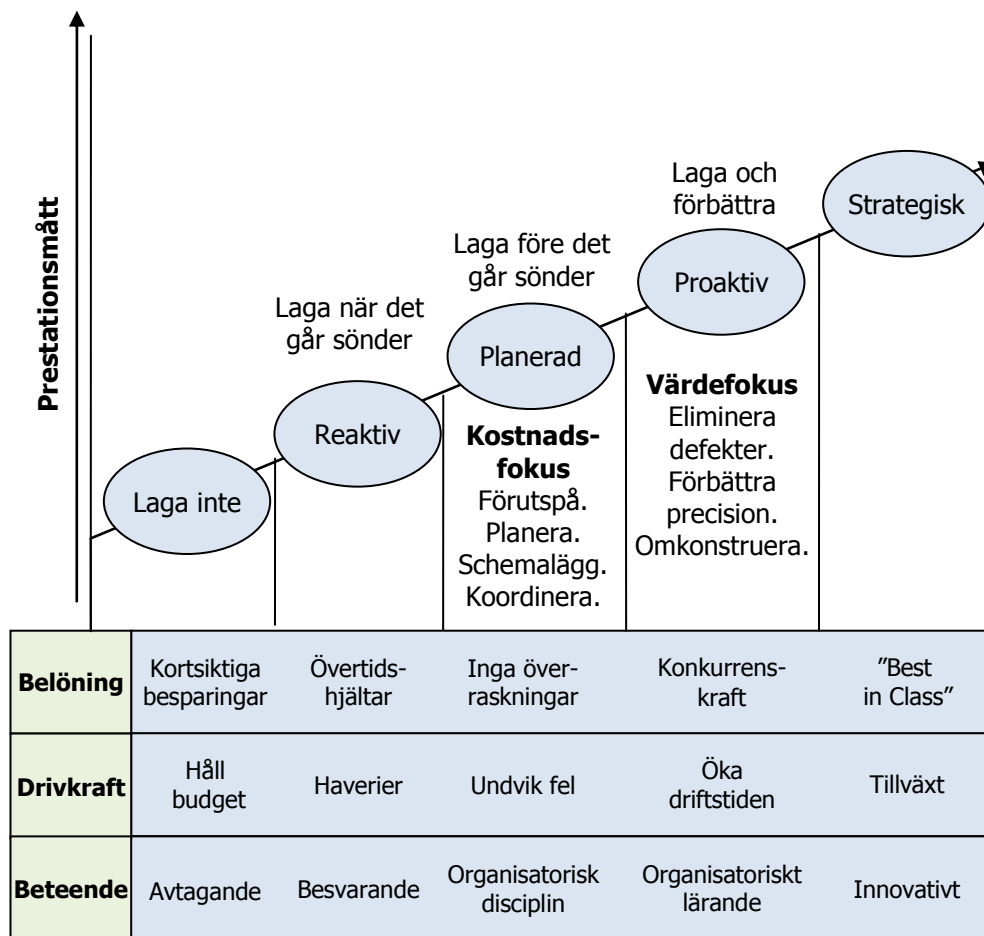
**Tabell 3.2 Kulturella skillnader mellan en reparationsorienterad och en funktionssäkerhetsorienterad underhållsorganisation. (Dunn, 2003)**

<b>Reparationsorientering</b>	<b>Funktionssäkerhetsorientering</b>
Laga	Förbättra
Brandsläckning	Förutspå, planera, schemalägga
Hantera defekter	Eliminera defekter
Minska underhållskostnaderna	Minska stillestånden
En tro på att fel är oundvikliga	En tro på att fel tillhör undantagsfallen
Liten andel planerat arbete	Stor andel planerat arbete
Stor andel omarbetningar	Liten andel omarbetningar
Låg funktionssäkerhet	Hög funktionssäkerhet
Kortsiktig planering	Långsiktig planering

För att kunna förflytta sig från ett reparationsorienterat till funktionssäkerhetsorienterat underhåll har Dunn (2003) identifierat följande fem grundvillkor:

- Ett långsiktigt strategiskt tänkande
- Koppling mellan belöningsystemet och de strategiska målen
- En bra integration mellan produktion och underhåll
- Möjligheter till lagarbete och organisatoriskt lärande
- Ett starkt, engagerat ledarskap

En illustration av de olika stadier som företaget går igenom under förflyttningen ses i Figur 3.5.



**Figur 3.5 Resan från ett reparationsorienterat till ett funktionssäkerhetsorienterat underhåll (Dunn, 2003).**

För att starta resan mot ett funktionssäkerhetsorienterat underhåll är det viktigt att personalen är motiverad och förstår de syften och mål som ska uppfyllas. Att få personalen till att bli delaktiga i övergången från ett reparationsorienterat underhåll är inte helt enkelt, mycket på grund av de personliga belöningar som personalen erhåller i en reparationsorienterad arbetssituation. Exempel på sådana belöningar är: (Dunn, 2003)

- Utmaningen och variationen som ligger i att du aldrig vet vad som händer närmast.
- Den finansiella belöningen i övertidsersättningar och extra uttryckningar.

- Den personliga belöningen i att vara "hjälten" som kan fixa stillestånd så fort som möjligt och få produktionen att fungera igen.
- Tillfredställelsen i att med kort varsel kunna hjälpa produktionspersonalen med deras problem.

För att kunna lämna det reparationsorienterade stadiet krävs det att dessa "belöningar" ersätts med något annat. Dunn (2003) föreslår införandet av en bonus i form av ekonomisk ersättning eller utmärkelser för personalen om målnivåerna för det planerade arbetet nås. När organisationen sedan rör sig vidare från en den planerande underhållsfasen till en proaktiv underhållsfas uppstår nya typer av belöningar i form av tillfredställelsen att vara involverad i problemlösning och i förvärvandet av nya kunskaper.

När organisationen går in den planerade underhållsfasen ändras också förhållandet mellan produktionen och underhåll. Om underhållsorganisationen ska kunna schemalägga förebyggande underhållsåtgärder och inspektioner effektivt måste en överenskommelse med produktionen göras om det mest lämpliga tillfället för detta. Detta kräver vissa insatser av produktionen vilket gör att en tvåvägskommunikation mellan produktionen och underhållsorganisationen uppstår. I en reparationsorienterad organisation är kommunikationen ofta ensidig och underhållsorganisationen får helt anpassa sig utefter produktionens önskemål och krav. (Dunn, 2003)

### **3.2.5 RCM – Reliability Centred Maintenance**

Ett av de vanligaste och mest välkända verktygen som används för att uppnå ett system med önskad funktionssäkerhet kallas RCM som står för *Reliability Centred Maintenance* (funktionssäkerhetscentrerat underhåll).

RCM kan beskrivas som en process som används för att bestämma vad som måste göras för att försäkra sig om att en enhet fortsätter att göra vad användaren vill att den ska göra under rådande driftsförhållanden. Fokus ligger i RCM på vad en enhet *gör*, istället för vad den *är*. Grunden för RCM är sju frågor som måste ställas för varje analyserad enhet, enligt följande: (Moubray, 1997)

- Vilka funktioner och vilken prestanda är relaterad till enheten i dess nuvarande drift?

- På vilka sätt misslyckas den med att fullgöra sin funktion?
- Vad orsakar respektive funktionsfel?
- Vad händer när respektive funktionsfel inträffar?
- Vad blir konsekvenserna av respektive funktionsfel?
- Vad kan göras för att förhindra eller förutspå respektive funktionsfel?
- Vad kan göras om ingen passande proaktiv åtgärd kan identifieras?

RCM kräver att det finns tillgänglig erfarenhetsdata för respektive enhet för att kunna genomföra analysen enligt ovan. Detta medför stora mängder dokumentation och kräver att feldata är tillförlitlig. Något som ofta upptäcks vid införandet av RCM är att underhållsdata är orienterad mot själva underhållsåtgärden i sig medan ingen registrering av orsaken till felet eller konsekvenserna av det har gjorts. (Johansson, 1997)

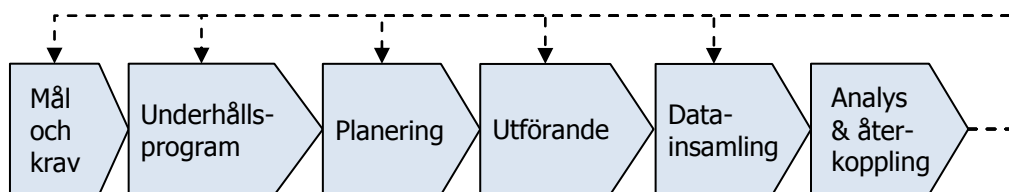
### **3.2.6 CMMS – Computerized Maintenance Management System**

CMMS (Datoriserat underhållsledningssystem) är en datoriserad version av underhållsinformationssystemet var syfte är att ge användaren möjlighet att hantera stora mängder underhållsdata. CMMS är ett verktyg för att kunna planera och förbättra underhållet och hanterar bara den data som har blivit inmatad eller som har blivit ett resultat av inmatad data. Allt som kan göras med ett CMMS kan i princip också göras manuellt men arbetet underlättas och effektiviseras vid användandet av CMMS.

Några av de komponenter som vanligen är inkluderade i ett CMMS är: generering av arbetsorder, rapportering av underhållsåtgärder, planering och schemaläggning av underhåll samt lagerstyrning och inköpsplanering. (Cato & Mobley, 2002) (Wireman, 1998)

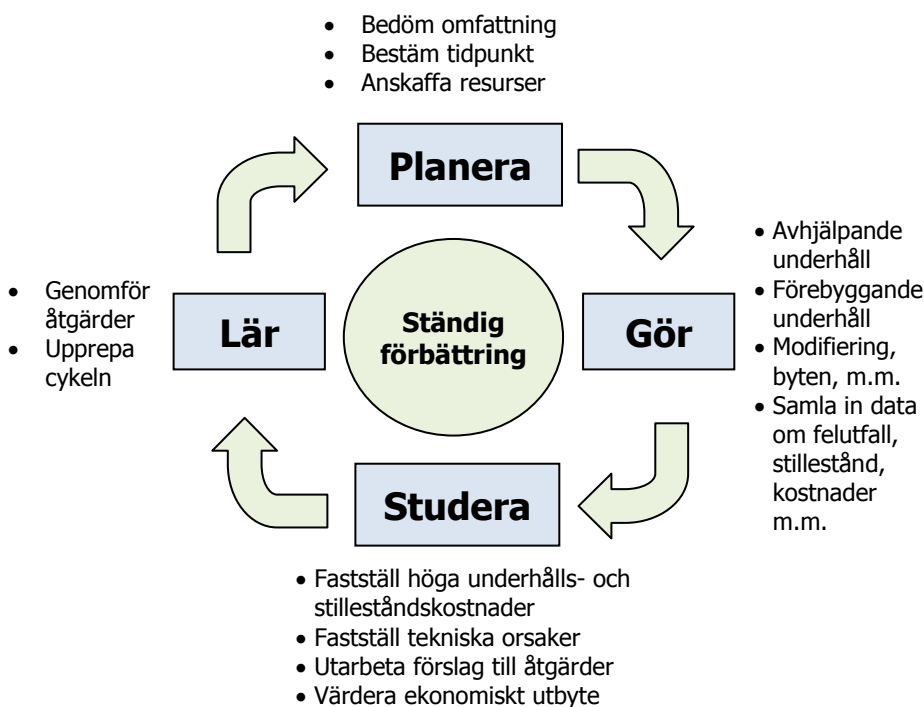
## **3.3 Underhållsprocessen**

Underhåll beskrivs ofta som en process som börjar med en kartläggning av de *mål och krav* som finns uppsatta för underhållsverksamheten. Utifrån detta utformas ett *underhållsprogram* som beskriver vad som ska utföras och hur det ska göras. Detta följs av faserna *planering, utförande, datainsamling* och *analys och återkoppling*.



**Figur 3.6. Underhållsprocessen (jmf. Espling 2004, urspr. Kumar 2001)**

Ovanstående process kan jämföras med den arbetscykel för underhållet som presenteras av Johansson (1997) och som bygger på att aktiviteterna, *planera*, *göra*, *studera* och *lära* alltid måste ingå som en central del i verksamheten om ständiga förbättringar av underhållsverksamheten ska uppnås. Sambandet mellan de olika aktiviteterna och de ingående delmomenten i arbetscykeln ses i Figur 3.7. Figuren är inspirerad av den så kallade *Demingcykeln* som bland annat används för att illustrera förbättringsarbete inom kvalitetsområdet.



**Figur 3.7 Arbetscykel för underhållsverksamhet. (Johansson, 1997).**

### 3.3.1 Planering och återkoppling av underhållsåtgärder

Det är viktigt att förstå att planering av underhåll inte handlar om att se till att verktyg och reservdelar finns på plats när underhållsåtgärden ska utföras, utan planeringen ska öka den totala effektiviteten och ändamålsenligheten av underhållet. (Palmer, 2005).

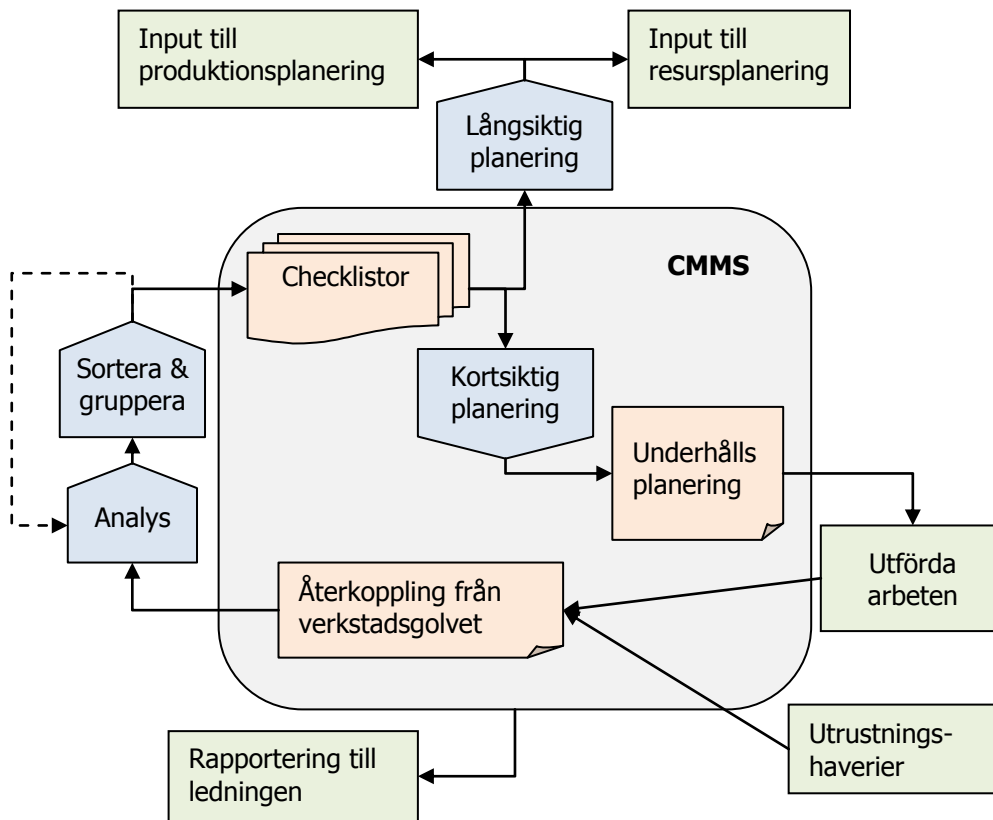
Planeringen kan delas upp i kortsiktig och långsiktig planering som var för sig uppfyller två relativt vitt skilda syften.

Den kortsiktiga planeringen har till syfte att prioritera och fördela de arbetsorder som genereras från underhållsledningssystemet så att de anpassas till verksamhetens resurser och så att det skapas en jämn arbetsbelastning för underhållspersonalen. (Porrill, 2005)

En långsiktig planering ger möjlighet till samordning med produktionen så att utrustningen finns tillgänglig för underhållsåtgärder när dessa behöver utföras. Utan en långsiktig planering uppstår ofta en situation där produktionen inte släpper ifrån sig utrustningen med hänvisning till att uppsatta produktionsmål måste uppnås innan något underhåll kan utföras. Ju längre framförhållning underhållsorganisationen har i sin planering desto större är sannolikheten att utrustningen finns tillgänglig när underhållsåtgärden ska utföras. (Porrill, 2005).

En planering och schemaläggning av underhållsåtgärder ger också en möjlighet att styra och kontrollera underhållet då det ger en referensram att utgå ifrån vid en analys av underhållsprestationen. Om en underhållsåtgärd tar längre tid att utföra än vad den teoretiskt borde göra visar det på en ineffektivitet i underhållsverksamheten, orsakad av exempelvis att en reservdel inte finns i lager eller på grund av väntetider för åtkomst till utrustningen. (Palmer, 2005).

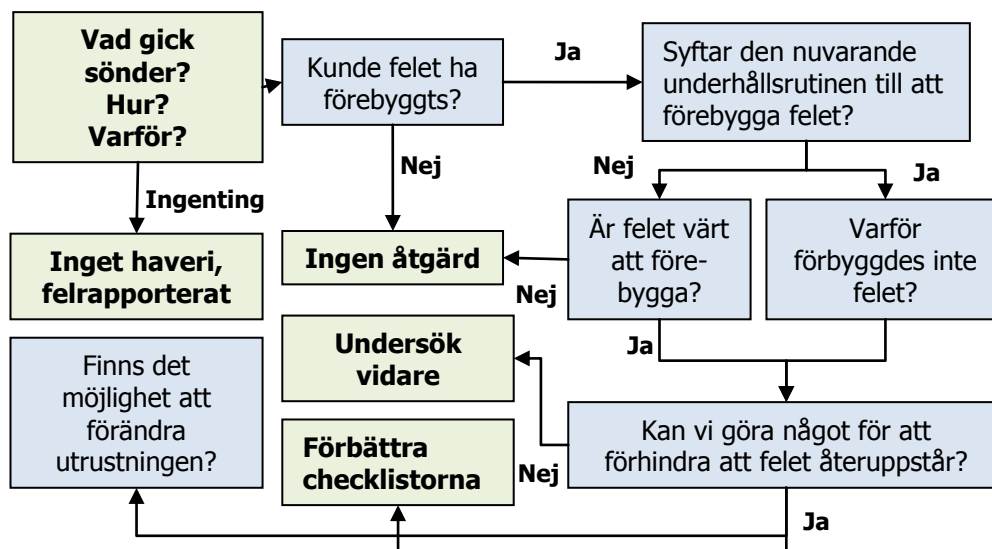
Grunden för planeringen är de "checklistor", eller *underhållspaket*, som ska utföras vid ett specifikt underhållstillfälle. Dessa är framtagna genom samordning och gruppering av de alla de underhållsåtgärder som är specificerade i underhållsprogrammet. En illustration av planeringens plats i underhållsverksamheten samt ett rekommenderat flöde av underhållsinformationen och ses i Figur 3.8. I figuren ses också vilka delar som vanligtvis inkluderas i ett CMMS. (Porrill, 2005).



**Figur 3.8 Flöde av underhållsinformation (Porrill, 2005)**

Som ses i figuren ovan är underhållsverksamheten en iterativ process där återkoppling lägger grunden för analys och förbättringar av checklistorna. För att inte undergräva långsiktigheten och trovärdigheten av underhållsprogrammet är det viktigt att dessa förbättringar sker först efter en systematisk och strukturerad analys med hjälp av samma metodik (exempelvis RCM) som lade grunden för de ursprungliga checklistorna. Det är viktigt att analysen inte enbart fokuserar på *effekten* av ett haveri utan på den faktiska *orsaken* till problemet, då detta påverkar vilken underhållsåtgärd som måste genomföras för att förebygga framtida haverier.

(Porrill, 2005). Figur 3.9 visar ett flödesschema som alltid bör följas efter ett haveri och som föregår en utförlig analys av haveriorsaken.



Figur 3.9 Flödesschema vid uppföljning av haveri. (Porrill, 2005)

### 3.3.2 Mätning och utvärdering av underhållsprestationen

För att ett företag ska kunna mäta och följa upp sin underhållsprestation krävs det att insamling och utvärdering av data genomförs systematiskt. Enligt Wireman (1998) lägger företag ofta alla sina resurser på att försöka *kontrollera* underhållet genom att exempelvis ändra rapporteringsstrukturer, skala upp eller ner underhållsorganisationen eller genom utkontraktering. Vad många företag däremot misslyckas med är att *styra* underhållet. De två största orsakerna till detta är enligt Wireman (1998) bristen på ändamålsenlig mätning och bristen på styrsystem för underhållet.

*"Since they can't measure it, they can't manage it" - Wireman (1998)*

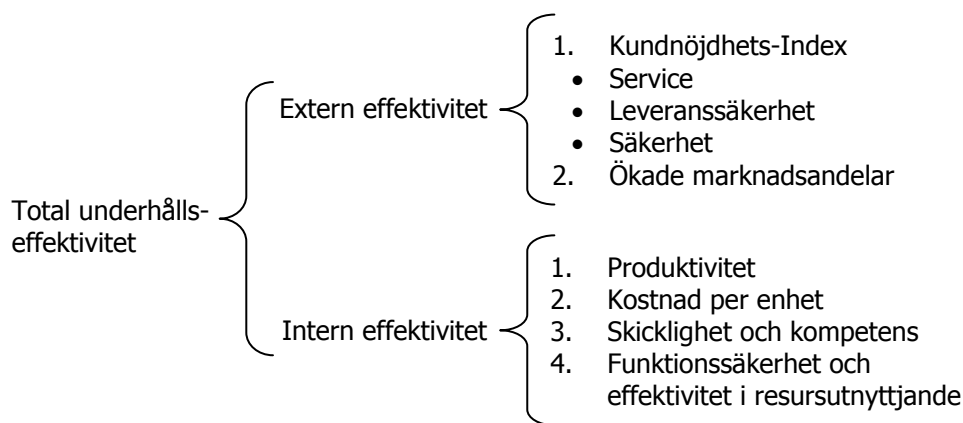
Ett sätt att åstadkomma detta är framtagandet av relevanta nyckeltal. Anledningen till nyckeltal bör användas för uppföljning av underhållets prestation istället för studier av rena siffror är att en siffra i sig saknar betydelse och det är först när den jämförs med någon annan siffra som den får sitt riktiga informationsvärde. Ett nyckeltal uttrycker enkelt och i en enda siffra en jämförelse mellan två tal. Exempelvis är det inte särskilt nyttigt att studera en isolerad utgiftspost om inte en jämförelse görs med de fördelar som utgiften bidragit till. Om enbart absoluta siffror används är det lätt att hamna i fällan att man bara fokuserar på kostnader



och alla utgifter ses som något ont som alltid bör minskas när i själva verket vissa utgifter i förlängningen bidrar till en ökad lönsamhet. (Westwick, 1984).

Nyckeltal kan enligt Smith (2003) delas upp i antingen, *ledande* eller *eftersläpande* nyckeltal. Ledande nyckeltal har till syfte mäta och spåra prestationen innan problem uppstår. Ledande nyckeltal är uppgiftsspecifika och reagerar snabbare än resultatsiffror vilket möjliggör ett proaktivt agerande. Eftersläpande nyckeltal är reaktiva och visar problem först efter att de har uppstått. Ett exempel på ett eftersläpande nyckeltal är budgetuppföljning.

Mätningen av underhållsprestationen kan delas in i extern respektive intern effektivitet som tillsammans bildar den totala underhållseffektiviteten för verksamheten, se Figur 3.10. Den interna effektiviteten karaktäriseras av frågor härrörande ett effektivt och ändamålsenligt användande av verksamhetens resurser medan den externa effektiviteten behandlar kundnöjdhet, ökade marknadsandelar etc. Den interna effektiviteten kan mätas i termer av exempelvis kostnadseffektivitet och produktivitet medan den externa effektiviteten mäts i termer som har en mer långsiktig påverkan på företagets lönsamhet och karaktäriseras av förmågan att leverera det kunden efterfrågan, i rätt tid och till rätt kvalitet. (Parida & Kumar, 2006)

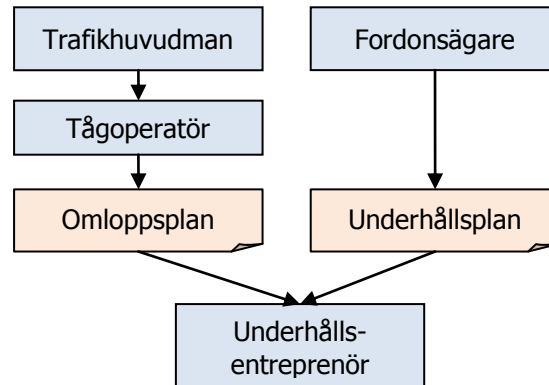


$$\text{Total underhållseffektivitet} = \text{Intern effektivitet} * \text{Extern effektivitet}$$

**Figur 3.10 Sammanställning av total underhållseffektivitet. (Parida & Kumar, 2006)**

## 3.4 Underhåll av spårfordon

Syftet att med detta avsnitt är att beskriva några av de förutsättningar som finns inom järnvägsbranschen och som påverkar underhållsverksamheten för spårburna fordon. En illustration över sambandet mellan aktörerna och de styrdokument som ligger till grund för underhållsverksamheten ses i Figur 3.11.



**Figur 3.11 Externa aktörer och styrdokument som påverkar underhållet av spårburna fordon.**

### 3.4.1 Aktörer

#### 3.4.1.1 Trafikhuvudman

Trafikhuvudmannen ansvarar för kollektivtrafiken i ett län och kontrolleras vanligtvis av ett *länstrafikbolag*, exempelvis *SL*. Trafikhuvudmannen utför normalt ingen trafik utan upphandlar denna utav tågoperatören. (Andersson & Berg, 2007). I vissa fall äger trafikhuvudmannen även de depåer i vilka underhållsentreprenören utför sin verksamhet.

#### 3.4.1.2 Tågoperatör

Tågoperatören (kallas ibland för *tågtrafikföretag* eller *trafikutövare*) är den aktör som utför själva tågtrafiken. Den största tågoperatören för kommersiell tågtrafik i Sverige är *SJ AB* men det finns även ett antal mindre och medelstora privatägda bolag som driver personaltrafik på lokal eller regional nivå. (Andersson & Berg, 2007). Tågoperatören är den aktör som utifrån trafikhuvudmannens krav på trafiktäthet bestämmer tidtabellen och vagnomloppen för den aktuella trafiken.

Tågoperatören är enligt Järnvägslag 2004:519 också ansvarig för att underhållet sköts på ett säkert sätt.

### **3.4.1.3 Fordonsägare**

Den aktör som äger eller leasar fordonen som körs på den aktuella sträckan kallas fordonsägare och är den som bestämmer hur fordonen ska underhållas samt formulerar underhållsplanen. Vanligtvis är det trafikhuvudmannen som är fordonsägare. Anledningen till att tågoperatören inte äger några fordon beror på att en anskaffning av järnvägsfordon är ett stort ekonomiskt åtagande under en period på över 30 år vilket inte gör det ekonomiskt försvarbart då ett trafikserviceavtal endast löper på mellan 5-10 år. (AB Transitio, 2010)

### **3.4.1.4 Underhållsentreprenör**

Underhållsentreprenörens uppgift är utföra underhållet av spårfordonen efter underhållsplanen (som är formulerad av fordonsägaren) och enligt det underhållskontrakt som underhållsentreprenören tecknat med tågoperatören.

## **3.4.2 Styrdokument**

### **3.4.2.1 Underhållsplanen**

Underhållsplanen är det viktigaste styrdokumentet för underhållsorganisationen. Grunden för underhållsplanen är den så kallade *RAMS-analysen*<sup>1</sup> som genomförs av tåg tillverkaren i samband med leveransen av vagnarna. Vid RAMS-analysen görs en riskanalys av alla ingående komponenter i vagnarna med avseende på konsekvenserna för tågsättet vid ett haveri av komponenten. De mest känsliga komponenterna läggs in i underhållsplanen tillsammans med instruktioner om underhållsintervall och acceptans- och/eller toleransnivåer. Underhållsintervallet kan vara tidsbaserat, kilometerbaserat eller både och, beroende på vilken komponent som avses. För de mindre känsliga komponenterna som ligger utanför underhållsplanen sätts vanligtvis ett underhållsintervall på 5 år. Utifrån de instruktioner som står i underhållsplanen skapar underhållsentreprenören olika underhållspaket där komponenter med liknande underhållsintervall eller utförande

---

<sup>1</sup> RAMS=Reliability, Availability, Maintainability, Safety

läggs samman så att de kan utföras vid ett och samma tillfälle. (Intervju, Landström, 2010).

#### **3.4.2.2 Omloppsplan**

Syftet med formulerandet av omloppsplanen är att tilldela ett fordon till varje sträcka i tidtabellen. (Warg, 2008). Utgångspunkten för vagnomloppsplaneringen är den grafiska tidtabellen som i sin tur har tagits fram utifrån trafikhuvudmannens krav på trafiktäthet, (ex. 15 minuters, 30 minuters eller 1-timmes trafik) under dygnet. (Intervju, Sjöberg, 2010).

Vagnomloppen kan antingen skapas manuellt eller med hjälp av programvara speciellt avsedd för ändamålet. Vid användandet av programvara är möjligheterna större att kunna ta fordonens underhållsintervall i beaktning. När tidtabellen väl är inmatad ges också möjligheten att testa olika scenarion och göra små förändringar utan att planeringen behöver göras om från början. Nackdelen med användandet av programvara är att detta oftast är framtaget av en extern aktör vilket kan innebära stora kostnader för implementering och förändringar av programmet. (Warg, 2008).

## 4 Nulägesbeskrivning

---

*I detta kapitel görs en utförlig beskrivning av Roslagstågs organisation, underhållsverksamhet och underhållsprocess.*

---

### 4.1 Roslagstågs verksamhet

Roslagstågs affärsidé är:

*”Att leverera tågtrafik på Roslagsbanan till sådan kvalitet och kostnadseffektivitet att kunden, SL, i alla lägen ser Roslagståg AB som det självklara valet av trafikoperatör” (Roslagståg AB, 2009A)*

Kvalitetsmålsättningen är att verksamheten ska utmärkas av följande punkter:  
(Roslagståg AB, 2009A)

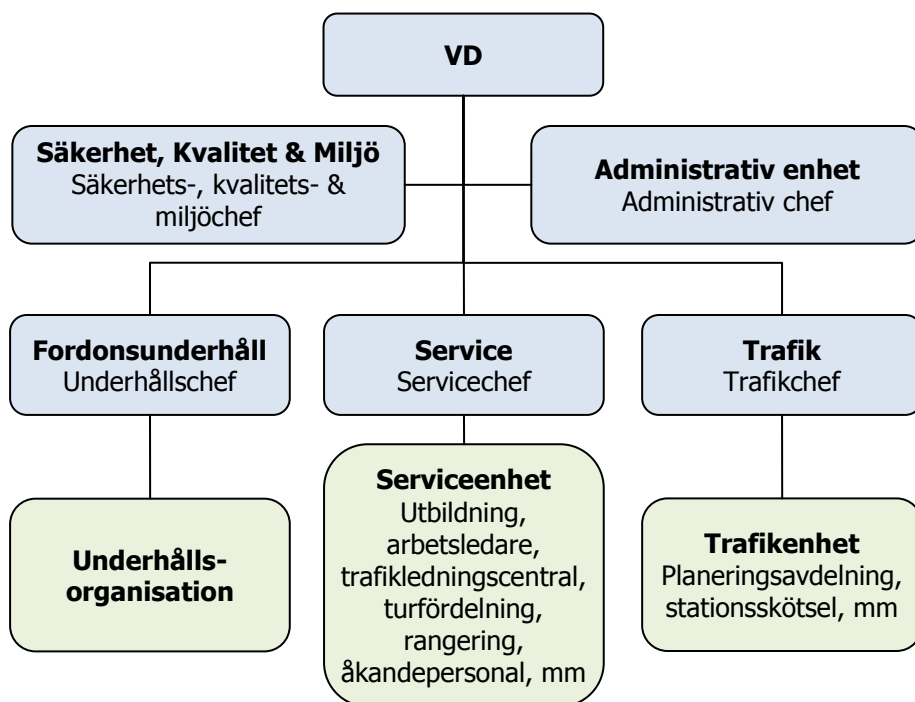
- Hög punktlighet och tillförlitlighet på fordon i och till trafik
- God information till resenärerna
- Trivsel, trygghet och säkerhet i resandet
- Nöjd kund och nöjda resenärer

Resenärsnöjdheten mäts från SL:s sida upp utifrån hur väl resenärerna anser att Roslagståg klarar av att hålla tidtabellen, hur bra de är på att ge information vid störningar, städning av vagnar och hållplats, bemötande från personalen, hur lätt det är att få svar på frågor samt förarens körsätt.

Företaget leds av VD som har ett övergripande ansvar för verksamheten. Organisationen i övrigt består av fem avdelningar med var sin avdelningschef, se Figur 4.1

De fem avdelningarna är: (Roslagståg AB, 2009A)

- *Säkerhet* ansvarar för säkerhet, kvalitet och miljö, utredningar och internkontroll, samt frågor som rör tekniska system för tågdrift.
- *Administration* hanterar personaladministration, IT-system, vaktmästeri och allmän administration.
- *Fordonsunderhåll* ansvarar för allt som berör underhållet av fordonen.
- *Trafik* hanterar bland annat planering av trafik, turlistor och vagnomlopp.
- *Service* ansvarar för tågdrift och trafikledning. Hanterar all trafikproduktion, inklusive personaltillsättning, daglig arbetsledning och långtidsplanering av trafik samt utbildning och rekrytering. Ansvarar också för trafikledningscentralen (TLC) och rangeringen.



Figur 4.1 Roslagstågs organisationsschema (Roslagståg AB, 2009A)

Nedan följer en beskrivning av verksamheten på avdelningarna fordonsunderhåll, service och trafik som på ett direkt, eller indirekt sätt berör underhållet av spårfordon på Roslagståg.

#### **4.1.1 Fordonsunderhåll**

Roslagståg har förutom att driva trafiken på Roslagsbanan även i uppdrag att för SL:s räkning underhålla de fordon som trafikerar banan. Övergripande kan det sägas att allt underhåll som är kopplat till slitage är Roslagstågs ansvar.

De underhållsåtgärder som ska utföras vid det förbyggande underhållet bestäms av underhållsplanen som är utformad av SL då dessa, förutom att de är trafikhuvudman för Roslagsbanan, också är fordonsägare för de vagnar som används för att driva trafiken. Däremot åligger det på Roslagståg att genomföra förbättringar av underhållsplanen enligt det underhållskontrakt som är tecknat med SL. (Winnerby, 2010)

För att kunna utföra underhållet har Roslagståg två depåer som de hyr av SL till sitt förfogande längs Roslagsbanan, en vid Östra Station (Östra depå) och en vid Mörby station (Mörby depå). Vid Östra depå finns det även en separat tvätthall för utvändigt rengöring av vagnarna.

##### **4.1.1.1 Underhållstyper**

De flesta komponenter i Roslagstågs underhållsplan har ett underhållsintervall som är kilometerbaserat där intervallet för olika komponenter varierar mellan 3 500 km och 140 000 km. Vissa större komponenter och system har ett tidsbaserat underhållsintervall som varierar mellan 1 till 6 år. (SL, 2009A).

De underhållsåtgärder som står beskrivna i underhållsplanen har delats upp i tre olika typer av förebyggande underhållspaket, dessa är: *Tillsynsarbete*, *Översynsarbete* och *Övrigt planerat underhåll*

*Tillsynsarbete* genomförs varje 3 500 km och utförs av tillsynspersonal vid Östra depå. Typiska tillsynsåtgärder är kontroll av dörrar, koppel, värmekabel, parkeringsbroms och batteri. Om en komponent behöver bytas eller repareras så genomförs inte detta av tillsynspersonalen utan en reparatör tillkallas. Vid en tillsyn åtgärdar reparatören också så kallade *vilande fel*. Med vilande fel menas sådana fel som inte är av trafikfarlig eller trafikstoppande karaktär och som inte

behöver omedelbara åtgärder. Ett exempel på vilande fel är ett trasigt passagerarsäte. I samband med att tågsättet är inne i depån för tillsyn utförs även en övergripande städning av vagnen då väggar och rutor och golv tvättas samt förarhytten städas. En tillsyn tar uppskattningsvis runt 2 timmar för 2 personer att genomföra och normalt genomförs 3-4 tillsyner på en dag. (Intervju, Viss, 2010).

*Översynsarbete* genomförs varje 12 000 km och utförs av verkstadspersonal vid Mörby depå. Vid en översyn utförs, förutom de åtgärder som ingår i en tillsyn, även kontroll av större komponenter och system såsom exempelvis boggi och elsystem. En översyn tar uppskattningsvis 3 personer 7 timmar att genomföra och normalt genomförs 1 översyn per dag. (Intervju, Thunberg, 2010).

*Övrigt planerat underhåll* inkluderar underhållsåtgärder som har ett intervall som är större än 12 000 km eller 50 dagar och som inte kan utföras i samband med en översyn eller tillsyn. Ett exempel på sådana underhållsåtgärder är exempelvis ett retardationsprov, det vill säga en kontroll av hela tågsättets bromsförmåga, vilket ska genomföras var 400:e dag. Ett annat exempel på övrigt planerat underhåll är större sprickkontroller som har ett underhållsintervall på 140 000 km. (Intervju, Viss, 2010).

Förutom att genomföra de underhållsåtgärder som står i underhållsplanen är det även underhållsorganisationens uppgift att vid behov genomföra utvändigt tvätt av vagnarna. Tidsåtgång för en tvätt är 10-15 min och görs vanligtvis i samband med att tågsättet ska köras in i Östra Depå för en tillsyn. Vidare ska vagnarna hållas fria från klotter då ingen vagn får gå i trafik med klotter enligt SL:s krav.

Roslagståg utför också *avhjälpande underhåll* (AU) då vagnarna går sönder längs linjen eller då föraren rapporterar ett fel som påverkar driften av fordonet men är av icke akut stoppande karaktär. Detta underhåll utförs av reparatörer, antingen direkt på linjen eller på Mörby depå om felet är av sådan art att det går att transportera in tågsättet till depån.

#### **4.1.1.2 CMMS**

Roslagståg använder sig av underhållsledningssystemet Maximo i sin underhållsverksamhet för generering av arbetsorder samt för att hålla koll på antalet kilometer eller dagar som respektive vagn har kvar tills dessa att



underhållsåtgärder måste utföras. All återrapportering av utförda underhållsåtgärder sker i Maximo. Vidare registreras i Maximo alla vilande fel som uppstår på vagnarna. Användandet av Maximo var ett krav från SL:s sida vid upphandlingen av underhållet. All information som Roslagståg matar in i Maximo har SL också tillgång till.

#### 4.1.2 Trafik

Trafikplaneringens uppgift är att utifrån SL:s beställning av trafik skapa en komplett tidtabell med tillhörande vagnomlopp. Trafikbeställningen från SL matas in i ett datasystem kallat GTM där Roslagsbanans utformning är inmatad sedan tidigare. GTM genererar utifrån detta en grafisk tidtabell och med denna som grund ritas vagnomloppen upp manuellt. I samband med utformningen av omloppsplanen görs också en växlingsplan som beskriver samtliga vagnrörelser som behöver utföras för att utföra vagnomloppen. (Intervju, Sjöberg, 2010).

Antalet vagnomlopp och längden av dem varierar beroende på veckodag, se Tabell 4.1 för en sammanställning av vagnomlopp vid vintertrafik.

**Tabell 4.1 Sammanställning av antal och längd på vagnomlopp per veckodag.**

Veckodag	Antal omlopp	Kortaste omlopp (km)	Längsta omlopp (km)
Måndag–Torsdag	29	50	690
Fredag	29	50	710
Lördag	13	300	710
Söndag	9	50	710

Alla vagnomloppen trafikeras inte hela tiden utan är belagda med trafik under olika tider på dygnet vilket också är den bidragande orsaken till den varierande längden på omloppen. Ett tågsätt stannar inte i samma vagnomlopp hela tiden utan vid arbetsdagens slut byter alla tågsätt till nästa vagnomlopp i ordningen. Det tågsätt som har genomfört omlopp 1 på måndagen, genomför omlopp 2 på tisdagen osv.

#### 4.1.3 Service

Den del av serviceorganisationen som är starkast kopplad till underhållsverksamheten är *rangeringen*. Rangeringen utför de fordonsrörelser som krävs för att säkerställa att rätt fordon kommer till rätt arbetsplats för reparation och underhåll. När produktionen av underhållet är klart utför

rangeringen de fordonsrörelser som krävs för att fordonen ställs upp rätt för att kunna gå ut i trafik igen.

Rangerledningen ansvarar för att *utgångslistan* utförs, omfördelar vagnar vid avvikelser från ordinarie omlopp samt ansvarar för utgångslistan och att den uppdateras vid de tidpunkter som underhållsplaneringsgruppen inte är i tjänst. (Roslagståg AB, 2009B)

Utgångslistan är rangerledarnas viktigaste styrdokument och visar förutom vilka tågsätt som ska plockas ut till underhållsåtgärder också i vilket vagnomlopp som respektive tågsätt befinner sig i. På utgångslistan finns det också noterat var de tåg som inte befinner sig i ett vagnomlopp är placerade någonstans på bangården. Även de tåg som befinner sig vid Mörby depå för reparation står också uppskrivna på utgångslistan.

Om ett tågsätt av någon anledning måste tas ut ur sitt vagnomlopp så dras ett streck i utgångslistan vid den tur där tågsättet plockades ut och en så kallad *bruten tur* uppstår. Om möjligt ersätts det uttagna tågsättet med ett reservtågsätt som befinner sig på bangården eller med ett tågsätt som befinner sig i ett annat vagnomlopp. Detta nya tågsätt fullföljer de turer som är kvar i vagnomloppet. Om inget ersättningstågsätt går att finna ställs de kvarvarande turerna in.

## 4.2 Roslagstågs underhållsprocess

Som utgångspunkt för en beskrivning av Roslagstågs underhållsprocess används den generella process som beskrivs i avsnitt 3.3. En sammanställning av Roslagstågs underhållsprocess, inkluderat vilken del av organisationen som har ansvar för respektive aktivitet och dokument ses i Figur 4.2.

### 4.2.1 Mål och krav

Målet med underhållet är enligt Jan Winnerby (2010) att skapa 100 % tursättning, det vill säga att ingen av de turer som är uppsatta i tidtabellen ska ställas in på grund av att det inte finns tillräckligt många tågsätt tillgängliga. Orsaken till detta är att för varje inställd tur gör SL ett avdrag från den ersättning som Roslagståg erhåller för att driva trafiken på Roslagsbanan. En annan målsättning med underhållet är att minska antalet vilande fel som finns på vagnarna då detta också finns som ett krav från SL sida.

Andra krav från SL:s sida förutom att alla turer ska tillsättas är att åtgärderna i underhållsplanen ska utföras enligt uppsatta intervall och att inga tågsätt får gå i trafik om de har utsatts för skadegörelse i form av klotter. (Winnerby, 2010)

Utvecklingen av underhållsverksamheten drivs av att man önskar prestera så bra att man är det självklara valet för SL vid nästa trafikupphandling av Roslagsbanan, i enlighet med Roslagstågs övergripande affärsidé. (Winnerby, 2010)

#### **4.2.2 Underhållsprogram**

Det underhållsprogram som Roslagståg använder sig av bygger på underhållsplanen och består, som nämnts ovan, av underhållspaketet Tillsynsarbete, Översynsarbete och Övrigt planerat underhåll med tillhörande checklistor samt de instruktioner för utförandet av underhållsåtgärderna som Roslagståg själva har utformat.

#### **4.2.3 Planering**

Planeringsfunktionens uppgift är att bestämma vilka vagnar som ska tas ur trafik för tillsyn eller översyn och när de ska göra det. Målet med planeringen är att se till att vagnarna producerar så många kilometer som möjligt innan FU-aktiviteter måste utföras enligt de intervall som finns beskrivna i underhållsplanen. Detta för att man inte ska utföra fler tillsyner eller översyner än man behöver göra. På så sätt försöker man också öka tillgängligheten på fordonen genom att tiden mellan underhållsåtgärder ökar och den totala tiden som fordonen är inne för förebyggande underhållsåtgärder i stället för ute i trafik minskar.

Arbetet styrs efter en så kallad *larmlista* som visar hur många kilometer ett tågsätt har kvar till dess att det når tillsynsintervallet på 3 500 km eller översynsintervallet på 12 000 km samt tiden eller antalet kilometer kvar till andra större underhållsåtgärder.

Planeringen sker för en vecka i taget men måste uppdateras varje dag då planerat antalet producerade kilometer för ett tågsätt under en dag ofta skiljer sig kraftigt från det antal som de faktiskt producerar. Själva planeringen går till så som följer:

Varje morgon registreras antalet producerade kilometer för respektive tågsätt från föregående dygn i Maximo, detta görs genom att studera utgångslistan för föregående dag och manuellt knappa in antalet kilometer som respektive vagn har utfört. I samband med detta kontaktar planeraren också TLC för en uppdatering av

den aktuella trafiksituationen och vagnläget. Därefter plockas larmlistan ut från Maximo vilket lägger grunden för beslutet om vilka tågsätt som blir aktuella att ta ut för underhållsåtgärder under dagen. Detta noteras på utgångslistan och lämnas över till rangerledaren. En notering om vilka tågsätt som kan bli aktuella för tillsyn eller översyn nästkommande dag görs också. (Intervju, Viss, 2010).

En långsiktig planering (1-2 månader) av förebyggande underhållsåtgärder genomförs enbart för åtgärder som har ett underhållsintervall som är större än 12 000 kilometer och som ingår i övrigt planerat underhåll enligt ovan. (Intervju, Viss, 2010).

#### **4.2.4 Utförande**

Produktionen av underhållet varierar beroende på vilken typ av underhåll det är som genomförs, (se avsnitt 4.1.1.1). Generellt kan det sägas att produktionen inleds med att rangeringen transporterar in aktuellt tågsätt till depå ifrån bangården eller banan (så till vida det inte är ett avhjälpande underhåll som måste genomföras direkt på linjen, i så fall sker ingen rangering). Underhållet utförs sedan enligt de instruktioner som utformats av Roslagståg. Slutligen görs en kontroll av att åtgärden har utförts enligt gällande underhållsdokumentation innan tågsättet klagörs för trafik och lämnas över till rangeringen som transporterar bort det till bangården eller tillbaka till trafiken. (Roslagståg AB, 2009B)

#### **4.2.5 Datainsamling**

Efter att produktionen av underhållet har genomförts görs en rapportering i Maximo av de underhållsåtgärder som har utförts. Vilken information som samlas in varierar beroende på vilken typ av underhåll som utförts.

I samband med slutförandet av tillsynsarbete och översynsarbete registreras vilka av åtgärderna i arbetsordern som har utförts, vilken vagn, samt vilket datum åtgärden har utförts på. Vidare registreras det om eventuella vilande fel på vagnen har åtgärdats. Tidsåtgången för utförandet av åtgärderna registreras inte. (Intervju, Viss, 2010; Intervju, Thunberg, 2010).

Vid utförandet av avhjälpande underhåll registreras följande data: (Intervju, Viss, 2010).

- Felorsak
- Åtgärd
- Vilken vagn
- Vilken utrustning
- Åtgärdat eller vilande fel
- Datum och tidpunkt för rapportering
- Tidpunkt för reparation
- Anmälare

Registrering av tidsåtgång samt materialutnyttjande registreras inte vid avrapporteringen av avhjälpande underhåll.

I samband med att ett fel uppstår på fordonen, stoppande eller vilande, skriver föraren en felrapport där det står vilket fel som har uppstått och vilket datum felet upptäcktes. Föraren rapporterar även in felet till Trafikledningscentralen som gör en notering om detta i sin trafikstörningsrapport. Den skriftliga felrapporten från föraren lämnas i en låda på Östra station. Lådan töms varje morgon av reparatörerna på östra station som sedan knappar in felet i Maximo, tillsammans med information om vilken vagn som är berörd. Rapporterna lämnas sedan över till Roslagstågs Teknik-och dokumentansvarige. Mörkertalet bland rapporterna är stort då uppskattningsvis bara 16 % av alla störningsrapporteringar från förare till TLC genererar en skriftlig felrapport. (Intervju, Ek, 2010).

#### **4.2.6 Analys och återkoppling**

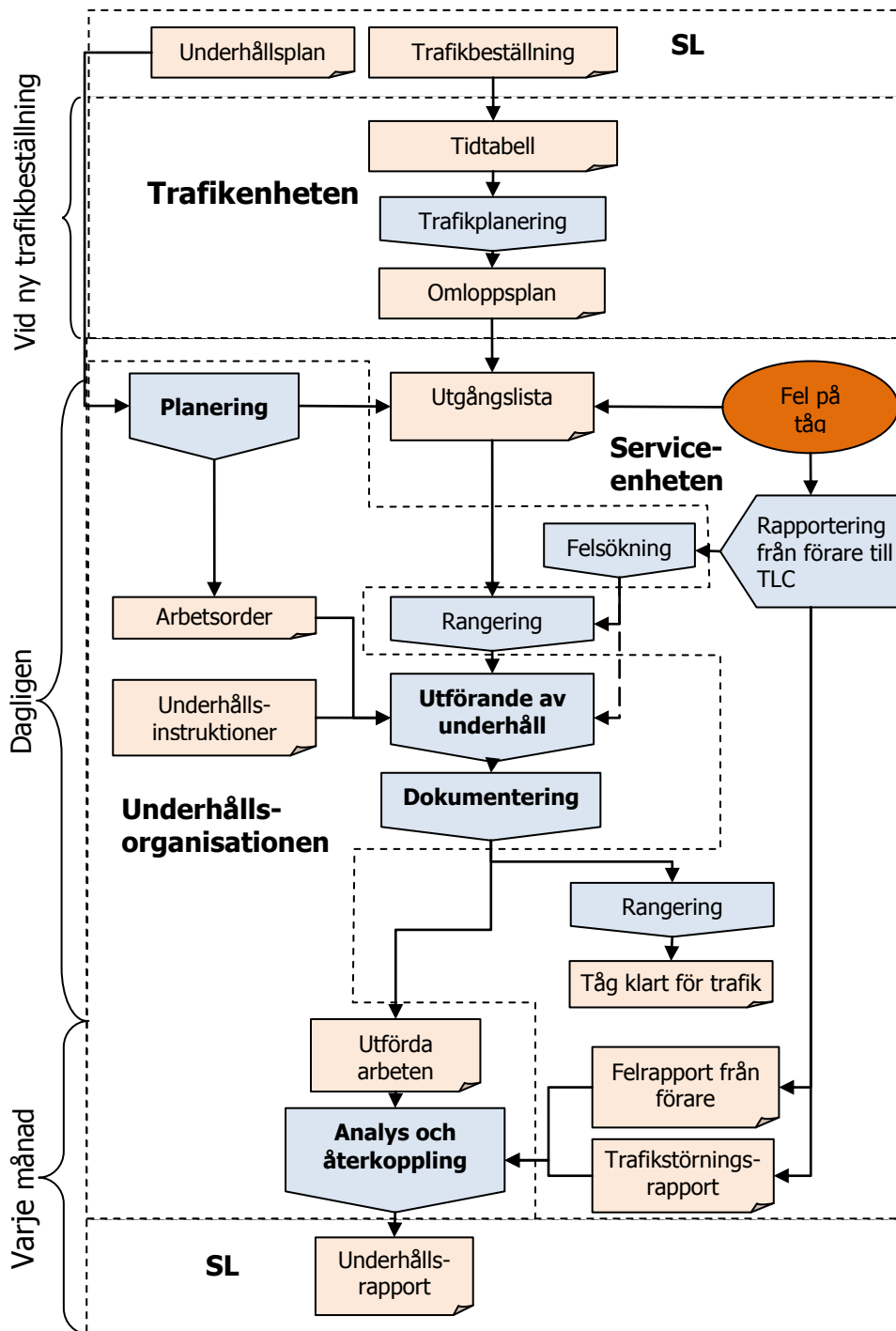
Uppföljningen av utförda underhållsåtgärder på Roslagståg sker i samband med ett produktionsmöte som genomförs en gång i veckan. Under detta möte medverkar de två verkstadscheferna för Östra depån och Mörby depån, underhållsplaneraren, inköps- och lageransvarige samt underhållschefen. På mötet diskuteras de problem som är mest återkommande för stunden och vilka åtgärder som skulle kunna utföras för att lösa dem. Vilka problem som ska diskuteras bestäms av deltagarna utifrån deras erfarenheter från den gångna veckan samt den månatliga sammanställningen över de vanligaste felen som orsakar förseningar eller inställda tåg, enligt de felrapporteringar som lokförarna lämnar till TLC i samband med en

försening uppstår. (Intervju, Viss, 2010). Exempel på felorsaker är *bromsfel*, *dörrfel* eller *fel på traktionsutrustning*. Denna sammanställning finns också med i *underhållsrapporten* som Roslagståg varje månad lämnar till SL.

Underhållsrapporten innehåller förutom ovanstående sammanställning följande information: (Intervju, Ek, 2010)

- Medelsträcka mellan störningar i trafik, uppdelat på störningar mellan 3-14 minuter och störningar större än 14 min eller inställt tåg.
- Totala antalet genomförda tågkilometrar jämfört med antalet planerade kilometrar.
- Tilläggsarbeten utanför underhållsplanen som har genomförts
- Större revisioner som genomförts
- Antalet tillsyner och översyner som har genomförts under månaden.

Något strukturerat arbetsätt för att identifiera vilka underhållsåtgärder som bör införas för att förhindra återkommande haverier finns inte, utan de ändringsbegärningar av underhållsplanen som lämnas till SL bygger främst på förslag från en reparatör på Mörby depå som har stor kunskap och erfarenhet av fordonen.



Figur 4.2 Roslagstågs underhållsprocess





## 5 Analys

---

*I detta kapitel görs en analys av Roslagstågs underhållsprocess som presenterades i föregående kapitel. Då underhållsplanens utformande och det praktiska utförandet av underhållet ligger utanför detta examensarbets omfattning genomförs ingen analys av dessa delprocesser.*

---

### 5.1 Roslagstågs underhållsprocess

#### 5.1.1 Mål och krav

De mål som är uppsatta för Roslagstågs underhållsverksamhet är alla formulerade utifrån de krav som finns från SL:s sida för att Roslagstågs ska anses uppfylla underhållskontraktet. Med utgångspunkt i modern underhållsteori bör dock underhållsverksamheten på Roslagståg förutom att uppfylla SL:s krav även sträva efter att bidra till ökad förtjänst för Roslagståg som helhet. Detta synsätt bör också präglade de målsättningar som sätts upp för underhållet.

Situationen i tågtrafiksbranschen med serviceavtal som sträcker sig mellan 5-10 år gör det svårt att skapa lönsamhet på lång sikt om man inte lyckas vinna nästa upphandling. Det långsiktiga målet för underhållet bör därför vara att prestera så bra att man är det självklara valet för SL vid nästa upphandling. Detta är något som Roslagståg är väl medvetna om då det utgör deras formulerade affärsidé. För att

målsättningen ska vara relevant måste den dock kunna sättas i relation till underhållets prestation och formuleras med hjälp av mätbara termer.

På SL:s hemsida kan man läsa:

*”I SL:s upphandlingar utvärderas både kvalitet och pris, och det är inte alltid anbudsgivaren med det lägsta priset som vinner en upphandling. Erfarenhet av, och framgång med, liknande uppdrag värderas också högt.” (SL, 2009B)*

Exakt vilka kriterier som SL använder sig av vid utvärderingen av kvaliteten på trafiken har författaren inte tillgång till men då SL:s övergripande målsättning måste anses vara att ha nöjda resenärer kan en indikation om kriterierna ges från den undersökning om kundnöjdhet som SL genomför varje halvår. I undersökningen kan man läsa att den kvalitetsfaktor som påverkar kundnöjdheten mest är *tidshållningen*. (SL, 2010). Detta är också den faktor, förutom *invändig städning*, som underhållsverksamheten har störst påverkan på. Ju fler förseningar som kan förhindras med hjälp av ett effektivt förebyggande underhåll, ju fler nöjda resenärer och ju nöjdare kund.

Med utgångspunkt i ovanstående resonemang måste dagens målsättning med 100 % tursättning anses vara otillräcklig då den enbart fokuserar på den kortsiktiga lönsamheten i form av att minska antal inställda turer. Tursättning anger endast hur många av turerna som man klarar av att tillsätta, men ingenting om hur många av turerna som slutförs utan förseningar på grund av tekniska fel på tågen. Inte heller säger den något om kostnadseffektivitet, produktivitet eller resursutnyttjande i verksamheten.

### **5.1.2 Planering**

I nuläget sker, som tidigare nämnts, planeringen av vilka tågsätt som ska tas ut till tillsyns- och översynsarbete enligt en planeringshorisont på (som högst) en dag framåt. Detta innebär att få förberedelser inför utförandet av underhållsåtgärder hinns med, vilket ökar tiden som tågen inte är tillgängliga för trafik. Vidare är det svårt att få ett bra resursutnyttjande om man inte vet vilka underhållsåtgärder som ska utföras de närmaste dagarna eller hur stor arbetsbelastningen kommer att bli.

Orsaken till den korta planeringshorisonten beror enligt Patrik Viss, underhållsplanerare på Roslagståg, på svårigheten att förutsäga hur många

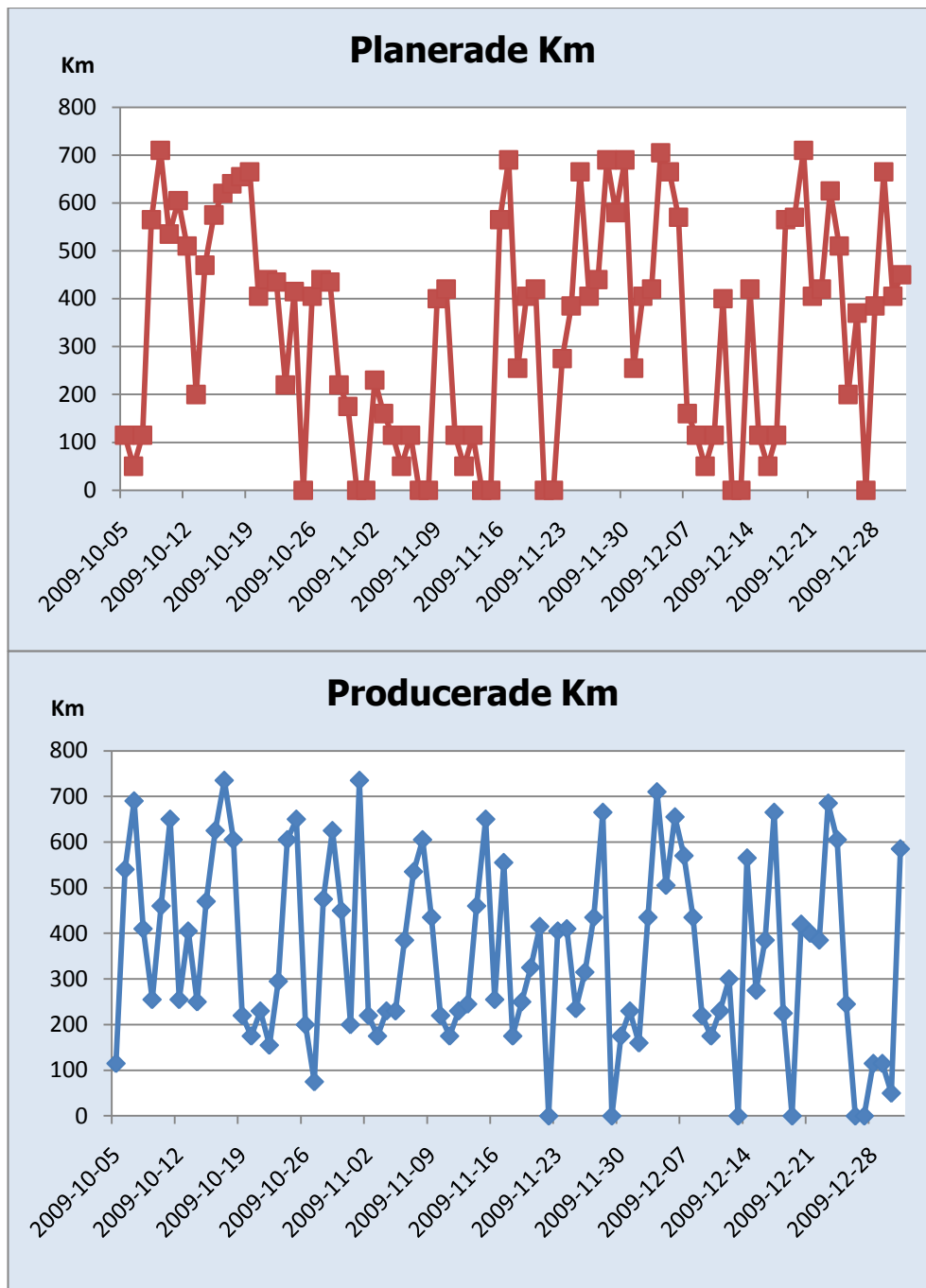
kilometer ett tågsätt kommer att producera under de nästkommande dagarna. Detta blir ett problem då ett av målen med planeringsfunktionen på Roslagståg är att se till att tågsätten producerar så många kilometer som möjligt innan tågsättet tas ut till FU-åtgärder.

Genom att exportera information om antalet producerade kilometer per dag under 2009 för ett urval motorvagnar från Maximo och rita upp detta i en graf så illustreras den stora variationerna i den dagliga kilometerproduktionen, dels för varje vagn men även variationen tågsätten emellan (se Bilaga 1).

Variationen är så pass stor och oförutsägbar att problemet inte går att lösa med hjälp utav ett sofistikerat planeringsverktyg. För att komma tillrätta med problemen med den kortsiktiga planeringen måste därför det problem som orsakar variationen tas i itu med.

På grund av att ett tågsätt befinner sig i olika vagnomlopp varje dag och längden på dessa omlopp varierar så finns det en förutsägbar variation i antal producerade kilometer för respektive tågsätt. Denna variation innebär dock inte ett problem i sig. Om vagnsättet hade stannat sitt planerade omlopp hade möjligheten funnits att planera underhållsåtgärderna utefter detta. En illustration av skillnaden mellan antalet planerade kilometer per dag och den faktiska produktionen för en specifik motorvagn under perioden 2009-10-05 till 2009-12-31 ses i Figur 5.1.

Att 2009-10-05 användes som startdatum beror på att Roslagståg vid detta datum gick över till vintertidtabell med full trafikläggning.

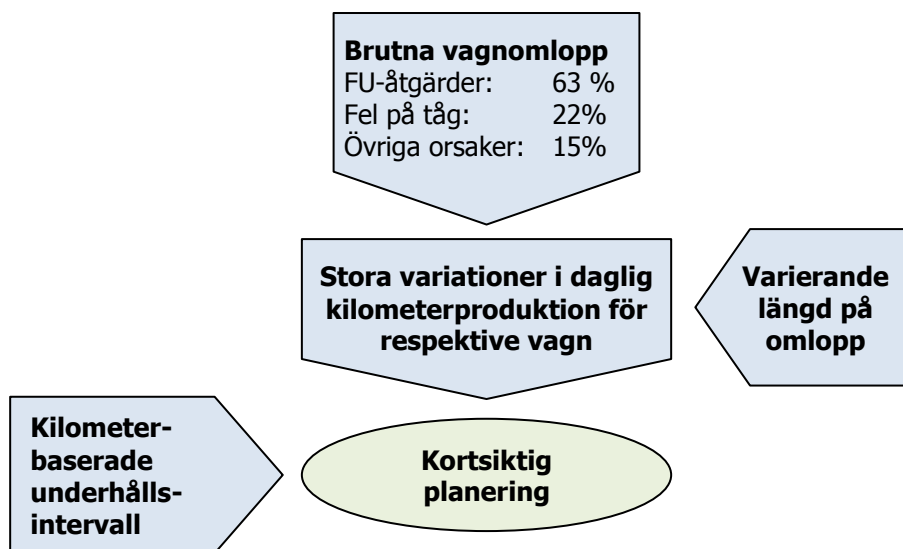


**Figur 5.1** Verkligt antal producerade kilometer och planerat antal producerade km för motorvagn 223 under perioden 2009-10-05 till 2009-12-31

Orsaken till variansen mellan planerade och faktiska kilometer kan härledas till att tågsättet har tagits ur sitt vagnomlopp, för att omedelbart eller vid ett senare tillfälle sättas in i ett annat omlopp. Därför måste också andelen brutna vagnomlopp och orsaken till dessa undersökas.

En manuell genomgång av utgångslistorna för perioden 2009-10-05 till 2009-12-31 visar att i genomsnitt så bryts 41 % av de 29:e vagnomloppen någon gång under dygnet.

Av dessa brutna vagnomlopp kan 63 % direkt eller indirekt härledas till uttag av tågsätt till förebyggande underhållsåtgärder. 22 % av de brutna vagnomloppen kan härledas till att något fel på tågen uppkommit och 15 % beror på övriga händelser så som kollision med älg eller skadegörelse. Dessa övriga 15 % inkluderar även de brutna vagnomlopp där ingen direkt orsak kunde identifieras. För en komplett sammanställning av antalet brutna turer fördelat på orsak till brytningen, se Bilaga 2. I Figur 5.2 ses en illustration av ovanstående problem hänger ihop med den kortsiktiga planeringen.



Figur 5.2 Illustration av faktorer som orsakar den kortsiktiga planeringen

Att en så stor del av de brutna vagnomloppen beror på uttag av tågsätt från trafiken till **förebyggande** underhållsåtgärder kan ses som anmärkningsvärt då detta är åtgärder som hade kunnat gå att förutspå och därmed hade en brytning av vagnomloppet kunnat undvikas.

Orsaken till detta kan i sin tur hittas i hur Roslagståg går tillväga vid planeringen av vagnomloppen. Då trafikplaneringen inte tar hänsyn till att vagnarna måste tas ut till förebyggande underhållsåtgärder så stämmer inte de planerade omloppen med den verkliga trafiksituationen vilket innebär att vagnomloppen måste brytas för att trafiken ska kunna flyta på så bra som möjligt. För att möjliggöra långsiktig planering av underhållsåtgärder måste denna därför samordnas med planeringen av vagnomloppen.

### **5.1.3 Datainsamling, analys och återkoppling**

Analysen av uppföljningsarbetet på Roslagstågs underhållsavdelning kan delas upp i två olika områden. Dessa är *uppföljning av underhållsprestation* och *uppföljning av felorsaker*.

#### **5.1.3.1 Uppföljning av underhållsprestation**

En analys av Roslagstågs uppföljning av den dagliga underhållsprestationen visar att det saknas rutiner för att mäta och följa upp den interna prestationen i verksamheten.

Eftersom ingen registrering görs utav tidsåtgången eller materialåtgången vid utförandet av underhållsåtgärderna, varken vid förebyggande eller avhjälpande underhåll, så saknas det också adekvat data för att kunna göra en sådan uppföljning. Efter som det inte heller registreras vid vilken tidpunkt vagnen tas ut ur trafik och tidpunkt för när den återgår i trafik är det inte heller möjligt att säga någonting om hur stor andel av den totala stilleståndstid som består av det faktiska utförandet av underhållsåtgärder.

En orsak till avsaknaden av rutiner för uppföljning av den interna underhållsprestationen kan härledas till att det saknas tydligt uppsatta mål för olika delar av verksamheten. Finns det inga mål så finns det inte heller något att jämföra prestationen emot. Som tidigare nämnts är den övergripande målsättningen med underhållet 100 % tursättning, men en koppling mellan

målsättningen och den interna prestationen eller delmål för hur denna ska uppnås saknas.

Bristen på data gör att det också är svårt att identifiera vilka aktiviteter i verksamheten som kräver de mesta resurserna i form av tid och kostnad och därmed är i mest behov av förbättringsåtgärder.

### **5.1.3.2 Uppföljning av felorsaker**

Den sammanställning som Roslagståg gör av de vanligaste felorsakerna på fordonen baserar sig på de rapporter som lokförarna lämnar i samband med att en trafikförsening uppstår. Problemet med detta är att lokföraren enbart ger en indikation om *symptomen* av felet men det ger ingen egentlig information om *orsaken* till problemet. Det vanligaste rapporterade felet ”fel på traktionsutrustning” kan exempelvis ha flera olika orsaker till att det uppstått.

För att komma tillrätta med detta problem bör information om felet istället insamlas ifrån felsökarna och reparatörerna som har större insikt i vagnarnas funktionalitet kan rapportera vilken eller vilka komponenter som har som orsakat problemet. Detta hade också löst problemen som upplevs med de bristfälliga felrapporteringarna från förarna. Viss information om felorsak registreras idag i Maximo av reparatörerna i samband med avrapportering av utförda åtgärder men det sker inte alltid och någon uppföljning av informationen görs inte.

I Maximo finns alla komponenter i vagnarna inlagda vilket gör det möjligt att registrera exakt vilken komponent som reparerats eller bytts ut vid åtgärdandet av ett avhjälpande fel. Det kan dock vara svårt att motivera för reparatörerna att registrera detta om inte informationen sedan följs upp.

Att veta vilken komponent som har gått sönder räcker inte för att bestämma vad som är grundorsaken till felet, det vill säga vad det var som gjorde att komponenten gick sönder. Dock ger det en bra grund för en fortsatt utredning av felet. Genom att sammanställa vilka komponenter som oftast går sönder eller är orsak till de längsta stillestånden kan man även få en indikation om vilka fel som bör prioriteras för en utförligare undersökning.

Som nämnts i avsnitt 3.3.1 är det viktigt att införandet av varje ny underhållsåtgärd i underhållsplanen har föregåtts av en systematisk och utförlig utredning för att

säkerställa att åtgärden faktiskt förebygger grundorsaken till ett fel. Om inte detta görs är risken stor att man introducerar underhållsåtgärder som inte har någon förankring i det verkliga underhållsbehovet och man kommer att utföra onödigt arbete som inte hjälper till att minska antalet fordonsfel. De totala underhållskostnaderna kommer i så fall öka utan att bidra till någon förbättring av funktionssäkerheten av fordonen.



## 6 Diskussion

---

*I detta kapitel diskuteras de problem som uppdagats i analyskapitlet och återkopplas till den teori som presenterats i avsnitt 3. Vidare görs ett försök till att beskriva hur de olika problemen relaterar till varandra.*

---

De identifierade problemområdena i föregående kapitel är alla symptom på en reparationsorienterad underhållsorganisation. Genom införandet av planeringsgruppen har Roslagståg visat på ambitionen och viljan att ta steget mot en mer planerad och proaktiv verksamhet men som beskrivs i avsnitt 3.2.4 är denna resa inte helt enkel och kan inte uppnås enbart genom anställandet av en planerare. Förändringen måste inkludera hela underhållsverksamheten inklusive de målsättningar som sätts upp.

Målsättningen med underhållet bör enligt modern underhållsteori vara att öka organisationens lönsamhet, både på kort och på lång sikt samt ge incitament till ett effektivt utförande av underhållsåtgärder. Genom att ha som målsättning att *öka driftsäkerheten* tillgodoses dessa krav då denna både ger en indikation om fordonens funktionssäkerhet och underhållsorganisationens förmåga att återinföra fordonet i trafik. En bra driftsäkerhet kan dessutom anses extra viktig inom järnvägsbranschen då en bristande driftsäkerhet ger direkt effekt på den externa prestationen i form av resenärnöjdhet.

Att ha som målsättning att öka driftsäkerheten belyser också vikten av att åtgärda problemen med den kortsiktiga planeringen och den bristande uppföljningen som identifierats i föregående kapitel. Detta då driftsäkerheten beräknas med hjälp av tillgänglighet  $A$  och kan uttryckas som:

$$A_0 = \frac{MTBM}{MTBM + MDT}$$

Där MTBM (Mean Time Between Maintenance) står för genomsnittlig tid mellan utförandet av underhållsåtgärder och MDT (Mean Down Time) står för genomsnittlig tid som vagnen inte är tillgänglig för trafik på grund av underhållsåtgärder.

En bra planering, både på lång och kort sikt, bidrar till att tågen inte tas ut till förebyggande underhållsåtgärder i onödan. På så sätt ökas tiden mellan underhållsåtgärderna (MTBM). Men en god planering bidrar också till en bättre framförhållning och minskade väntetider i depån vilket minskar tiden då fordonen inte är tillgängliga för trafik (MDT).

Genom att börja mäta och följa upp den interna effektiviteten kan flaskhalsar och onödiga väntetider identifieras och åtgärdas. Detta minskar tiden från det att tågsättet tas ur trafik till dess det är tillgängligt för trafik igen (MDT minskas).

En uppföljning av tidsåtgången för olika utförda underhållsåtgärder kan även ge information om hur lätt eller svårt det är att upptäcka och avhjälpa ett särskilt uppkommet fel. Detta möjliggör en identifiering av åtgärder som kan öka fordonens underhållsmässighet och minska tiden för utförandet av underhållsåtgärden. (MDT minskas).

En bra och strukturerad uppföljning av uppkomna fel bidrar till möjligheten att förebygga att felet uppstår igen vilket ökar funktionssäkerheten och ökar den genomsnittliga tiden mellan avhjälpan underhållsåtgärder (MTBM ökar). Det totala antalet förseningar och inställda turer orsakade av tekniska fel minskar därmed och resenärsnöjdheten ökar.

I Roslagstågs fall får en ökad funktionssäkerhet ytterligare en positiv effekt då antalet vagnomlopp som bryts på grund av tekniska fel på tågen minskar vilket ger en jämnare kilometerproduktion. Detta i sin tur förenklar och förbättrar

planeringen av de förebyggande underhållsåtgärderna vilket ytterligare ökare tillgängligheten enligt ovan.

Ett utav grundvillkoren för att kunna göra resan mot ett funktionsorienterat underhåll är enligt Dunn (2003) att det finns en bra integration mellan produktion och underhåll. Att detta saknas hos Roslagståg illustreras av bristen på samarbete mellan trafikplanering och underhållsplanering vilket skapar stora oförutsägbara variationer i den dagliga kilometerproduktionen vilket omöjliggör en långsiktig planering. För att kunna uppnå en mer planerad underhållsverksamhet måste samarbetet mellan trafik och underhåll på Roslagståg öka och underhållet av fordonen måste ses som en naturlig del av tågdriften istället för att behandlas som en störning av den.

Ett ha som målsättning att öka driftsäkerheten är dock inte tillräckligt då detta främst fokuserar på intäktssidan, minst lika viktigt är det att fokusera på att underhållsåtgärderna sker så kostnadseffektivt som möjligt. Både för att öka förtjänsten men också för att skapa sig fördelar vid nästa upphandling. Detta belyser ytterligare vikten av en bra datainsamling och bra uppföljningsrutiner för att kunna kontrollera kostnaderna och identifiera kostnadsbesparingar.

En omställning till ett driftsäkerhetsfokuserat underhåll kommer med all sannolikhet vara förknippat med vissa investeringskostnader så som exempelvis ett implementerande av en mer sofistikerad programvara för planering av vagnomlopp. Dessa kostnader måste ställas i relation till de fördelar i form av ökad driftsäkerhet och de långsiktiga förtjänster som investeringen kan bidra till.

Värt att notera är att även andra faktorer spelar in när det kommer till underhållets långsiktiga påverkan på Roslagståg lönsamhet såsom säkerhetsaspekter, miljöaspekter och samarbetsförmåga med SL. Dessa faktorer ligger dock utanför detta examensarbets omfattning.

## 7 Slutsatser och rekommendationer

---

*I detta kapitel presenteras de slutsatser som kan dras om Roslagstågs underhållsprocess samt de åtgärder som bör genomföras för att utveckla verksamheten. Rekommendationer om hur åtgärderna kan utföras mer konkret och hur de kan integreras i den nuvarande verksamheten ges sedan. Kapitlet avslutas med förslag på fortsatta studier inom området.*

---

### 7.1 Slutsatser

Även om de har visat ambitioner på annat så måste den nuvarande underhållsverksamheten på Roslagståg ses som reaktiv och reparationsorienterad vilket kan härledas till att det fortfarande är en relativt nystartad organisation. Genom tillsättandet av en planeringsgrupp har Roslagståg dock tagit de första stegen på resan mot ett mer proaktivt och funktionssäkerhetsorienterat underhåll.

I enlighet med detta examensarbets syfte har ett antal åtgärder identifierats som Roslagståg bör genomföra för att kunna ta nästa steg i utvecklingen av underhållsverksamheten. Dessa är:

- Den övergripande målsättningen med underhållet bör förändras till att fokusera på ökad driftsäkerhet och ökad kostnadseffektivitet. Detta för att skapa långsiktighet i verksamheten och belysa underhållets bidragande till en ökad lönsamhet för Roslagståg som helhet.

- Planeringen av vagnomlopp bör integreras med en långsiktig planering av underhållsåtgärder. Detta för att minska andelen avbrutna vagnomlopp och minska oförutsägbarheten i kilometerproduktionen. Därigenom möjliggör man en längre planeringshorisont för utförandet av tillsyner och översyner.
- Uppföljningen av den interna underhållsprestationen bör förbättras och kopplas till den övergripande målsättningen med underhållsverksamheten.
- Uppföljningen av fordonsfel bör bli mer systematiskt och baseras på *orsaken* istället för *symptomet* till felet.

## 7.2 Rekommendationer

Detta avsnitt syftar till att ge konkreta förslag på hur några av de identifierade problemen med Roslagstågs underhållsprocess kan åtgärdas.

### 7.2.1 Koppling mellan målsättningar och uppföljning av intern prestation.

Genom att införa driftsäkerhet som en övergripande målsättning så möjliggörs en sammankoppling med prestationen för de olika delarna i underhållsverksamheten. Detta genom att driftsäkerheten mäts genom tillgängligheten och kan delas upp med avseende på faktorerna funktionssäkerhet, underhållsmässighet, och underhållssäkerhet.

Funktionssäkerheten kan kopplas till hur väl underhållet lyckas med att förebygga och minska andelen avhjälpande underhåll och berör fordonens prestation. Underhållsmässigheten kan kopplas till effektiviteten i utförandet av själva underhållsåtgärden och underhållssäkerheten kan kopplas till underhållsorganisationens effektivitet i att minska andelen onödiga väntetider i samband med utförandet av en underhållsåtgärd. Genom att utforma nyckeltal för vart av de tre områdena kan man lätt identifiera vilket område som är i störst behov av åtgärder för att uppnå uppsatta mål på tillgängligheten. Detta medför också en möjlighet att kontinuerligt följa upp prestationen och identifiera problem i godtid. Nedan följer en genomgång av tre lämpliga nyckeltal med koppling till driftsäkerheten och tre olika områden i underhållsverksamheten.

Ett lämpligt nyckeltal för uppföljning av det förebyggande underhållets effektivitet är förhållandet mellan antalet FU-åtgärder och antal AU-åtgärder. Detta är även i enligt med teorin (se avsnitt 3.3.2). Fördelen med kopplingen till driftsäkerheten är att en ökning av antalet FU-åtgärder i syfte att öka fyllnadsgraden av detta nyckeltal kommer att påverka tillgängligheten negativt. En simultan ökning av både nyckeltalet och tillgängligheten kan bara ske genom en minskning av andelen AU-åtgärder.

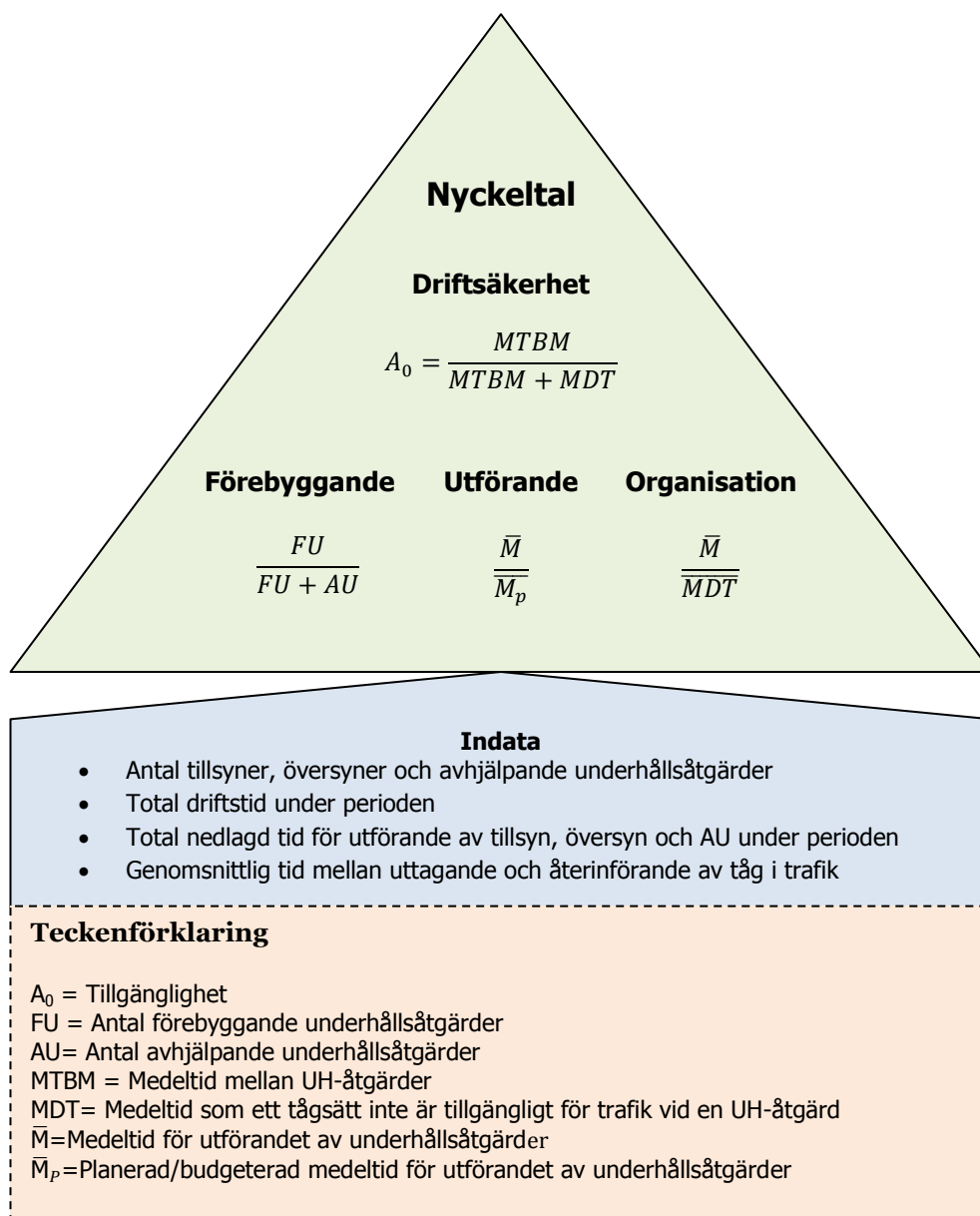
Att utforma ett nyckeltal för att mäta effektiviteten av utförda underhållsåtgärder bör ske med viss försiktighet då en minskning av tidsåtgången inte får ge avkall på underhållets kvalitet. En jämförelse mellan medeltiden för att utföra de olika underhållsåtgärderna med den planerade eller budgeterade tidsåtgången för en åtgärd kan därför var lämplig. Detta har också fördelen att det visar om underhållet plötsligt börjar ta mycket mindre tid än vad som är avsatt för åtgärderna vilket kan ge indikationer om att åtgärderna inte utförs tillräckligt utförligt. Detta nyckeltal kan också brytas ner ytterligare för att ge information om effektiviteten vid utförandet av all de olika underhållstyperna.

Det tredje nyckeltalet bör visa på hur stor del av den totala tiden som fordonet inte är tillgängligt för trafik som utgörs av det faktiska utförandet av underhållsåtgärden. Är detta tal väldigt litet ger det en indikation på att det kan finnas möjligheter att förkorta tiden som fordonet är otillgängligt för trafik genom att eliminera onödiga väntetider i samband med underhållsåtgärder. Även detta tal kan brytas ner ytterligare i de olika underhållsaktiviteterna. En illustration av de föreslagna nyckeltalen samt den indata som krävs ses i Figur 7.1.

En annan fördel med driftsäkerhet som målsättning är att den direkt kan relateras till tursättning då tillgängligheten multiplicerat med totalt antalet tågsätt visar hur många tågsätt som i genomsnitt finns tillgängliga för trafik. Detta tal bör alltid vara större än antalet vagnomlopp för att det ska finnas tillräckligt många tågsätt tillgängliga för att alla turer ska kunna genomföras utan att andra vagnomlopp behöver brytas.

En Excel-modell för uträknade av driftsäkerhet, nyckeltal och antal tillgängliga tågsätt ses i bilaga 3. Där ses också hur en förändring av olika delprestationer påverkar driftsäkerheten. Det bör påpekas att denna modell enbart är en prototyp

och bör byggas vidare på till att inkludera även andra delar i verksamheten såsom städning och tvättning av tåg, antalet felrapporteringar från förare etc. Likaså bör en liknande modell upprättas för uppföljning av kostnadseffektiviteten i verksamheten.



**Figur 7.1. Rekommenderade nyckeltal för uppföljning av intern underhållsprestation**

## **7.2.2 Integrering av underhållsåtgärder i vagnomloppsplanering.**

Behovet av att vagnomloppen tar hänsyn till att vagnarna dagligen behöver tas ut i till förebyggande underhållsåtgärder har tydligt belysts i detta arbete. Inputen i vagnomloppsplaneringen bör därför vara en långsiktig underhållsplanering som görs utifrån det totala underhållsbehovet under den aktuella tidsperioden, baserat på den totala kilometerproduktionen och de åtgärder som är beskrivna i underhållsplanen.

En integrering av underhållsåtgärder i vagnomloppsplaneringen är svårt att genomföra med dagens manuella metod då fler faktorer behöver medräknas och planeringen blir betydligt mer komplex. Roslagståg bör därför undersöka möjligheterna till att implementera någon av de olika programvaror som finns på marknaden för detta syfte.

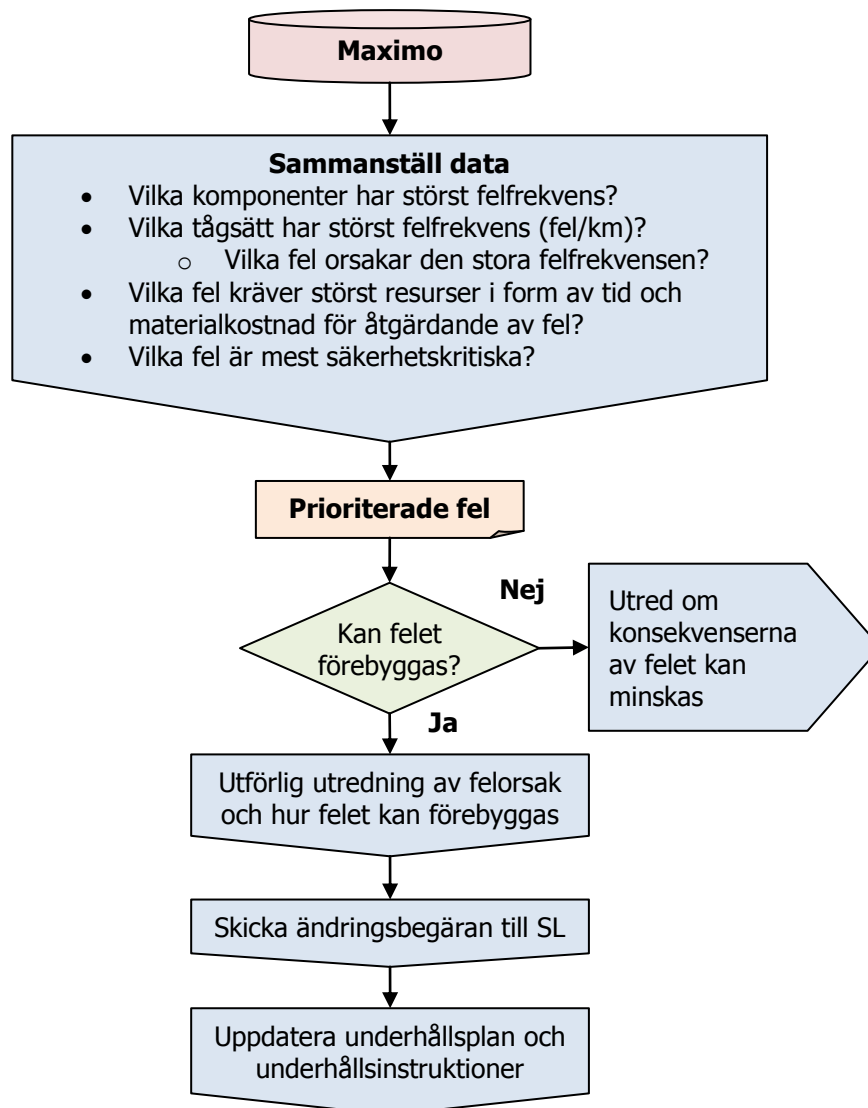
Då författarens kunskap om de olika programvarorna är alltför begränsad kan ingen rekommendation ges om vilken programvara som bäst passar Roslagstågs verksamhet i fråga om funktionalitet och kostnad.

## **7.2.3 Uppföljning av fordonsfel.**

Det som hindrar en mer systematisk uppföljning av fordonsfel och felorsaker är att den datainsamling som görs i dag är bristfällig. Som ett första steg bör Roslagståg påpeka för reparatörerna vikten av att för varje utförande av AU-åtgärder rapportera tidsåtgång, materialåtgång, vilka komponenter som reparerats eller bytts ut, samt förmodad felorsak. När denna information är insamlad och kan anses tillförlitlig kan en uppföljning påbörjas. Ett rekommenderat arbetsflöde för uppföljning av fordonsfel ses i Figur 7.2.

Som påpekats tidigare är det väldigt viktigt att analysen av felorsaken sker utförligt och systematiskt så att man kommer roten till problemet och kan identifiera rätt förebyggande underhållsåtgärd för ändamålet. På sikt bör därför Roslagståg tillämpa någon typ av modell för detta, exempelvis RCM.





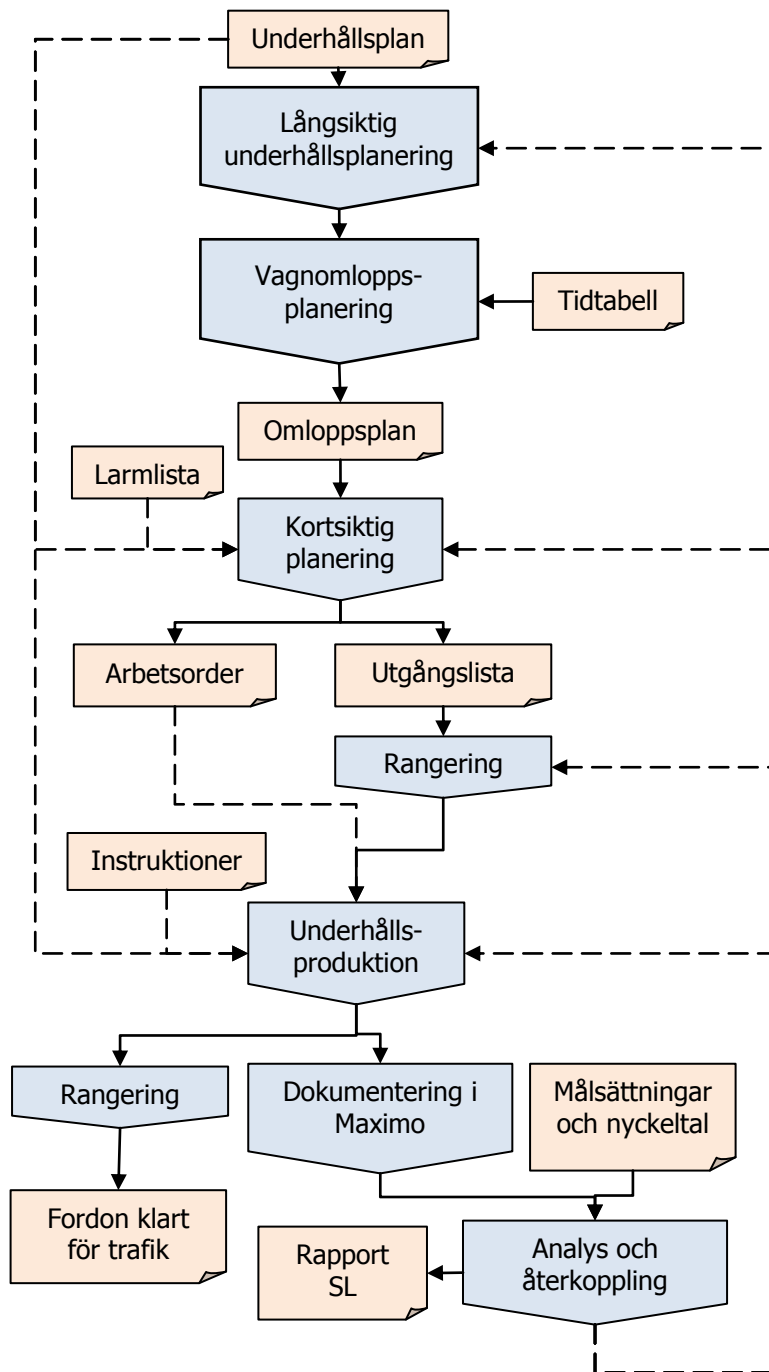
**Figur 7.2** Rekommenderat arbetsflöde för uppföljning av fordonsfel

#### **7.2.4 Implementering av åtgärder i nuvarande underhållsprocess.**

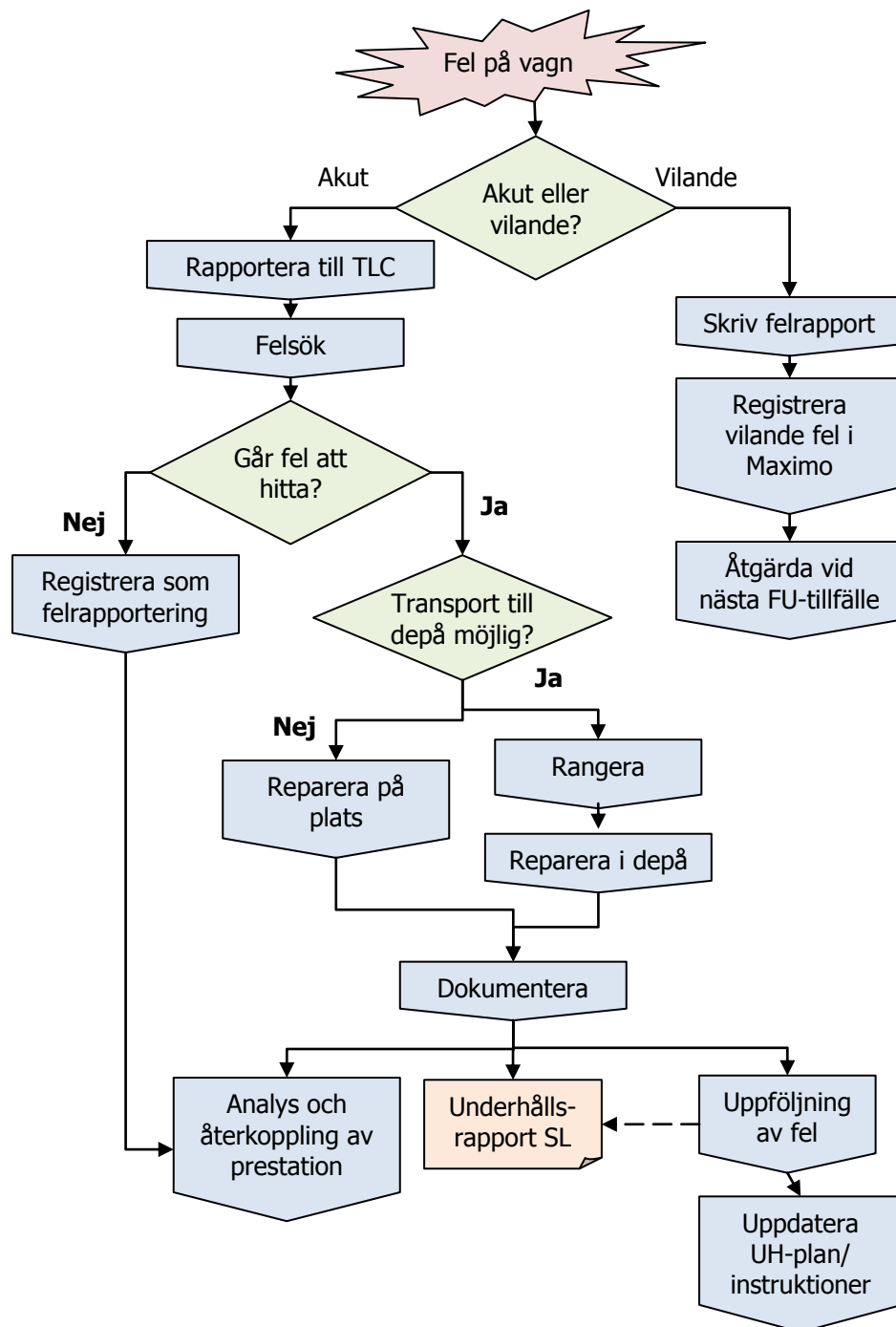
För att ovanstående åtgärder ska kunna genomföras behöver de på ett naturligt sätt kunna kopplas till den dagliga verksamheten. Nedan följer två figurer som visar ett förslag på arbetsflöde för förebyggande respektive avhjälpande underhåll.

I Figur 7.3 ses hur planeringen av vagnomlopp och uppföljningsaktiviteterna med tillhörande nyckeltal bör integreras i det förebyggande underhållsarbetet. Streckade linjer visar rekommenderat flöde av underhållsinformation. Notera att de olika aktiviteterna inte sker enligt samma tidsintervall. Långsiktig underhållsplanering och vagnomloppsplanering bör ske vid varje ny tidtabell, medan analys och uppföljning av utförda underhållsaktiviteter bör ske åtminstone en gång i månaden.

I Figur 7.4 ses ett rekommenderat arbetsflöde vid uppkomsten av ett fordonsfel där rapporteringen sker från felsökare och reparatörer. Aktiviteten ”Uppföljning av fel” innehåller flera olika aktiviteter med varierande omfattning enligt avsnitt 7.2.3.



**Figur 7.3 Rekommenderat arbetsflöde för förebyggande underhåll vid Roslagståg AB.**



**Figur 7.4** Rekommenderat arbetsflöde för avhjälpande underhåll vid Roslagståg AB

### 7.3 Uppslag till nya studier

Detta examensarbete har främst varit kopplat till driftsäkerhet i allmänhet och i mindre omfattning berört vikten av kostnadseffektivitet i underhållet. En utförlig kartläggning av de olika typer av kostnader som är relaterade till underhållsverksamheten hade därför varit av intresse.

Ett problem som författaren stött på vid ett par tillfällen under arbetets gång är bristen på långsiktighet hos tågoperatörer och underhållsentreprenörer som kan härledas till de relativt korta serviceavtalen på 5+5 år. Författaren föreslår därför att en undersökning av hur längden på serviceavtalen påverkar aktörernas verksamhetsutveckling. Vidare hade det varit intressant att undersöka hur det faktum att SL har tillgång till underhållsentreprenörens underhållsdata påverkar maktförhållandet parterna emellan vid en upphandling.

Som nämnts i diskussionskapitlet i detta arbete så finns det fler faktorer än driftsäkerhet och kostnadseffektivitet som påverkar hur underhållet skapar ökad lönsamhet i organisationen så som miljö- och säkerhetsaspekter. En studie om hur dessa aspekter kan göras praktiskt mätbara hade därför varit intressant.



## Referenser

- AB Transitio. (2010). *Vår Bakgrund*. Hämtat från AB Transitios webbplats: <http://www.transitio.se/bakgrund.html> den 28 April 2010
- Ahlmann, H. (2002). From Traditional Practice to the New Understanding: The Significance of Life Cycle Profit Concept in the Management of Industrial Enterprises . *IFRIMmm Conference*. Växjö: Institutionen för teknisk ekonomi och logistik, Lunds Tekniska Högskola.
- Ahlmann, H., & Borgström, H. (2010). Emerging theories and methods for addressing maintenance issues at the corporate management level. Lund: Institutionen för teknisk ekonomi och logistik, Lunds Tekniska Högskola.
- Andersson, E., & Berg, M. (2007). *Spårtrafiksystem och spårfordon, Del 1 av 2*. Stockholm: Avdelningen för Spårfordon, KTH.
- Bergman, B., & Klefsjö, B. (2007). *Kvalitet - från behov till användning*. Lund: Studentlitteratur.
- Björklund, M., & Paulsson, U. (2003). *Seminarieboken - att skriva, presentera och opponera*. Lund: Studentlitteratur.
- Blanchard, B. S. (1992). *Logistics Engineering and Management*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Borgström, H. (2006). *The Support Organization: A Strategic and Value Adding Force*. Lund: Lunds Tekniska Högskola.
- Cato, W. W., & Mobley, R. K. (2002). *Computer-Managed Maintenance Systems*. Woburn, Massachusetts: Butterworth-Heinemann.
- Dunn, S. (2003). *Moving from a Repair-focused to a Reliability-focused Culture*. Hämtat från Plant Maintenance Resource Center: [http://www.plant-maintenance.com/articles/Repair\\_to\\_Reliability\\_Culture.pdf](http://www.plant-maintenance.com/articles/Repair_to_Reliability_Culture.pdf) den 15 Mars 2010
- Ek, M. (den 26 mars 2010). Intervju med Mikael Ek, Teknik- och dokumentansvarig, Roslagståg AB. (C. Johansson, Intervjuare)

Espling, U. (2004). *Ramverk för en drift- och underhållsstrategi ur ett regelstyrkt infrastrukturperspektiv*. Avdelningen för drift och underhållsteknik. Luleå: Luleå tekniska universitet.

Franzén, K. (1993). Vägen till driftsäkerhet. *UTEK-Nytt* (3).

Höst, M., Regnell, B., & Runeson, P. (2006). *Att genomföra examensarbete*. Lund: Studentlitteratur.

Johansson, K.-E. (1997). *Driftsäkerhet och underhåll*. Lund: Studentlitteratur.

Kumar, U. (2001). Design and development of maintenance concept - Key Note speech. *Proceedings of the 4th European APCOM*, (ss. pp 11-25). Tampere.

Landström, C. (den 2 Mars 2010). Intervju med Christer Landström, Fordon och underhållsingenjör på Interfleet Technology AB. (C. Johansson, Intervjuare)

Liyange, J. P., & Kumar, U. (2003). Towards a value-based view on operational and maintenance performance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* , 9 (4), 333-350.

Moubray, J. (1997). *Reliability-centered Maintenance*. New York: Industrial Press Inc.

*Nationalencyklopedin*. (den 15 Mars 2010). Hämtat från <http://www.ne.se/underhåll>

Palmer, R. D. (2005). *Maintenance Planning and Scheduling Handbook*. McGraw-Hill.

Parida, A., & Kumar, U. (2006). Maintenance performance measurement (MPM): issues and challenges. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* , 12 (3), 239-251.

Porrill, D. (den 26 10 2005). *Constructing an Effective Maintenance Plan*. Hämtat från Reliableplant: <http://www.reliableplant.com/Read/338/effective-maintenance-plan> den 28 April 2010

Roslagståg AB. (2009A). *Kvalitetsmanual (2.2)* . Stockholm.

Roslagståg AB. (2009B). *Processbeskrivning Fordonsunderhåll* . Stockholm.

SIS. (2001). SS-EN 13306 Underhåll - Terminologi. *SVENSK STANDARD* .



- Sjöberg, B. (den 13 April 2010). Intervju med Björn Sjöberg, Trafikplanerare, Roslagståg AB. (C. Johansson, Intervjuare)
- SL. (2009A). *Förteckning över föreskrifter, Roslagsbanans vagnar*. AB Storstockholms Lokaltrafik (SL).
- SL. (Januari 2010). *Kundundersökningar*. Hämtat från AB Storstockholms Lokaltrafik: <http://www.sl.se/upload/rapporter/uploads/SL-Upplevd-kvalitet-host-09.pdf> den 1 juni 2010
- SL. (den 7 Maj 2009B). *Upphandlingar*. Hämtat från AB Storstockholms Lokaltrafik: <http://www.sl.se/templates/Page.aspx?id=1581> den 1 Juni 2010
- Smith, R. (2003). *Key Performance Indicators - Leading or Lagging and When to Use Them*. Hämtat från ReliabilityWeb.com: [http://www.reliabilityweb.com/excerpts/excerpts/Key\\_Performance\\_Indicators.pdf](http://www.reliabilityweb.com/excerpts/excerpts/Key_Performance_Indicators.pdf) den 15 Mars 2010
- Thunberg, O. (den 26 Mars 2010). Intervju med Olof Thunberg, Verkstadschef Mörby, Roslagståg AB. (C. Johansson, Intervjuare)
- Wallén, G. (1996). *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*. Lund: Studentlitteratur.
- Warg, J. (2008). *Omloppsplanering för tågtrafik. Exempel från Ostlänken/Götalandsbanan*. Stockholm: Avdelningen för Trafik och logistik, KTH Järnvägsgruppen.
- Westwick, C. A. (1984). *Affärslivets nyckeltal*. (R. H. Wathen, Övers.) Stockholm: Affärsförlaget.
- Winnerby, J. (den 12 April 2010). Intervju med Jan Winnerby, Underhållschef, Roslagståg AB. (C. Johansson, Intervjuare)
- Wireman, T. (1998). *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance*. New York, New York: Industrial Press, Inc.
- Viss, P. (flera tillfällen, Februari - Maj 2010). Intervju med Patrik Viss, Underhållsplanerare, Roslagståg AB. (C. Johansson, Intervjuare)

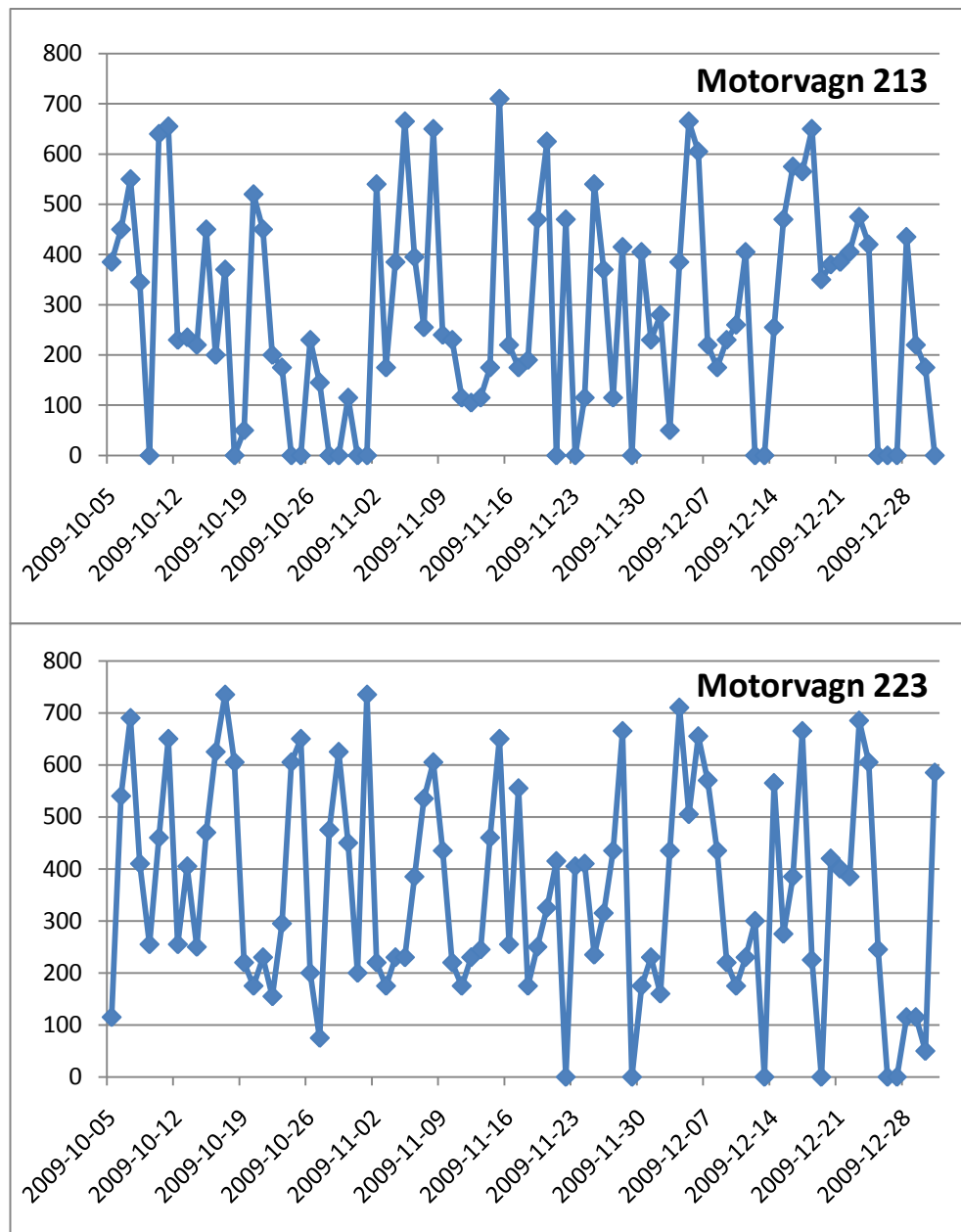


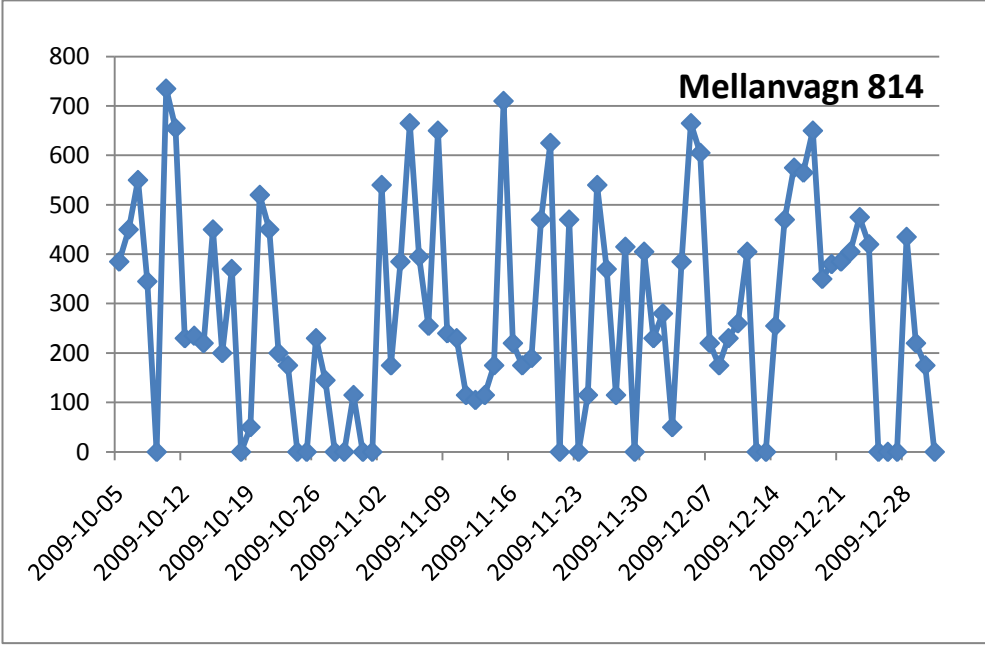
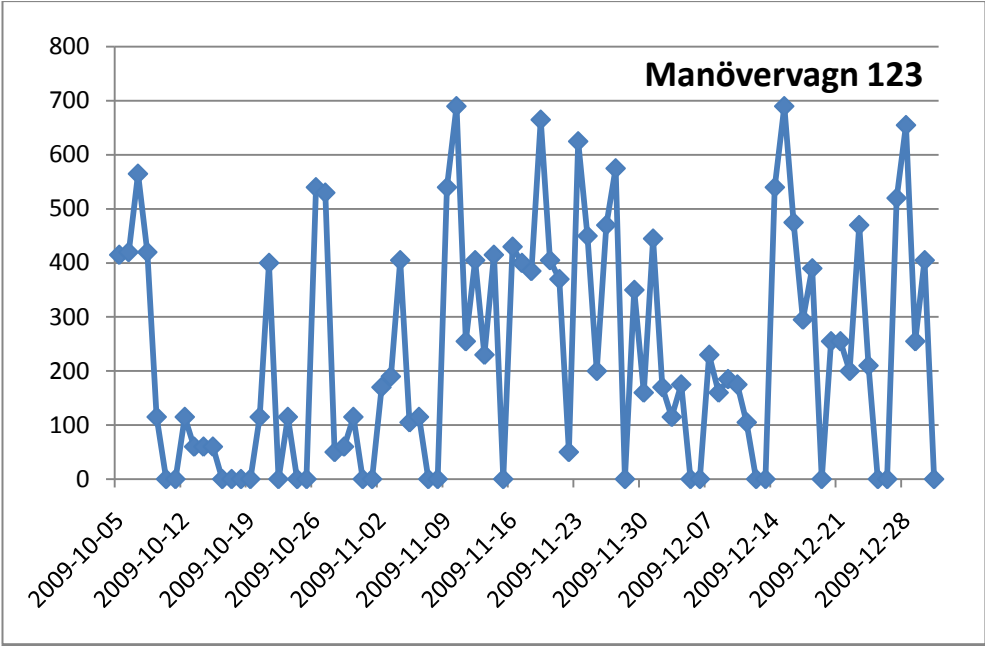
## **Bilagor**

---

1. Daglig kilometerproduktion för ett urval av vagnar
2. Orsaker till brutna vagnomlopp
3. Excel-modell för beräkning av tillgänglighet och nyckeltal

## Bilaga 1 – Daglig kilometerproduktion för ett urval av vagnar





## Bilaga 2 – Orsaker till brutna vagnomlopp

Totalt antal omlopp	1973	
Antal brutna omlopp	801	41 %

### Varav

Orsak till brytning	Antal	%
Tillsyn	150	19 %
Följdstörning TS	171	21 %
Översyn	50	6 %
Följdstörning ÖS	49	6 %
FU-planering	83	10 %
<b>FU</b>		<b>63 %</b>
Fel på tåg	110	14 %
Följdstörning AU	68	8 %
<b>AU</b>		<b>22 %</b>
Övrigt	111	14 %
Skadegörelse/Krock	9	1 %
<b>Övrigt</b>		<b>15 %</b>

### Förklaring till tabell

**Följdstörning:** Vagnomloppet har brutits för att täcka upp ett annat omlopp som har brutits på grund av förebyggande eller avhjälpande underhåll. Ett vagnomlopp som bryts för att tågsättet måste tas ut till UH-åtgärder kan få flera följdbrytningar.

**FU-planering:** Genomförs för tågsätt som planeras tas ut till FU-åtgärder den nästkommande dagen, främst vid översyn. Vagnomloppet har brutits för att tågsättet ska kunna placeras i ett vagnomlopp där det skapar mindre störningar i trafiken när det ska tas ut till FU-åtgärden.

## Bilaga 3 – Excel-modell för beräkning av tillgänglighet och nyckeltal

Nyckeltal						
Tillgängliga tågsätt						
28						
Tillgänglighet						
86 %						
Utförande		Förebyggande		Organisation		
Planerad/ Verklig tid		FU/ Totalt UH		UH-tid/Total stopptid		
Tot		Tot		Tot		
68 %		58 %		74 %		
TS	ÖS	AU		TS	ÖS	AU
103 %	80 %	56 %		79 %	71 %	73 %

Indata				
	UH-typ			Tot UH
	TS	ÖS	AU	
Antal (st)	73	20	67	160
Total UH-tid (h)	146	100	536	782
Total tid ur trafik (h)	185	140	730	1055
Budgerad UH-tid (h)	150	80	300	530
Total driftstid (h)			Antal tågsätt	
6500			33	

Indata i modellen ovan är uppskattad och ska bara användas som ett exempel hur det kan se ut. På nästa sida följer två exempel på hur en förändring av prestationen påverkar de olika nyckeltalen i modellen.

## Exempel 1.

Händelse: Antalet AU-åtgärder ökar med 15 st vilket bidrar till en ökning av den totala stilleståndstiden med 80 timmar varav 60 timmar är UH-tid.

<b>Tillgängliga tågsätt</b>					
28					
<b>Tillgänglighet</b>					
85 %					
<b>Utförande</b>		<b>Förebyggande</b>		<b>Organisation</b>	
Planerad/ Verklig tid		FU/ Totalt UH		UH-tid/Total stopptid	
<b>Tot</b>		<b>Tot</b>		<b>Tot</b>	
63 %		53 %		74 %	
<b>TS</b>	<b>ÖS</b>	<b>AU</b>	<b>TS</b>	<b>ÖS</b>	<b>AU</b>
103 %	80 %	50 %	79 %	71 %	74 %

**Förändringar:** Tillgänglighet -1 %, Utförande Tot -5 %, Utförande AU -6 %, Förebyggande -5 %, Organisation AU +1 %. Övriga nyckeltal är oförändrade

## Exempel 2.

Händelse: Antalet AU-åtgärder ökar med 10 st men den totala UH-tiden är densamma. Tiden för utförande av en översyn minskar med 10 % med oförändrade väntetider. Väntetiden vid en tillsyn ökar med 30 min.

<b>Nyckeltal</b>					
<b>Tillgängliga tågsätt</b>					
28					
<b>Tillgänglighet</b>					
86 %					
<b>Utförande</b>		<b>Förebyggande</b>		<b>Organisation</b>	
Planerad/ Verklig tid		FU/ Totalt UH		UH-tid/Total stopptid	
<b>Tot</b>		<b>Tot</b>		<b>Tot</b>	
69 %		55 %		71 %	
<b>TS</b>	<b>ÖS</b>	<b>AU</b>	<b>TS</b>	<b>ÖS</b>	<b>AU</b>
103 %	89 %	56 %	66 %	69 %	73 %

**Förändringar:** Utförande Tot - 1 %, Utförande ÖS: +9 %, Förebyggande: -3 %, Organisation Tot -3 %, Organisation ÖS -2 %, Organisation TS - 13 %