

**MALMÖ HÖGSKOLA**

Teknik och samhälle  
Datavetenskap

**Examensarbete**  
15 högskolepoäng, grundnivå

# Internet of Things som en metod för preventivt underhåll

Internet of Things as a method for preventive maintenance

Daniel Hertzman-Ericson  
Mikael Horvath

Examen: Kandidatexamen 180 hp  
Huvudområde: Datavetenskap  
Program: Systemutvecklare (TGSYA14)  
Datum för slutseminarium: (2017-08-24)

Handledare: Thomas Pederson  
Examinator: Ivan Kruzela



## Sammanfattning

Att upprätthålla funktionaliteten på ett fungerande tekniskt system, som användes av människor eller organisationer för ett specifikt ändamål, är alltid viktigt. Om ett system plötsligt och oväntat slutar fungera kan det ha stora negativa konsekvenser. Att vänta tills ett system går sönder och reparera sedan är inte en framgångsrik strategi, systemet måste underhållas så att fel inte inträffar. Men fortlöpande regelbundet underhåll kan vara resurskrävande, det som behövs är att systemet kontinuerligt övervakas och underhålls när övervakningssystemet bedömer att det behövs. Denna studie syftar till att studera konceptet 'preventivt underhåll' (Preventive Maintenance) för att se vilka utmaningar och möjligheter det finns vid användning av uppkopplade enheter (Internet of Things, IoT). Arbetet genomfördes genom intervjuer av företag och forskare, studium av befintliga lösningar från industrin, och jämförelse med tidigare forskning. Resultatet visar att det råder en viss okunskap hos företag och akademi för vad IoT-baserade lösningar kan åstadkomma.



## Abstract

To maintain the function on a technical system, that is being used by people or organisations for a specific purpose, is of important value. It can have huge negative impact on business, if a system suddenly and unexpectedly stops working. To wait until a system goes down and to repair it immediately is not a successful strategy. The system need maintenance. Though continuous regularly maintenance can be resource demanding. What is needed are continuously monitored systems. This study aims to study the concept of 'Preventive Maintenance' to see which challenges and possibilities there are by using connected devices (Internet of Things, IoT). This work have been done through interviews from organisations and researches, study of existing solutions from the industry, and to object those against previous research. The results of this study shows that there is a slight lack of knowledge from organisations and academy for what these solutions can accomplish.



## Ordlista

**Big Data** Stora mängder data som ofta används för analys av olika typer av mjukvarusystem. 7

**Cloud Computing** Utnyttjandet av verktyg som drivs från avlägsen plats och kommuniceras via Internet. 20

**Internet of Things** Konceptet om en uppkopplad värld där vanliga saker är uppkopplade mot nätet och kan nu kommunicera. 1–5, 9–20

**Predictive Maintenance** Uppgiften att utföra underhåll med hjälp av analyserad data [1]. 6

**Preventive Maintenance** Uppgiften att utföra underhåll under viss tidsram [1]. 1, 2, 4–6, 8–15, 18–20

**Ubiquitous Computing** Konceptet att integrera datorer som i sin tur styrs från ett enda gränssnitt. 3

**White Paper** En skrift med syfte att beskriva en idé eller teknisk rapport. 7–9, 12

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
1.1	Problemdiskussion . . . . .	1
1.2	Frågeställning . . . . .	2
1.3	Syfte . . . . .	2
1.4	Avgränsning . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>3</b>
2.1	Underhåll . . . . .	3
2.2	Internet of Things . . . . .	3
2.3	Preventive Maintenance . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Relaterat arbete</b>	<b>6</b>
3.1	Akademisk forskning . . . . .	6
3.2	Praktiska tillämpningar . . . . .	6
3.3	Utmaningar som lyfts . . . . .	7
3.4	Industriellt arbete . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Metod</b>	<b>9</b>
4.1	Metodbeskrivning . . . . .	9
4.2	Metoddiskussion . . . . .	9
4.3	Litteraturstudie . . . . .	9
4.4	Intervju som metod . . . . .	10
4.5	Val av respondenter . . . . .	10
4.6	Beskrivning av respondenter . . . . .	10
4.7	Genomförande . . . . .	11
<b>5</b>	<b>Resultat</b>	<b>12</b>
5.1	Varför Internet of Things för Preventive Maintenance? . . . . .	12
5.2	Ekonomiska aspekten . . . . .	13
5.3	Problematiken med Internet of Things . . . . .	14
5.4	Kan man effektivisera Preventive Maintenance? . . . . .	14
<b>6</b>	<b>Analys</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Diskussion</b>	<b>18</b>
7.1	Hot mot validitet . . . . .	19
<b>8</b>	<b>Slutsatser och vidare forskning</b>	<b>20</b>
8.1	Slutsats . . . . .	20
8.2	Vidare forskning . . . . .	20
	<b>Referenser</b>	<b>21</b>

# 1 Inledning

Maskiner och apparater lider av försämrad användbarhet på grund av ålder och användning [2]. Detta leder till lägre pålitlighet och höga driftkostnader [3]. Fel och nertid brukar ha höga ekonomiska kostnader för organisationer. Därför är underhållsarbeten viktiga för att hålla maskinerna i bra skick och för att undvika allt för höga driftkostnader [4][5]. Förutom att hålla kostnader nere är underhåll viktigt för att bibehålla den prestanda som förväntas för att uppnå de säkerhetskrav som ställs på ett system i körtid. Att tydligare utveckla processmodeller för att bedriva underhållsarbete har varit intressant sedan 1960-talet, menar Liao m.fl på [2].

Man har länge undersökt metoder för bedriva underhåll på sina tekniska system. Man har kunnat dela upp processmodeller för underhållsarbete i två huvudkategorier: korrigerande underhåll och preventivt underhåll. Korrigerande underhåll är det underhåll man utför efter systemet har gått ner. Även kallat för “fire fighting maintenance” [6]. Preventivt underhåll är underhållet man gör innan systemet går ner. Steg som kan ingå i preventivt underhåll är bland annat systematiska inspektioner, feldetektering och genomförande av åtgärder för att förhindra fel [7].

I samband med den ökande användningen av Internet of Things (IoT) har man kunnat presentera nya lösningar för bedriva preventivt underhåll (Preventive Maintenance) [8]. Största användningsområdet för Internet of Things är att utnyttja det som mellanhand mellan hårdvara och IT-infrastruktur [9][10]. Denna studie syftar att diskutera Internet of Things för preventivt underhåll.

## 1.1 Problemdiskussion

Underhåll har funnits med länge. Vanligtvis talar man om underhåll i intervaller. Ett exempel på detta är när man ska utföra service på bilen. Detta sker ungefär var 1500 mil eller varje år<sup>1</sup>. Den här typen av underhåll kallas för preventivt underhåll och den är till för att vidta åtgärder innan något går sönder.

Underhåll är vanligtvis dyrt. Ska man underhålla dyra komplexa system kan underhåll orsaka höga utgifter. Det är därför viktigt att vidta åtgärder i god tid för att förhindra dessa utgifter, maskiner kan gå sönder och måste eventuellt ersättas. Med detta som utgångspunkt blir balansen mellan att underhålla och inte underhålla hårfin. Man väljer kanske att ta risker istället för att kalkylera en budget för underhåll som i sin tur kommer att generera högre utgifter än om man hade utfört underhåll i god tid. Ett problem som man skulle kunna identifiera med det typiska underhållet som det ser ut idag är exemplet med att utföra service på bilen. Att besikta bilar varje år har funnits med sedan 1960-talet. Bilar har utvecklats väsentligt sedan dess. Det är stora utgifter på underhåll som egentligen inte behöver utföras. Man ska däremot tänka på att utföra service på bilen och besikta bilen som inte är samma sak. Besikta bilen utförs ur ett säkerhetsperspektiv, och är även en positiv kontroll

---

<sup>1</sup><https://www.bilprovningen.se/boka-besiktning/besiktningssperioder.html>

som behöver existera även om bilar är utrustade med intelligenta sensorer<sup>2</sup>.

Man börjar inom forskningen titta allt närmare på hur Internet of Things kan lösa de problem som uppstår med vanligt underhåll. På vilket sätt denna teknik skulle kunna förändra effektivitet och drifttiden på system och maskiner.

## 1.2 Frågeställning

Med utgångspunkt ifrån det som beskrevs i problemdiskussionen, har fokus valts att läggas på underhåll och Preventive Maintenance med hjälp av Internet of Things.

1. *Kan man med hjälp av Internet of Things effektivisera underhåll?*
2. *Vilka utmaningar stöter man på när man implementerar Internet of Things för Preventive Maintenance?*

## 1.3 Syfte

Studien har syftat att undersöka dagsläget kring underhåll rent generellt och vilka problem som existerar. Som praktiska exempel så har studien valt att använda exempel från underhåll av hissar och bilar. Studien har även berört andra befintliga system och maskiner och dessa ges av litteraturstudien. Undersökningen har baserats på vetenskapliga artiklar som har kommit till att fungera som underlag till studien. Studien har även undersökt hur man gör inom industrin, vilken syn man har på underhåll och Internet of Things, vilken utveckling som skulle kunna tillämpas för att effektivisera arbetsflödet. Man har även belyst de problemområden som finns idag med teknologin och vilken inverkan den ekonomiska biten har för forskningen och industrin.

## 1.4 Avgränsning

I syftet att besvara studiens frågeställningar har forskning tillämpats med hjälp ut av en litteraturstudie och intervjuer. Intervjuer har skett med personer inom akademien och med personer i arbetslivet som är verksamma inom ämnet. För att kunna mäta effektiviteten av lösningen och ta reda på vilka tillämpningar som finns hade en prototyp kunnat byggas. Detta har inte gjorts till denna studien då både tid och teknisk kunskap saknas.

---

<sup>2</sup><https://www.bilprovningen.se/bilprovningen/vi-tar-ansvar.html>

## 2 Bakgrund

Detta avsnitt avser att beskriva den bakgrund och de centrala begrepp som studien omfattar. Syftet är att ge läsaren en större förståelse för vad de olika begreppen som används i studien.

### 2.1 Underhåll

Traditionellt underhåll har alltid funnits. Något måste alltid fixas till för att bibehålla sin funktionalitet. Underhåll är till för att hålla drifttiden uppe. Det vill säga att inte ta maskinen ur bruk tillfälligt på grund av underhåll. Ett exempel på typiskt underhåll är hissarna vi stiger in i. Där kan vi avläsa när senaste underhåll gjordes och när nästa underhåll är planerad (se bilaga B). Detta har man räknat ut är korrekt intervall för att hissen ska fortsätta fungera normalt. Samma princip tillämpas på fordon som traditionellt sätt besiktas en gång årligen. Besiktning av bilar har funnits i Sverige sedan 1965<sup>3</sup>. Fordon har utvecklats markant med tiden, idag hittar man mer elektronik i bilarna och fler sensorer som mäter av olika typer av data.

Något man börjat undersöka närmare är hur man kan utveckla underhåll så som det ser ut idag. Då utveckling av olika sensorer tas fram har man inom akademien börjat undersöka möjligheterna med en ny typ av underhåll. En idé man undersöker närmare är en användningen av Internet of Things. Det finns fortfarande stora problem med Internet of Things som till stor del handlar om säkerhet och integritet [11].

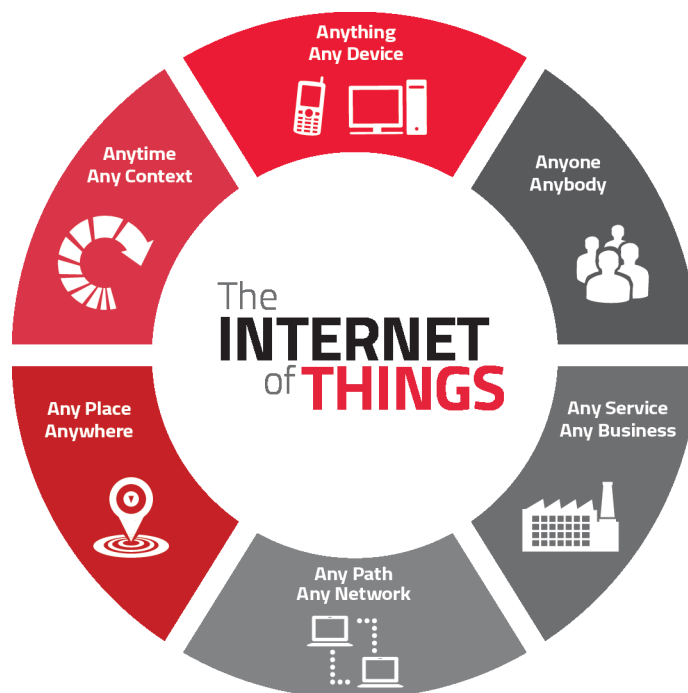
### 2.2 Internet of Things

De senaste åren har Internet of Things varit betydande för utvecklingen av trådlös- och nätverkskommunikation. Internet of Things introducerades först år 1999 av Kevin Ashton och har sedan dess fått allt mer uppmärksamhet inom akademien och industrin [12][13]. Idén bakom Internet of Things bygger på konceptet med Ubiquitous Computing som introducerades 1992. Mark Weiser publicerade en betydande artikel samma år där han beskrev idén om datorn som skulle finnas tillgänglig överallt i alla former [14].

---

<sup>3</sup><https://www.bilprovningen.se/bilprovningen/om-bilprovningen/varverksamhet/historik.html>

Grundtanken med Internet of Things är en uppkopplad värld som innefattar allt ifrån en TV som väljer program utifrån användarens preferenser eller bilar som väljer snabbaste rutt till målet. Tanken är att förenkla vardagliga ting. Genom diverse uppkopplade enheter som interagerar med varandra kan man automatisera vissa uppgifter som skulle krävt manuellt arbete[15].



Figur 1: Vad är Internet of Things? [16].

Bilden ovan illustrerar vad Internet of Things är för något och på vilka sätt det kan användas [16].

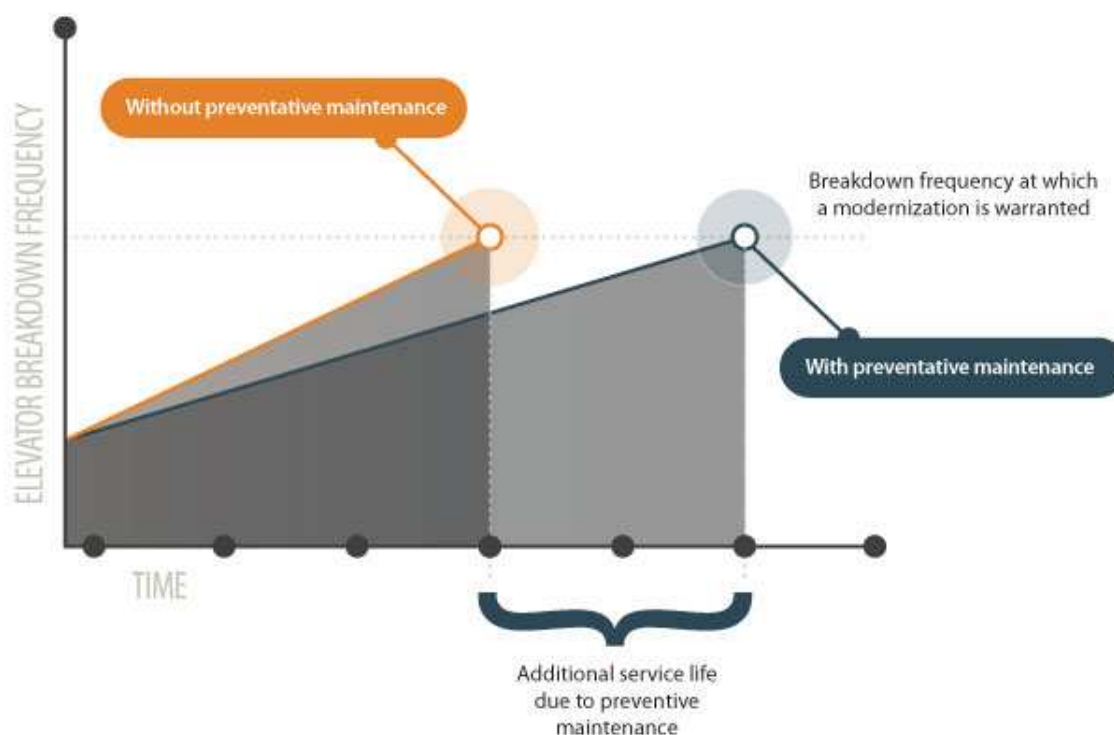
År 2020 räknar IBM med att det kommer finnas 20 miljarder uppkopplade enheter<sup>4</sup>. Ämnet Internet of Things kan vara svårt att greppa då det råder hög abstraktion kring det. Det är betydligt enklare att förstå vad det är användbart till när man har en vision på vad man kan implementera det i. Det är här som man inom industrin och akademien börjar undersöka möjligheterna med Preventive Maintenance.

### 2.3 Preventive Maintenance

Preventive Maintenance utförs i syfte att skydda hårdvara eller system. Det vill säga att man utför underhåll innan något faktiskt går i sönder. Arbetsprocessen går ut på att man gör regelbundna kontroller för att förhindra att dyra maskiner går i sönder. Detta utförs mycket inom industrin för att förhindra oförutsedda kostnader. Man utför det på ett traditionellt sätt med intervaller. Ett exempel vi talade om var hissar

<sup>4</sup><https://www.ibm.com/internet-of-things/platform/watson-iot-platform>

som har regelbundna kontroller var 6:e månad. Man har tagit fram en uträkning på att denna intervall ökar drifttiden på hissar. Utför man service på hissar regelbundet för att åtgärda typiska fel som kan uppstå under det här intervallet så ökar man livslängden markant.



Figur 2: Underhållets påverkan på hissar [17].

Bilden ovan visar på hur Preventive Maintenance kan öka livslängden på hissar. Man ser tydligt att Preventive Maintenance har en hög inverkan på drifttiden, och i det här fallet drifttiden hos hissar [17].

En studie på United Technologies Research Center i USA visar på olika typer av underhåll och det ansvar som vilar på underhållsarbetare. Vissa företag inom industrin endast väljer att utföra underhåll när maskiner gått sönder. Man väljer då att laga maskinen istället för att ständigt underhålla det. Detta är en kostnadsfråga som man måste ta ställning till [18]. En kostnad man undersöker vidare inom forskningen är onödigt underhåll. Ibland behövs ingen åtgärd men man skickar ändå ut underhållsarbetare på plats [18]. Det är dessa typer av underhåll som man undersöker vidare, hur man skulle kunna implementera automatiska lösningar, med exempelvis Internet of Things.

## 3 Relaterat arbete

### 3.1 Akademisk forskning

I en artikel av O'Donovan m.fl diskuteras olika typer av underhållsstrategier. Varje strategi har sina för- och nackdelar och de kan användas olika beroende på vad det är för typ av system man vill underhålla [1]. För Predictive Maintenance vill man identifiera potentiella fel innan de sker. Detta görs då med hjälp av olika sensortekniker och de integreras ofta separat från systemet [1].

O'Donovan definierar även Preventive Maintenance som underhåll som begås innan något går ner, som till skillnad från reaktiv underhållning som går ut på att underhålla när fel väl uppstått. Här beskriver de reaktiv underhållning som något som passar för oviktig utrustning eller där kostnaden för underhåll är dyrare än kostnaden för fel. Författarna väljer i sin studie att skilja på Preventive och Predictive. Detta går emot vad Wang m.fl [6] säger om underhåll som delas upp i två underkategorier, där Predictive Maintenance är en del av kategorin Preventive Maintenance. O'Donovan beskriver både Preventive och Predictive som metoder att välja om man har viktig utrustning som kräver hög upptid. Till skillnad från Predictive, Preventive beskrivs som något som kan ske inom vissa tidsramar (exempelvis byta ut komponent X varje år) eller när det nått något tillstånd.

O'Donovan lyfter även de kostnadsestimeringar som görs för explicit underhåll. Cirka 30% av organisationens driftkostnader går för underhåll och mellan 60-70% av kostnaden för varje systems livscykel. Dock lyfter han att även Preventive och Predictive Maintenance kan vara kostsamt, eller om kostnaderna inte ger den önskade effekten. Att med insamlad data, mäta den status på en maskin kan leda till ett falskt positiv som skulle kunna leda till onödigt underhållsarbete [1].

En annan studie gjord av forskare och yrkesverksamma från Indien har man diskuterat predikativa analysmetoder för underhåll på bilar [19]. Studien behandlar hur periodiskt underhåll sker på bilar, bland annat då man lämnar in sin bil en gång om året på besiktning eller när man kört en viss sträcka. De problem som författarna nämner med just periodiskt underhåll är att man ofta inte vet vilka komponenter som behöver omedelbar uppmärksamhet. Detta kan leda till att bilen oväntat går sönder mellan underhållen. Med detta som utgångspunkt, beskriver författarna en lösning på detta, som består av ett centraliserat predikativt analysystem.

### 3.2 Praktiska tillämpningar

Enligt en studie gjord av Seabra m.fl [8] kan man övervaka äldre maskiner genom att koppla in en IoT-enhet. De menar på att om en maskin betar sig utanför ramen av vad den är tänkt, konsumeras mer energi och som konsekvens av detta, kostar maskinen mer i drift. Många av dessa fel är inte synligt för människan och det visar då vikten på att analysera data genom sensorteknik [8]. Fokuset på studien låg kring maskiner utan inbyggd Internetuppkoppling, som t.ex vitvaror och dammsu-

gare. Vad man har gjort är att implementera en IoT-enhet som lyssnar på data i realtid. IoT-enheten är permanent uppkopplad till Internet och har ett unikt identifieringsnummer. Slutsatsen av denna studie tyder på att det är möjligt att utföra denna typ av underhållningsmetod. Med de resurser tillgängliga kan man detektera fel och sen skicka informationen till användaren eller till underhållsarbetaren [8].

En annan studie av Wu m.fl. [4] visar vikten av att övervaka hela system eller delar av det för att undvika nertid. Studien som Wu m.fl genomförde var att bygga upp ett system som evaluerade data från New Yorks elnätverk i realtid. De ville även visa hur maskininlärningsalgoritmer kan användas i stora komplexa system. Resultatet av deras studie visar på hur dessa algoritmer implementeras i stora komplexa system för att evaluera och övervaka för att undvika kostsamma nertider.

### 3.3 Utmaningar som lyfts

En del forskning har gjorts under de senaste åren [20]. Redan när Wu [4] gjorde sin studie 2011, lyftes frågan kring hur exakta resultat var från en datainsamlingsmetod. Detta speglas tillbaka på vad bland annat O'Donovan förklarar kring falska positiv som kan uppstå och hur detta kan bli påkostat. Även Lee m.fl [21] diskuterar problemet med dessa system och att de implementeras separat från systemet som övervakas.

Just Lee m.fl poängterar att flera industrier inte är redo att hantera analys av Big Data eftersom att man brister på analytiska verktyg [21]. I hans artikel från 2014 nämner han bland annat att molntjänster bör vara mer flexibla och effektivare för att kunna hantera och distribuera denna mängd data. Lee menar även på att implementationen av sensorerna inte är tillräcklig. De är ofta separata från systemet själv och är inte inbyggda. Problematiken som uppstår då enligt Lee är att mjukvaran nödvändigtvis inte är anpassad för systemet tillräckligt väl.

### 3.4 Industriellt arbete

Att utforska industrin och dess verktyg har också gjorts i denna studie. Genom att studera White Papers från organisationer har olika rapporter kunnat bidra till denna sektion.

En lösning som Dell IoT Solutions har tagit fram är att bygga predikativa analysystem i tre steg [22]:

- Identifiera nyckelpredikatorer och fastställa dess potentiella utdata.
- Optimera beslutsfattande genom att systematisk applicera realtidsdata och historisk data.
- Planera, budgetera och schemalägga underhållsarbeten, ersättningar och reservdelar.

Även IBM har tagit fram lösningar för underhåll och för preventiva och prediktiva analyser. Enligt deras undersökning från deras White Paper om IBM Watson så uppskattar de att 11% av felen i maskiner är pga ålder. Resterande 89% beror på slumpmässiga faktorer [23]. IBM menar i sitt produktblad att företag mäter felaktighet på maskiner baserat på flödesmätning eller antal producerat material som indikatorer för mäta status. Dessa är indirekta mätningar och dessa siffror behöver nödvändigtvis inte korrelera med en tillgångs tillstånd. Inspektioner, baserade på mänsklig faktor, kan vara subjektiva och bygger på erfarenhet och kunskap [23].

I en studie gjord av tjänstebolaget Jones Lang Lasalle [24] har man granskat den ekonomiska påverkan Preventive Maintenance har. Deras undersökning resulterade i att investeringar i Preventive Maintenance kan ge bra avkastning på investeringen. De jämför två scenarion, ett med Preventive Maintenance och ett utan. Genom att applicera Preventive Maintenance på sina produkter kan man, enligt undersökningen, minska reparationsfrekvensen med cirka 20%.

## 4 Metod

Det här avsnittet avser att beskriva tillvägagångssätt för studien, metod som valts och diskussion kring metoden. Avsnittet syftar även till att beskriva motivering till valet av respondenter och en kort beskrivning om dessa och varför de är intressanta för studien.

### 4.1 Metodbeskrivning

Syftet med studien har varit att studera hur akademien och industrin ser på Preventive Maintenance med hjälp av Internet of Things. För att få en tydligare inblick i vad man egentligen forskar kring så krävdes det en mer djupgående undersökning. För att detta ska vara möjligt måste rätt metod väljas. Den metod som valdes för studien var att inleda med en litteraturstudie för att sedan övergå till en kvalitativ undersökning. Undersökningen utfördes i form av semistrukturerade intervjuer.

Intervjuerna genomfördes personligen med respondenter som representerade akademien och industrin. Frågorna som ställdes under intervjuerna var kopplade till de frågeställningar som studien har. Här valdes färre frågor för att ge respondenterna möjlighet till att skapa diskussioner kring varje fråga.

### 4.2 Metoddiskussion

Att inleda med en litteraturstudie var ett val som gynnade studien väl. Inför intervjuerna var det viktigt att vara insatt i ämnet. Att studien skulle baseras kring en kvalitativ undersökning var viktigt då frågeställningarna inte leder till kvantitativ data.

Margot Ely beskriver att intervjuerna i en kvalitativ undersökning innebär att respondenterna får tala fritt. Det vill säga frågorna ska öppna upp för diskussioner [25]. Detta var något vi strävade efter med de intervjufrågor som togs fram. Ett annat syfte vi hade med intervjufrågorna var att lära oss mer. Ely menar på att i en kvalitativ undersökning ingår även att ta lärdomar från respondenterna.

Det är också viktigt att förstå att studiens syfte är att ta reda på mer kring Internet of Things och hur detta kan implementeras för Preventive Maintenance. Därför kan inte generaliserande information och siffror representera de resultat som återfinns i studien.

### 4.3 Litteraturstudie

Till studien har vi genomfört en litteraturstudie. Där har vi undersökt vilka arbeten som genomförts tidigare kring ämnet. Här har vetenskapliga artiklar som är relevanta för ämnet valts ut. Vi har även undersökt White Papers, det vill säga produktblad framtagna av industrin. Valet av litteratur har baserats på de frågeställningar som studien har.

Resultatet av litteraturstudien har skapat underlag för de frågor som togs fram till intervjun. Genom att ha samlat in information med en litteraturstudie har vi byggt upp vår kunskap som varit betydande för intervjuerna.

#### 4.4 Intervju som metod

Som en del till litteraturstudien har intervjuer valts som metod. Arbetet med intervjuerna har genomförts kvalitativt och semistrukturerat där färre frågor ställts. Detta för att motivera respondenterna till skapa diskussioner kring ämnet. Datan som samlats in med hjälp ut av intervjuer har varit viktiga för resultatet. Den insamlade datan har även bidragit till analyser, där datan ställts mot den litteraturstudie som genomförts.

#### 4.5 Val av respondenter

Respondenter som valts ut till studien har varit akademiska forskare som är verksamma inom Internet of Things. De respondenter inom industrin som har valts ut har baserats på vilken yrkesverksamhet de har. Samtliga respondenter inom industrin arbetar med eller är insatta i vad Internet of Things är för något. Respondenterna som valts ut både industriellt och akademiskt behövde inte vara fullt insatta i underhåll och Preventive Maintenance. Både forskarna och de industriverksamma personerna som valts ut hade någon gång arbetat med sensor-teknologi. En av kandidaterna som valdes ut till intervju bedriver forskning inom samma ämne som studien syftar till.

Nedan listas de respondenter som valts ut för studien. Vi listar även vilken koppling respondenterna har som gör att de varit intressanta för vår studie.

Respondent	IoT	PM	Underhåll	Verksamhet	Typ av kontakt
Person A	X	X		Högskola A	I,Si
Person B	X			Högskola A	I,Si
Person C	X		X	Högskola A	I,Si
Person D		X	X	Företag A	I
Person E	X	X	X	Företag B	I

*IoT = Internet of Things*

*PM = Preventive Maintenance*

*I = Intervju*

*Si = Spelades in*

#### 4.6 Beskrivning av respondenter

**Person A** är verksam inom akademien och bedriver forskning inom Internet of Things. Personen har framförallt undersökt möjligheterna med att implementera

Internet of Things för Preventive Maintenance. Personen har bedrivit många liknande projekt tidigare, projekt som bland annat behandlat separata system.

**Person B** är verksam inom akademien. Personen arbetar som universitetsadjunkt och håller kurser i bland annat elektroteknik. Personen är insatt i Internet of Things men inte studerat Preventive Maintenance tidigare.

**Person C** är verksam inom akademien och arbetar som universitetslektor. Personen har bedrivit projekt som är relevanta för Internet of Things. Personen bedriver just nu ett projekt som handlar om Internet of Things. Personen vet vad underhåll är rent generellt men har även en översiktlig bild av vad Preventive Maintenance är för något.

**Person D** är verksam inom industrin och arbetar på ett företag i Malmö. Personen är inte väl insatt i Internet of Things men har god koll på underhåll rent generellt och Preventive Maintenance. Personen har bland annat arbetat med säkerhet tidigare, men nu tagit över avdelningen som arbetar med drift.

**Person E** är verksam inom industrin och arbetar som manager för utveckling. Företaget som personen jobbar på arbetar med automatiserade lösningar och implementerar Internet of Things i många av dessa lösningar.

## 4.7 Genomförande

Intervjuerna har skett med personliga möten med samtliga respondenter. Respondenterna har introducerats till ämnet och vår studie innan intervjuerna har påbörjats. Några av frågorna föll bort till vissa respondenter, detta för att vi valde att anpassa frågorna för att passa in på deras bakgrund inom ämnet. Grundtanken med samtliga frågor var att besvara våra frågeställningar samtidigt som ett resultat byggdes.

Frågorna som ställdes till respondenterna var uppräddade och ställdes i den ordning som de är listade (Appendix A1-A5). Varje fråga syftade till att skapa en diskussion. En av frågorna syftade till ett påstående som respondenterna själva kunde diskutera fritt kring. Respondenternas svar skrevs ner på plats för att vid senare tillfälle transkriberas.

Respondenternas svar spelades även in. Detta tog vi upp med samtliga respondenter innan intervjun påbörjades. Vi lyssnade på inspelningarna några gånger för att försäkra oss om att inget hade glömts bort i våra anteckningar.

## 5 Resultat

Det här avsnittet avser att presentera den data som samlats in med hjälp ut av intervjuer. Resultatet presenteras under fyra huvudkategorier som intervjuerna diskuterat kring. Den huvudsakliga anledningen till att presentationen genomförs på det här sättet är att ge läsaren en större förståelse för de olika kategorierna.

### 5.1 Varför Internet of Things för Preventive Maintenance?

Inom industrin tittar man närmare på möjligheterna med att implementera Internet of Things i olika lösningar som företaget erbjuder. Företag A i Malmö har ingen färdig modell de arbetar utifrån idag, men är ett av många företag i Malmö som vill implementera Internet of Things som en produkt. Man menar att produkten ska vara en säljbar idé som man kan erbjuda till såväl nya som befintliga kunder. En grundtanke man arbetar med är just Preventive Maintenance. Företag B i Malmö arbetar redan mycket med Internet of Things i sina lösningar. Man arbetar mycket med datainsamling för att kunna skapa automatiserade lösningar. Man säger dock att man inte riktigt arbetar med Preventive Maintenance. Den stora drivande faktorn till att implementera Internet of Things i lösningar som underhåll är en ekonomisk vinning. Exempelvis menar Företag A på att en sådan lösning skulle öka anseendet hos kunderna och generera i en större vinst. För kunderna innebär det också att kostnaderna skulle kunna reduceras genom att man slipper onödiga underhållskostnader.

Granskning av White Papers visar också på att man har ett positivt synsätt och ett stort förtroende för Preventive Maintenance med hjälp ut av Internet of Things. Tydligast blir detta i produktblad från till exempel IBM som tagit fram Watson-plattformen för Internet of Things-baserade lösningar. I detta produktblad, som syftar till reklam, presenterar man sina Internet of Things-baserade lösningar och molntjänsten där man kan samla in data.

Person C, universitetslektor på Malmö högskola menar på att den stora fördelen med att implementera Internet of Things för Preventive Maintenance är drifttiden. En viktig faktor för att minska onödiga kostnader är att ha något tillgängligt så ofta som det går. Att göra onödigt underhåll kan innebära att man måste sätta den ur drift och på så sätt, få en onödig kostnad. Ett bra exempel Person C påpekade var lastbilar som har en sträcka att köra. Om man gör regelbundna underhåll på dessa lastbilar så måste de tas ur bruk tillfälligt, det skapar en nertid och förhindrar arbetet.

Person A, lektor på Malmö högskola anser att det viktiga värdet Internet of Things har för Preventive Maintenance är det affärsmässiga. Hon talar om vikten att utnyttja resurserna till att skapa en säljbar lösning som både är effektiv och genererar intäkter. Person C talade även om kundens värde i en sådan implementation. Person C menade på att en sådan lösning skulle kunna generera i reducerade kostnader för kunden som på det här sättet slipper betala onödiga underhållskostnader.

Person B som inte var väl insatt i Preventive Maintenance talade om vikten av att öka drifttid. Person B menar på, förutom det affärsmässiga som nämndes av Person A och Person C, att den egentliga orsaken borde vara öka drifttiden för något som borde vara igång hela tiden. Person B menar även på att ökad drifttid genererar i lägre kostnader, eftersom man slipper göra onödigt underhåll.

## 5.2 Ekonomiska aspekten

Person A, Person B och Person C menar på att det finns olika synvinklar att titta på när man talar om det ekonomiska för Preventive Maintenance. En implementation av Internet of Things kan reducera kostnaderna, men inte alltid nödvändigtvis. Person B, universitetsadjunkt på Malmö högskola talar om vikten att välja rätt värden att mäta. Det kan bli kostsamt i längden att mäta onödiga värden som inte bidrar till mycket information om maskinens egentliga hälsa. Vi nämnde däremot tidigare att en studie gjorts av tjänstebolaget Jones Lang Lasalle, där man visade på att investeringar i Preventive Maintenance kan ge bra avkastning [24]. Här menar både Person C och Person B på att Preventive Maintenance med hjälp ut av Internet of Things direkt är en ekonomisk fråga och till största del handlar om hur man kan generera högre intäkter, sett ur det industriella perspektivet. Person C diskuterar kring scenariot att inte äga sin bil, det vill säga man istället skulle kunna hyra en bil. På det här sättet skulle Preventive Maintenance bli en viktig fråga för bilhandlaren och utvecklas till en stor potentiell affärsidé. Person B menar på att underhåll av bilen ligger på ägarens ansvar. Att man då skiftar över ansvaret till bilhandlaren ökar värdet av underhåll.

Inom akademien menar man på att den ekonomiska aspekten är den viktigaste drivkraften till varför man bedriver en forskning om Preventive Maintenance med hjälp ut av Internet of Things. Person A menar på vikten av att nertider inte är acceptabelt hos många företag. Att lyckas implementera en sådan lösning bidrar till ökad vinst. Person B talar om samma drivkraft, där drifttiden är viktig för själva lösningen, men det ekonomiska är den styrande faktorn.

Person C talar mycket om det affärsmässiga. Man talar mer om en slutprodukt som kan vara säljbar. Man tittar mer på hur man kan utnyttja Internet of Things för att skapa en lösning som kan säljas som en tjänst. Person A som bedriver forskning inom ämnet tittar på hur denna implementation kan bidra till effektivitet hos företagen som utnyttjar lösningen.

Företag A menade på att den egentliga drivkraften till att man i framtiden vill erbjuda Preventive Maintenance med hjälp ut av Internet of Things är för att öka intäkterna. Man menar på att man slutligen vill lyckas med att erbjuda lösningen som en produkt eller ett komplement till en befintlig produkt.

### 5.3 Problematiken med Internet of Things

Diskussioner med Företag A i Malmö visade tydliga tendenser till att man inte har vidare koll på utmaningarna med Preventive Maintenance med hjälp ut av Internet of Things. Man valde att fokusera på vad implementationen kan bidra med affärs-mässigt och inte vilka problem som kan uppstå. Person A, Person C och Person B var eniga om att stora problem existerar och Internet of Things kan inte lösa alla situationer för Preventive Maintenance.

Samtliga kandidater inom akademien la fokus på den mänskliga faktorn. Män-niskan behövs fortfarande för att lösa många problem som inte kan mätas med sensorer. Person B tillade att sensorer exempelvis inte kan mäta rost. Ett problem som skulle uppstå på grund av rost skulle därför inte kunna upptäckas med hjälp ut av sensorer. En annan utmaning man identifierade var lagringsmängden. Person C diskuterade mycket kring scenariot med att mäta data från samtliga bilar. Person C hade vid tidigare tillfällen diskuterat en liknande lösning med Etas GMBH, som är ett stort bolag för automatiserade lösningar i Tyskland. Man hade då kommit fram till att varje bil skulle generera ungefär 10 gigabyte data dagligen.

<b>31 841 nyregistrerade bilar 2016 - 2017</b>	<b>10 GB data per bil / dag</b>	<b>= 318 841 GB / dag</b>
--	---	-------------------------------

Figur 3: Antal nyregistrerade bilar 2016-2017, Statistiska Centralbyrån

Under 2016 - 2017 registrerades 31,841 bilar. Detta skulle generera en hög da-tamängd att hantera dagligen. Person C och Person B menade på att detta skulle ställa väldigt höga krav på både implementation och verktyg som används.

Ett annat problem som både Person A och Person B identifierar är säkerhets-relaterade problem med Internet of Things. Person B nämner att det än idag finns många säkerhetshål för hackare att utnyttja. Detta ställer till med problem om man behöver arbeta med känslig data.

### 5.4 Kan man effektivisera Preventive Maintenance?

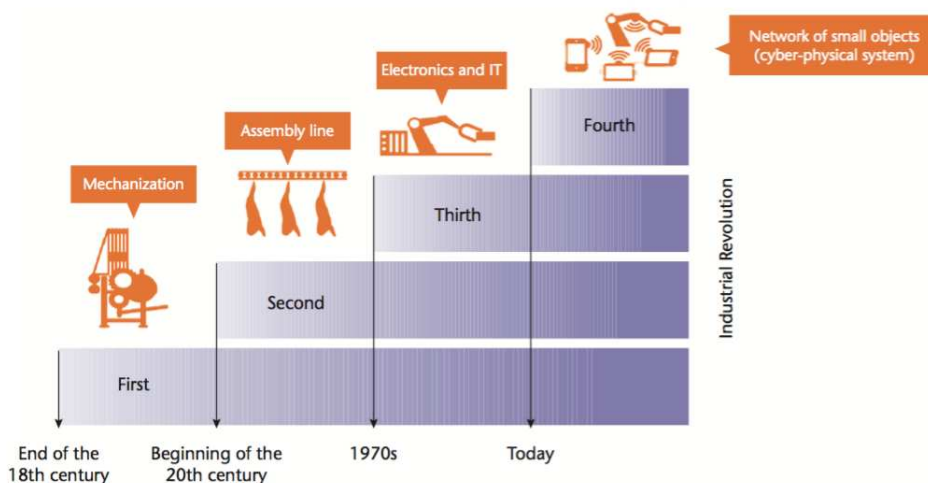
Inom industrin ser man väldigt ljust på idén med att implementera Internet of Things för Preventive Maintenance. Vi talade med Företag B i Malmö som redan arbetar mycket med Internet of Things-baserade lösningar. Eftersom man lyckats ta fram egna plattformar är man mycket positivt inställd till att kunna automatisera många

processer som idag kräver manuellt arbete. Man poängterar däremot att underhåll fortfarande måste utföras av den mänskliga faktorn, övervakning går däremot bra att effektivisera.

Person B, Person A och Person C är enhetliga vad gäller effektivisering. Är det fullt möjligt att implementera sensor-teknologi för övervakning på maskiner, och företag accepterar en ungefärlig drifttid på 90-95 procent, kan både företaget som erbjuder lösningen och kunden öka sin potentiella vinst. Här menar man på att den ekonomiska aspekten är viktig för definitionen av effektivitet. Person C menar på att man oftast mäter effektiviteten i samband med det ekonomiska. Man ställer sig dock kritisk till många av problemen som vi belyst i studien. Person B menar på att säkerhet fortfarande är ett stort problem med Internet of Things. På frågan om att effektivisera underhåll med Internet of Things så är det främst övervakningen som är möjlig att effektivisera idag. Både Person B och Person A talar om att den mänskliga faktorn fortfarande är viktig och just idag är det inte möjligt att utveckla denna typen av underhållsarbete. Som ett exempel på service av hissar, menar Person C på att Preventive Maintenance med hjälp ut av Internet of Things skulle öka effektiviteten vad gäller drifttid. Person C menar att en automatiserad övervakning skulle bidra till att i god tid kunna reparera det problem som skulle kunna uppstå.

## 6 Analys

Baserat på de resultat från yrkesverksamma och professorer är det både möjligt och i dagsläget idealt att utnyttja Internet of Things för underhåll. Både industrin och forskningen betonar på ett industriellt generationsbyte. Man talar mycket om industri 4.0 som innebär att resurser idag är smarta och uppkopplade i en distribuerad värld. Detta har bland annat Lee m.fl och Posada m.fl tagit upp [26][27]. Figur 4, från Posadas studie visar de industriella generationer sedan 1700-talet. Med vårt resultat och detta som utgångspunkt kan det då alltså diskuteras om Internet of Things kan effektivisera för underhåll.



Figur 4: Industriella generationer [27]

Studiens resultat visar på att det finns fördelar med att använda Internet of Things för underhållsändamål. Man tittar gärna på den ekonomiska aspekten och det är kritiskt för organisationer att ha hög upptid på sina viktigaste maskiner. Resultat från denna studie och relaterat arbete menar på Internet of Things-baserade lösningar för detta är att föredra. En granskning av industrin visar även på att man är angelägen om att sälja dessa typer av lösningar. Respondenterna från intervjustudien har varit tydliga med att användningen av tekniken kan bidra till att man sparar in på resurser. Det skulle då kunna öka i vinst för organisationen. Som nämnt i kapitel 5.4 så har man menat på att den ekonomiska aspekten är viktig för definitionen av effektivitet.

Tittar man på hur industrin kapprustar sig för att möta de senaste kraven på ekonomisk hållbarhet för sitt underhåll så är det idealt att sälja Internet of Things-baserade lösningar till sina kunder. Som tidigare nämnt har man ett positivt synsätt på att använda Internet of Things. Som motfråga om det går att effektivisera underhåll med hjälp av Internet of Things, kan man då ställa frågan om det är optimalt att använda tekniken. Den frågan baseras på de problem som studien upptäckt.

Ser man till resultatet från intervjuerna är samtliga eniga om att det finns svårigheter med Internet of Things-baserade lösningar. En del av dessa svårigheter som lyfts av de refererade författarna är hur precisa resultaten från sensorerna är [1]. Bland annat har både Person C och Person A menat på att tekniker själva eller produktionsarbetarna har bättre kunskap om maskiners status. Som ett antagande av detta kan vi mena på att det då krävs att sensorsystemen behöver få hårdkodade värden in till början. För att få en korrekt inlärningsprocess, enligt Person A, kan det även behövas att maskinerna går ner för att då mäta datan mellan upptid och nertid. En del av det relaterade arbetet inte nämner är hurvida deras sensorsystem installerades.

Resultatet tyder även på att det råder en viss otydlighet kring användningen av de uppkopplade enheterna. Dels att den fysiska installationen kan vara komplicerad på särskilt äldre maskiner, men även att den mängd data som skickas ut kan bli problematisk. Både resultatet och relaterat arbete från Lee [21] tar upp detta. Person B var tydlig med att det inte är helt självklart hur de ska kopplas på. Han menar även på att flera maskiner och apparater är gamla och att fysiskt installera dem är en problematik i sig. Analysen av personens svar kan då tydas till att det finns en utmaning om man har gamla maskiner och apparater. Då kan det diskuteras hurvida effektivt och lönsamt det skulle vara att behöva byta ut hela system.

Man har även varit eniga om att mänskliga aspekten fortfarande är viktig. Oftast vet personen som installerar, bygger eller underhåller maskinen själv vad som behövs och vilka värden sensorsystemet ska titta på. Som analys på detta kan det då diskuteras om man är redo för att övergå till automatiserade inlärningsprocesser med hjälp av denna teknik. Det är även problematiskt med den datainsamling och om vi har kraft nog att lagra all data. Bland annat har Person C diskuterat hur mycket data varje enhet ger ifrån sig per dag. I exemplet med uppkopplade bilar så ger de ifrån sig stora mängder data. Frågan man ställer sig då är om vi har den infrastrukturen att skicka och lagra all den data.

## 7 Diskussion

Resultaten och analysen tyder på att det fortfarande existerar tillräckligt många utmaningar för att denna teknik ska ses som fullständig för detta ändamål. Det kan ses som självklart för företag att rusta upp sig för att möta nya krav. Samtidigt som detta vill forskningen påpeka de brister som finns. Detta bevisas genom att jämföra det relaterade arbetet och intervjufrågorna med det industriella arbetet, samt att sätta dessa i relation till varandra.

Det borde påpekas att studien inte bara besvarar frågeställningarna, utan även leder in till ännu fler frågeställningar. Man skulle utifrån en överskådlig syn av Internet of Things som koncept mena att det är en lösning på flera problem som tidigare inte varit möjligt. Svaret på om man kan med hjälp av tekniken effektivisera sitt underhåll besvaras tydligast genom att se på industrin. De företag som har frågats ut och de artiklar som studerats har visat att man gärna använder och säljer Internet of Things-baserad teknik. Då utan hänsyn till de brister som finns. Person B har bland annat diskuterat säkerhetsaspekten. Det är känt att Internet of Things medför vissa säkerhetsbrister och detta diskuteras i akademien [10]. Personen har även diskuterat svårigheten med att installera det Internet of Things-baserade systemet på äldre maskiner. Som följd av detta kan det vara svårt att veta vilken data man ska titta på och hur man hanterar yttre påverkan som kan leda till att maskiner vittrar. Studien har även lett in på hanteringen av datamängd. Så som det ser ut idag, har Person C menat på att det inte finns någon befintlig teknik i dagsläget.

Anmärkningsvärt att Person A även diskuterar den mänskliga aspekten. Personen har menat på att vi tenderar att gå mot automatiserade processer för att bedriva underhåll. Samtidigt påpekar personen att mänskliga påverkan fortfarande existerar och bör fortfarande existera tills tekniken kan anses som mer "fullständig". Genom att rådgöra med servicetekniker eller någon liknande kan man lättare förstå en maskins beteende och bygga Internet of Things-baserade system utifrån detta.

Person A diskuterade kring intervjufrågorna på ett abstrakt sätt. Personen talar ur ett arkitektoniskt perspektiv och har en bred ansats. Eftersom personen forskar kring mjukvaruarkitektur var det givet att abstraktionsnivån låg hög och att termerna blev mer generella. Personen tenderade även till att besvara frågorna i simplifierade termer och analogier för att ge en bred bild över problemet. Detta medförde att man lättare kunde förstå sig på vissa utmaningar och de gav även underlag för att lättare förstå vad övriga personer diskuterade.

Person C har tidigare erfarenhet av fordonsbranschen och la grunden till flera av de exempel som nämns. Personen forskar inom mekatronik och inbyggda system. Därför var det självklart att personen var en lämplig kandidat att intervjua för vårt ändamål. Eftersom personen hade yrkeserfarenhet, kunde denne lägga betoning på kostnadseffektivisering och de incitament företag har för att bedriva effektivt underhåll.

Person B, som har lång erfarenhet inom industrin och telekom i synnerhet, talar också mycket för det ekonomiska intresset med Preventive Maintenance. Precis som

Person C, har man talat för att man som företag vill vara ekonomisk i sitt bedrivande av underhåll och hur man som säljare vill sälja in bra lösningar. Vad som gör personen till en trovärdig kandidat är att personen lär ut elektronik för ingenjörer och har därför goda kunskaper inom inbyggda system och sensorsystem.

## 7.1 Hot mot validitet

Studien är baserad på befintligt akademiskt verk, intervjuer och studiet av industriella lösningar. Som alternativ till att bedriva studien hade metoder som observation av t.ex. industriarbetare varit möjliga. Detta för att kunna dra bättre slutsatser på hur man kan implementera Internet of Things på äldre maskiner utan internetuppkoppling. Även att observera produktionstekniker hade varit intressant. Dels hade detta kunnat göra en större generalisering än de kvalitativa jämförelserna mellan industri och akademi, men även kunnat ge en bättre teknisk inblick på hur industrin resonerar. För kvalitativa resultat hade man kunnat titta på hur uppkopplade sensorsystem behandlar stora mängder data och hur de gör jämförelser för att detektera fel i maskiner. Då hade en studie som innefattat att studera befintliga lösningar varit av intresse.

Generellt kring metodvalen kan subjektiviteten diskuteras. Intervjuernapersonerna har forskat kring mer generella ämnen och inte Internet of Things eller Preventive Maintenance i synnerhet. Deras svar baseras främst på deras kunskap och erfarenhet av både yrkesliv samt deras forskningssammanhang. Därför kan det diskuteras om man hade fått mer specifika svar av personer som specifikt tittar på dessa ämnen. Intervjuerna har även varit semistrukturerade och anpassade efter varje person. Främst har bakgrundsgranskning av varje person lagt till grund för hur intervjufrågorna har ställts.

## 8 Slutsatser och vidare forskning

Efter att ha analyserat och diskuterat studien kan vi härmed komma med slutsatser från studien. Detta kapitel avser även att beskriva det industriella arbete som kan behövas ha i åtanke och vad akademien kan studera vidare.

### 8.1 Slutsats

Som slutsats av studien kan det diskuteras hurvida mogen denna teknik är. Detta baseras på analysen som gjorts på studien. Fortfarande råder det en viss oklarhet och industrin säljer in Internet of Things-baserade lösningar som om det skulle vara lösningen till det mesta. Efter denna studie har det visat sig att det fortfarande existerar flera utmaningar. Bland annat hur mängden data hanteras och hur de fysiskt installeras i äldre maskiner. Även säkerhetsaspekten har tagits upp, då det är känt att Internet of Things medför vissa säkerhetsbrister. Det är därför viktigt för industrin att ha detta i åtanke när man bygger sina maskiner. Förslagsvis kan det vara nödvändigt att låta sensorer och nätverksuppkoppling vara inbyggt redan från början.

### 8.2 Vidare forskning

Som vidare forskning efter denna studie är det viktigt att man tittar på de utmaningar som lyfts. Studien har inte omfattat tekniska aspekter på Preventive Maintenance, utan behandlat hurvida Internet of Things kan effektivisera för underhåll och vilka utmaningar man stöter på vid just Preventive Maintenance.

För vidare forskning kan det vara intressant att titta på IT-infrastruktur i molnet (Cloud Computing) och hur dessa ska hantera denna mängd data. I exemplet med uppkopplade bilar har det uppskattats att cirka 10 GB data per dag med information från varje bil skickas upp till molnet. Då är det intressant att kolla hur man fysiskt bygger denna infrastruktur som klarar av detta och vilka protokoll datan transporteras genom.

En annan viktig gren att forska kring är den tekniks specifika grenen. Bland annat hur man skulle implementera tekniken i redan befintliga maskiner utan tillgång till internetuppkoppling. Även vilka algoritmer och modeller som lämpar sig åt detta. En kvalitativ jämförelse hur arkitekturen kan se ut för denna typ av system är även utav intresse.

Forskning kring säkerheten och hur den kan optimeras för att möta de krav som ställs samt även hur de rent hårdvarumässigt klarar av att driva dessa processer är av stor vikt. Som tidigare nämnt är det känt att Internet of Things innehåller en del säkerhetsbrister.

## Referenser

- [1] P O'Donovan, K. Leahy, K. Bruton, D T J O'Sullivan, P. O'Donovan, K. Leahy, K. Bruton, and D. T. J. O'Sullivan. An industrial big data pipeline for data-driven analytics maintenance applications in large-scale smart manufacturing facilities. *Journal of Big Data*, 2(1):25, 2015.
- [2] Yoshiyuki Segawa, Masamitsu Ohnishi, Toshihide Ibaraki, Wenzhu Liao, Ers-hun Pan, and Lifeng Xi. Preventive maintenance scheduling for repairable system with deterioration. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 21(1):91–101, 2010.
- [3] D G Nguyen and D N P Murthy. Optimal Preventive Maintenance Policies for Repairable Systems. *Operations Research*, 29(6):1181–1194, 1981.
- [4] Leon Wu, Gail Kaiser, Cynthia Rudin, and Roger Anderson. Data Quality Assurance and Performance Measurement of Data Mining for Preventive Maintenance of Power Grid. In *Proceedings of the First International Workshop on Data Mining for Service and Maintenance*, KDD4Service '11, pages 28–32, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [5] Yoshiyuki Segawa, Masamitsu Ohnishi, and Toshihide Ibaraki. Optimal minimal-repair and replacement problem with age dependent cost structure. *Computers & Mathematics with Applications*, 24(1):91–101, 1992.
- [6] Ling Wang, Jian Chu, and Jun Wu. Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 107(1):151–163, 2007.
- [7] Hongzhou Wang. A survey of maintenance policies of deteriorating systems. *European Journal of Operational Research*, 139(3):469–489, 2002.
- [8] Jorge C. Seabra, Mario A. Costa, and Mateus M. Lucena. IoT based intelligent system for fault detection and diagnosis in domestic appliances. In *2016 IEEE 6th International Conference on Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin)*, pages 205–208, 2016.
- [9] A H Ngu, M Gutierrez, V Metsis, S Nepal, and Q Z Sheng. IoT Middleware: A Survey on Issues and Enabling Technologies. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(1):1–20, 2 2017.
- [10] D Georgakopolous E. Bertino K. Kwang Choo and S Nepal. Internet of things(IoT): Smart and secure service delivery. *ACM Transaction on Internet Technology*, 16(4):22, 2016.

- [11] Sahar S Tabrizi and Dogan Ibrahim. Security of the Internet of Things: An Overview. In *Proceedings of the 2016 International Conference on Communication and Information Systems, ICCIS '16*, pages 146–150, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [12] Debasis Bandyopadhyay and Jaydip Sen. Internet of Things: Applications and Challenges in Technology and Standardization. *Wireless Personal Communications*, 58(1):49–69, 2011.
- [13] Jianjia Wu and Wei Zhao. Design and Realization of WInternet: From Net of Things to Internet of Things. *ACM Trans. Cyber-Phys. Syst.*, 1(1):2:1–2:12, 11 2016.
- [14] Gregory D Abowd. What Next, Ubicomp?: Celebrating an Intellectual Disappearing Act. In *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing, UbiComp '12*, pages 31–40, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [15] Cintia Carvalho Oliveira, Daniele Carvalho Oliveira, João Carlos Gonçalves, and Julio Toshio Kuniwake. Practical Introduction to Internet of Things: Practice Using Arduino and Node.js. In *Proceedings of the 22Nd Brazilian Symposium on Multimedia and the Web, Webmedia '16*, pages 17–18, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [16] Remora. <https://remora.com/blog/automotive-and-internet-of-things>, 2016.
- [17] Elevator One. <http://www.elevatorone.ca/maintenance-2/>, 2017.
- [18] Yiqing Lin, Arthur Hsu, and Ravi Rajamani. Maintenance and Repair: A Simulation Model for Field Service with Condition-based Maintenance. In *Proceedings of the 34th Conference on Winter Simulation: Exploring New Frontiers, WSC '02*, pages 1885–1890. Winter Simulation Conference, 2002.
- [19] Rohit Dhall and Vijender Kumar Solanki. An IoT Based Predictive Connected Car Maintenance Approach. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 4(3):16, 2017.
- [20] Jay Lee, Hossein Davari Ardakani, Shanhu Yang, and Behrad Bagheri. Industrial Big Data Analytics and Cyber-physical Systems for Future Maintenance & Service Innovation. *Procedia CIRP*, 38:3–7, 2015.
- [21] J Lee, H . A Kao, and S Yang. Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, 16, 2014.
- [22] Dell IoT Solutions. Six steps to using the IoT to deliver maintenance efficiency. 2016.
- [23] IBM. IBM Watson. 2014.

- [24] Jones Lang Lasalle. Determining the Economic Value of Preventive Maintenance. 2016.
- [25] M Ely. *Doing Qualitative Research: Circles Within Circles*. Falmer Press teachers' library series. Falmer Press, 1991.
- [26] J Lee, B Bagheri, and H Kao. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manuf Lett*, 3, 2015.
- [27] J Posada, C Toro, I Barandiaran, D Oyarzun, D Stricker, R de Amicis, E B Pinto, P Eisert, J Döllner, and I Vallarino. Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 35(2):26–40, 3 2015.

## A Frågor

### A.1 Frågor till Person A

1. Why is it important to research about Preventive Maintenance?
2. Is cost an important factor in the research? Why?
3. What challenges could you face in Preventive Maintenance working with Internet of Things?
4. Car inspecting has been done since the 1960's, why do you think the process of serving the car hasn't been changed to a more automated process, in the terms that we have more tools for doing so?
5. How do you work with protecting sensitive data when implementing connected devices for maintenance?
6. What problems can occur when implementing a sensor system separately from the device/machine? How can you solve it?
7. Is it possible to guarantee as close to hundred percent true/false information from this type of sensor technique?

## A.2 Frågor till Person B

1. Vad vet du rent generellt om Preventive Maintenance som den utförs idag, både med och utan Internet of Things?
2. Vilka utmaningar tror du man stöter på när man använder Internet of Things för Preventive Maintenance?
3. Vi har ett scenario idag där man gör service på bilen 1 gång per år, om man istället slopat detta och endast utfört service när smarta sensorer larmat, vilken effekt tror du det hade gett rent generellt? ( fördelar, nackdelar? Vilka berörs?)
4. Varför tycker du det är viktigt att bedriva en forskning kring detta ämnet?
5. Är kostnad för underhåll en viktig faktor inom forskningen tror du?
6. Tror du det är möjligt att idag garantera hundra procent positiv/sann information med den här typen av övervakning på maskiner?

### A.3 Frågor till Person C

1. Vad vet du rent generellt om Preventive Maintenance som den utförs idag, både med och utan Internet of Things?
2. Vilka utmaningar tror du man stöter på när man använder Internet of Things för Preventive Maintenance?
3. Vi har ett scenario idag där man gör service på bilen 1 gång per år, om man istället slopat detta och endast utfört service när smarta sensorer larmat, vilken effekt tror du det hade gett rent generellt? (fördelar, nackdelar? Vilka berörs?)
4. Varför tycker du det är viktigt att bedriva en forskning kring detta ämnet?
5. Är kostnad för underhåll en viktig faktor inom forskningen tror du?
6. Tror du det är möjligt att idag garantera hundra procent positiv/sann information med den här typen av övervakning på maskiner?
7. Vad är för dig egentligen de stora skillnaderna mellan typisk underhåll som den ser ut idag och underhåll med hjälp ut av Internet of Things?

## A.4 Frågor till Person D

1. Vilken typ av underhåll arbetar ni med idag? Maskiner? Mjukvara?
2. Ungefärligt, vad kostar er underhåll per år?
3. Ser ni något problem med dessa lösningar ni erbjuder för underhåll? Är det något ni skulle vilja utveckla och göra bättre?
4. Använder ni er av Internet of Things för någon lösning? i så fall vad?
5. Ser ni några möjligheter till att dra ner på kostnaderna för underhåll?
6. Om ni skulle implementera automatiska lösningar för underhåll, tror ni att kostnaderna skulle reduceras i så fall?
7. Skulle ni våga lita på datainsamlingen för underhåll om ni hade implementerat en automatiserad lösning?

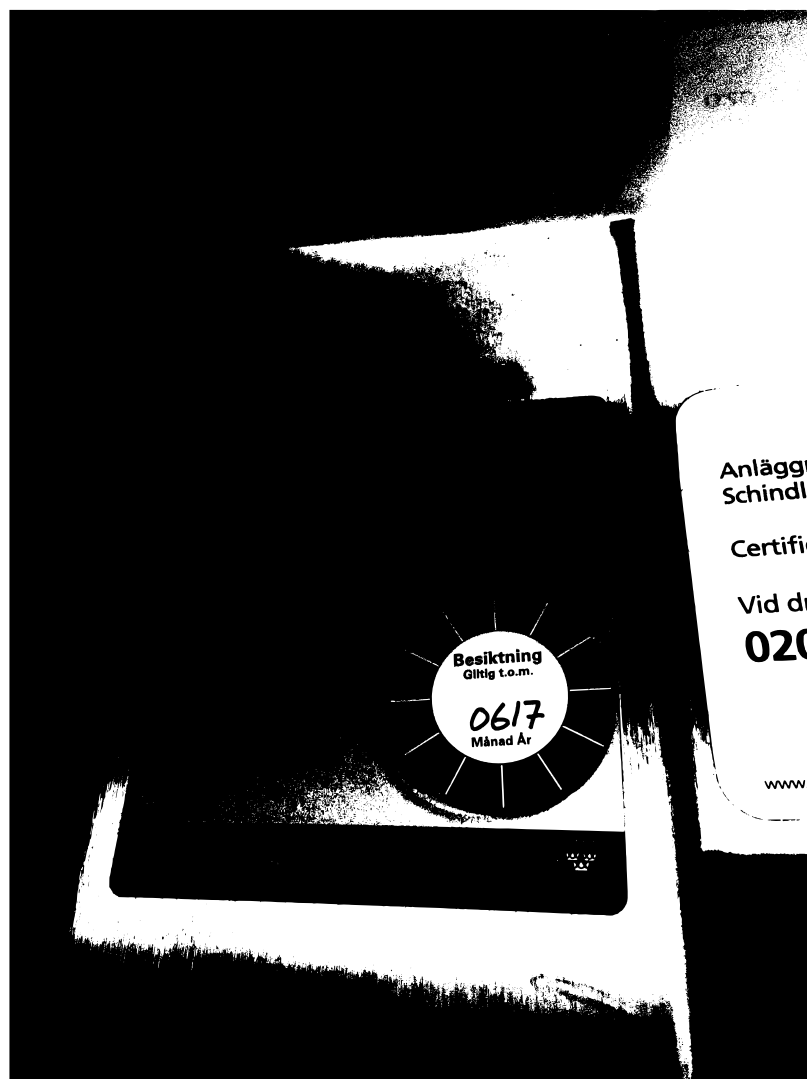
## A.5 Frågor till Person E

1. Vilken typ av underhåll arbetar ni med idag? Maskiner? Mjukvara?
2. Ungefärligt, vad kostar er underhåll per år?
3. Ser ni något problem med dessa lösningar ni erbjuder för underhåll? Är det något ni skulle vilja utveckla och göra bättre?
4. Använder ni er av Internet of Things för någon lösning? i så fall vad?
5. Ser ni några möjligheter till att dra ner på kostnaderna för underhåll?
6. Om ni skulle implementera automatiska lösningar för underhåll, tror ni att kostnaderna skulle reduceras i så fall?
7. Skulle ni våga lita på datainsamlingen för underhåll om ni hade implementerat en automatiserad lösning?

## B Bilagor

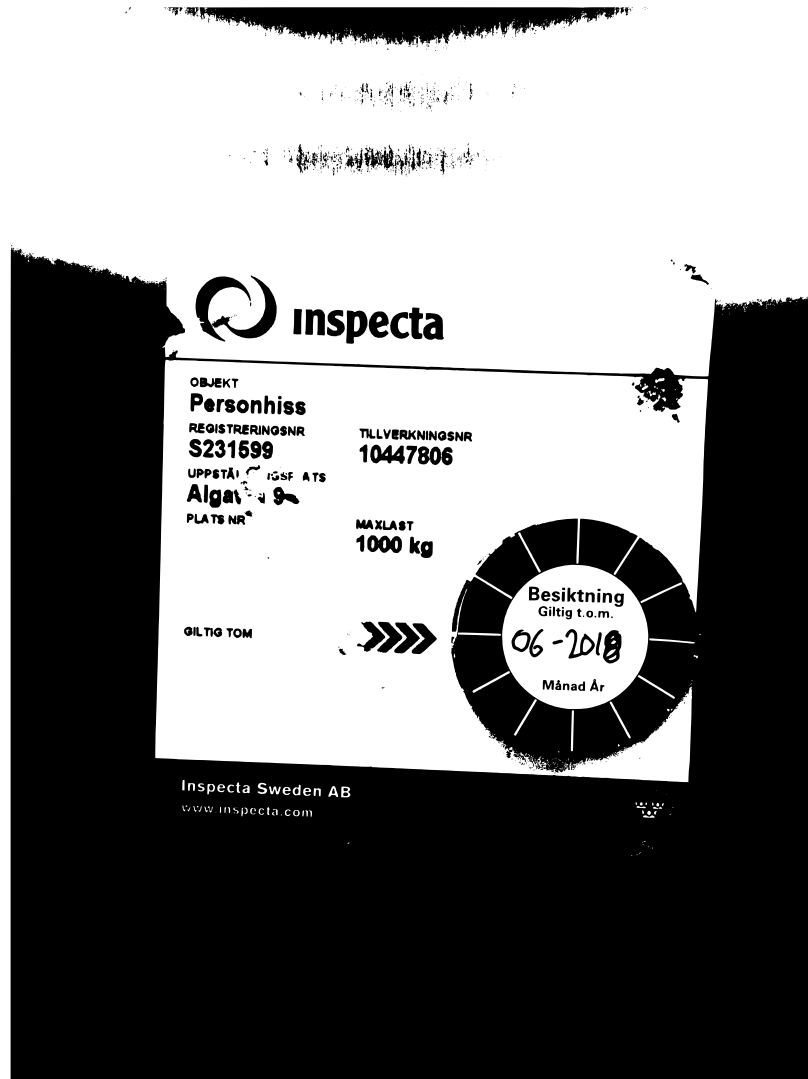
Här presenteras tre hissar i Trelleborg. Denna bilaga används som referens till de påståenden som behandlar service av hissar. De flesta hissar i Trelleborg genomgår en besiktning under Juni månad varje år.

### B.1 Hiss 1



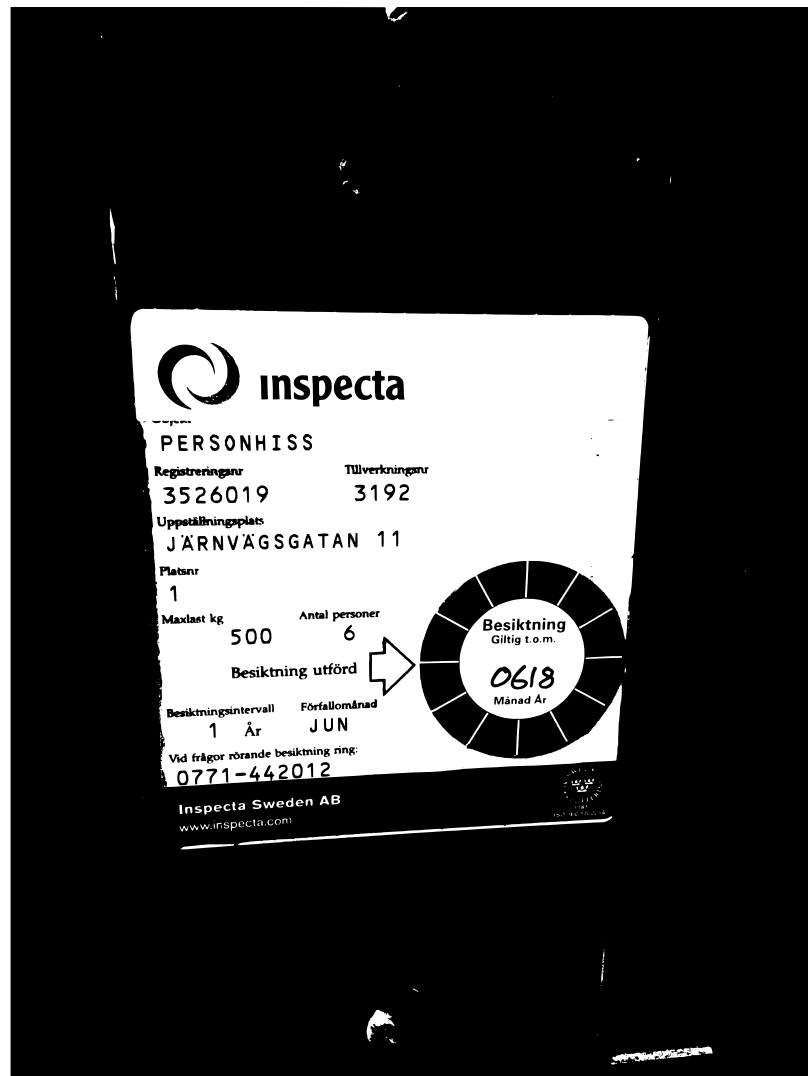
Figur 5: Hiss 1 med besiktningsprotokoll

## B.2 Hiss 2



Figur 6: Hiss 2 med besiktningssprotokoll

### B.3 Hiss 3



Figur 7: Hiss 3 med besiktningssprotokoll