

Effektivisering av fastighetsdrift och underhåll med hjälp av Internet of Things.

LUNDS UNIVERSITET

Ivan Segerström

Examensarbete på Civilingenjörsnivå
Avdelningen för Energihushållning
Institutionen för Energivetenskaper
Lunds Tekniska Högskola | Lunds Universitet





LUNDS
UNIVERSITET

Effektivisering av fastighetsdrift och underhåll
med hjälp av Internet of Things.

Författare:

Ivan Segerström (ivansegerstrom@gmail.com)

12 december 2018

Föreliggande examensarbete på civilingenjörsnivå har genomförts vid Avd. för Energihushållning, Inst för Energivetenskaper, Lunds Universitet - LTH samt vid Siemens Building Technologies AB i Malmö.Handledare på Siemens Building Technologies AB: Louise Johansson ; handledare på LU-LTH: Universitetslektor Per-Olof Johansson Kallioniemi; examinator på LU-LTH: Biträdande universitetslektor Kerstin Sernhed.

Examensarbete på Civilingenjörsnivå

ISRN LUTMDN/TMHP-18/5427-SE

ISSN 0282-1990

© 2018 Ivan Segerström samt Energivetenskaper

Energihushållning

Institutionen för Energivetenskaper

Lunds Universitet - Lunds Tekniska Högskola

Box 118, 221 00 Lund

www.energy.lth.se

Förord

Jag vill framföra ett stort tack till Siemens Building Technologies i Malmö för ett varmt välkomnande och en härlig arbetsplats. Tack Louise & Krister för allt stöd i processen, men framför allt ert varma bemötande. Tack Per-Olof för vägledning och hjälp med prioriteringar av arbetet. Tack Kerstin för värdefulla kommentarer. Jag vill även rikta ett tack till övriga medarbetare på Siemens som ställt upp vid intervjuer och värdefulla samtal. Och slutligen tack Lund och studiekamrater för en härlig studietid men många fina minnen.

Sammanfattning

Utveckling av effektiv drift och underhåll av fastigheter är ett kontinuerligt arbete som pågår under hela fastighetens livcykel. För att en byggnad ska vara energieffektiv så är faktorer som byggnadsskal, primäre energi och lokala förutsättningar av stor betydelse. Byggnadsautomation möjliggör ytterligare besparingar genom att effektivt begränsa energiflöden utan att påverka upplevd komfort hos brukarna av fastigheten. Genom den teknikutveckling som nu sker så kan fysisk utrustning i högre utsträckning kopplas upp till internet. Uppkoppling av utrustning till internet kan benämnas som Internet of Things (IoT) och förväntas ha stora effekter på många delar av samhället. I en fastighetskontext så kan mätpunkter som idag används för ett isolerat syfte kopplas upp till internet för att utnyttjas i fler tillämpningar. Denna utveckling förväntas ge möjligheter till ytterligare besparingar genom att visualisera och tydliggöra vad som sker i en fastighet. Här finns även potential till ett tätare samarbete mellan olika aktörer och bredare frågor om hur fastigheten bäst nyttjas kan integreras i förvaltningen.

Syftet med denna uppsats är att undersöka hur drift och underhåll kan effektiviseras med hjälp av utökad mätning och analys. Arbetet har bestått i tre faser, en förstudie, en intervjustudie och en litteraturstudie. Förstudien skapade en bild av Siemens verksamhet och gav en förståelse för vilken teknik och arbetssätt som används i dagsläget. Intervjustudien utgick från förstudien och gav inblick i vilka möjligheter och utmaningar medarbetare på Siemens upplever i arbetet att förbättra drift och underhåll. I litteraturstudien studerades ett avgränsat mätområde som medarbetare på Siemens anser har stor potential till effektivisering.

Resultatet av intervjustudien överensstämde till viss del med vad litteraturen beskriver som utmaningen med IoT. I automatiserade fastigheter så finns redan en mängd mätparametrar. Genom att koppla upp och använda dessa i fler syften finns stora chanser till effektiviseringar. Eftersom det är en stor variation i befintlig teknik så är detta en utmaning. Standardisering och säker kommunikation är viktiga frågor men även tydliga mål med hur mätparametrar konkret ska nyttjas. Samtliga medarbetare som deltog i intervjustudien såg ett värde i att mäta hur människor använder fastigheterna och detta valdes därför att undersökas i en litteraturstudie. Studien visade att en modell för mätning av närvaro kan skapas från en kombination av mätparametrar och analys av dessa med statistiska metoder. Närvaromätning utgör på så vis ett konkret exempel på hur IoTs möjligheter kan användas i praktiken för att bidra till effektivare fastighetsförvaltning.

Abstract

Development of efficient operation and maintenance in real estate is an ongoing work throughout the entire life cycle of the property. In order for a building to be energy efficient, factors like the building envelope, primary energy and local conditions are of great importance. Building automation enables further savings by effectively limiting energy flow without affecting comfort levels. Due to development in technology, technical equipment or "things" can be connected to the Internet to a greater extent. Connection of "things" to the internet can be called Internet of Things (IoT) and is expected to have major effects on many parts of society. In a real estate context, data points currently used for an isolated purpose can be connected to the Internet for use in new applications. This development is expected to provide further savings by more clearly visualizing the events unfolding in a facility. There is also potential for closer cooperation between the different stakeholders in the facility management.

The purpose of this paper is to investigate how operations and maintenance can be streamlined by means of increased measurement and analysis. The work has consisted of three phases, a preliminary study, an interview study and a literature review. The preliminary study gave an understanding of the technology and working methods currently used in Siemens Building Technologies. The Interview study was based on the preliminary study and gave insight into the opportunities and challenges that Siemens faces in the work to improve operation and maintenance. In the literature study, a limited area of measurement was studied which employees at Siemens consider to have great potential for improvement in efficiency.

The results of the interviews corresponded to some extent with what the literature describes as the challenge with IoT. In automated real estate, a variety of parameters are usually measured at present. By connecting and using these for more purposes, there are great opportunities of improving efficiency without the need for investment in new "things". Due to the great variety in existing technology, this is still a great challenge. Standardization and secure communication are important issues, but also clear goals of how the parameters will be utilized. All employees of Siemens Building Technologies who participated in the interview study valued measuring how people make use of the properties. This area of measurement was chosen to be investigated in a literature review. The review showed that a model for human presence measurement can be created from a combination of parameters and analysis of these with statistical methods. These models serves as concrete example of how IoT's possibilities can be used in practice to contribute to more efficient property management.

Lista med acronymer

BACnet	Building Automation and Control (BAC) networks
HVAC	Heating, ventilation, and air conditioning
CO₂	Koldioxid
VOC	volatile organic compound
IoT	Internet of Things
FM	Facility Management
BIM	Buildning information model
GDPR	General Data Protection Regulation
GPS	Global Positioning System
IPS	Indoor Positioning System
ML	Machine Learning
DUC	Dataundercentral
ASC	Advantage Service Center

Innehåll

1 Inledning	1
1.1 Syfte & frågeställning	2
1.2 Disposition	3
2 Teori	4
2.1 Fastighetsautomation	4
2.1.1 Delsystem	4
2.1.2 Kommunikation	5
2.2 Internet of Things	6
2.2.1 IoT & fastighetsautomation	8
2.2.2 Exempel på tillämpning	9
2.3 Facility Management	10
2.3.1 Kärnverksamhet & stödverksamhet	11
2.3.2 Digitalisering av Facility Management	11
2.4 Byggnadsinformationsmodellering	12
3 Metod	13
3.1 Förstudie	14
3.2 Intervjustudie	14
3.2.1 Intervjumetod	14
3.2.2 Urval	15
3.2.3 Intervjuguide & teknik	15
3.2.4 Dokumentation & databearbetning	15
3.2.5 Kundintervjuer	16
3.3 Litteraturstudie	16
4 Resultat & analys	18
4.1 Resultat av förstudie	18
4.1.1 Driftoptimering på distans	19
4.1.2 MindSphere	20
4.1.3 Nya affärsområden	21
4.2 Resultat av Intervjustudie	22

4.2.1	Tekniken upplevs inte begränsande	22
4.2.2	Viktigaste mätparametrar	23
4.2.3	Uppkoppling och serviceavtal	24
4.2.4	Behov av tjänstebaserade affärsmodeller	24
4.2.5	Standardisering	25
4.2.6	Interaktionsdesign & återkoppling	26
4.3	Resultat av kundintervjuer	26
4.4	Analys av intervjustudie	28
4.5	Fördjupande studie av närvaromätning	29
4.5.1	Möjlig funktionalitet för indikering av närvaro	29
4.5.2	Tekniker för mätning av närvaro	30
4.5.3	Identifiering av lämpliga tekniker för Siemens	33
4.5.4	Kombination av mätparametrar	35
5	Diskussion	37
5.1	Värdet av närvaromätning	37
5.2	Interoperabilitet	38
5.3	Från produkt till tjänst	39
5.4	Tillståndsbaserat underhåll	41
5.5	Kundintervjuer	41
5.6	Modellbyggnad för mätning av närvaro	42
5.7	Metoddiskussion	42
5.7.1	Intervjumetodik	43
6	Slutsatser	45
6.1	Slutsatser	45
6.2	Förslag på fortsatta studier	46
	Referenser	47
A	Intervjuguider	52
A.1	Intervjuguide för medarbetare	52
A.2	Intervjuguide för kunder	54

Kapitel 1

Inledning

En fastighets totala kostnadsstruktur och miljöprestanda beror på en mängd olika faktorer som exempelvis byggnadsskal, värmesystem och hur väl anpassad byggnaden är för de lokala förhållandena i form av t.ex. väder och solinstrålning. En annan central faktor är användningsområdet, vilket syfte fyller fastigheten och hur väl uppfylls den efterfrågade funktionen? En ideal fastighet har inte bara hög energiprestanda utan uppfyller också sitt syfte väl och är lätt att anpassa utifrån förändrade behov. En stor del av kostnaden i en byggnads livscykel ligger i driftsfasen varför effektiv drift är centralt. Genom mätning kan en fastighet analyseras och kontinuerligt förbättras för att leverera just den funktion som efterfrågas av fastighetsägare eller brukare av fastigheten.

Många fastigheter är idag utrustade med någon typ av automation. Komplexiteten varierar kraftigt från enkla termostater till avancerad styrning av temperatur och luftkvalité. Utveckling sker mot mer behovsanpassad styrning där målsättningen är att uppfylla fastighetens funktion samtidigt som resursförbrukning minimeras. Exempel på behovsanpassad styrning kan vara att ventilation endast sker vid dålig luftkvalité eller att solinstrålning automatiskt skärmas av för att minska kylbehov. Ett annat exempel är att övervaka teknisk utrustning för att se till att denna fungerar effektivt och att underhåll sker först när utrustningen kräver det.

Genom en ökad grad av datainsamling kan information om fastighetens prestanda visualiseras och brister upptäckas tidigare. Teknikutvecklingen möjliggör en utökad grad av mätning för att effektivare leverera den efterfrågade funktionen. Denna utökade grad av datainsamling möjliggörs bland annat genom begreppet Internet of Things (IoT). Teknikutvecklingen har gjort att "saker" som ställdon och sensorer är billigare och enklare att koppla upp till internet för att samla in data till analys. Förenklat kan man säga att detta är IoT, vilket möjliggör en ökad grad av övervakning och styrning. Den högre graden av mätning kan även leda till nya insikter om hur fastighetsdriften kan optimeras.

Traditionellt så har automationssystemet varit intelligensen i byggnaden och fungerat som ett isolerat system. Integrationen av byggnadsautomation och IoT förenar ingenjörskonst med informationsteknologi. Genom att samla större mängder driftsdata med hjälp av t.ex. molntjänster så kan djupare analyser och jämförelser göras. Information är en förutsättning för att effektivisera driften av en fastighet och genom nya analysverktyg möjliggörs en stor potential till effektiviseringar som tidigare inte varit möjliga.

Siemens Building Technologies arbetar idag med fastighetsautomation och driftoptimering. Verksamheten har länge arbetat med att effektivisera energianvändning genom styrning av fastighetsteknik. Med utvecklingen mot en ökad grad av digitalisering och datainsamling ser Siemens nya möjligheter till effektiviseringar och vill utveckla tjänster för detta. Idag mäts en mängd storheter som kan användas i analyser för att effektivisera fastighetstjänster i form av t.ex. lokalvård, förebyggande underhåll och synliggörande av brister. Genom detta förändringsarbete kan man gå från energi- och fastighetstyrning till att erbjuda mer integrerade verktyg för effektiv förvaltning av en fastighet.

1.1 Syfte & frågeställning

Denna uppsats syfte är att identifiera mätparametrar som är centrala i arbetet att effektivisera drift och underhåll av fastigheter. Uppsatsen har en bred ansats för att fånga upp de utmaningar som finns i arbetet med att utveckla och implementera nya tekniska system. Den breda ansatsen skapar en översikt av verksamhetens utmaningar och utgör en grund för val av fördjupande undersökningsområde. Målsättningen är sedan att välja och analysera ett specifikt mätområde med stor potential att effektivisera drift och underhåll i Siemens Building Technologies verksamhet.

Genom att kartlägga mätparametrar med stor potential kan arbetet bidra till att konkretisera det fortsatta utvecklingsarbetet. Undersökningen av ett specifikt mätområde exemplifierar hur mätning och analys kan utnyttjas för att uppnå effektivare drift och underhåll. Målsättningen är att konkretisera hur Internet of Things kan utnyttjas för att uppnå en effektivare fastighetsförvaltning.

Utifrån syftet är uppsatsens övergripande frågeställning:

Vilka mätparametrar har stor potential att effektivisera drift och underhåll i en fastighet?

Med fokus på drift och underhåll i en fastighet besvaras detta genom följande delfrågor:

- *Vad mäter Siemens Building Technologies idag?*
- *Hur kan det som mäts idag utnyttjas för att effektivisera drift och underhåll i en fastighet?*
- *Vilka nya mätparametrar skulle kunna utnyttjas för att effektivisera drift och underhåll i en fastighet?*

Eftersom arbetet utförts i samarbete med Siemens Building Technologies så har undersökningen utgått från Siemens verksamhet. Målsättningen var att hitta relevanta mätparametrar för att utveckla Siemens verksamhet och sedan belysa hur dessa kan bidra till effektivare drift och underhåll i ett bredare samhällsperspektiv. För att svara på frågeställningarna har flera metoder använts; En förstudie för att kartlägga dagens teknikläge, en intervjustudie för att utnyttja medarbetarnas erfarenheter, samt en litteraturstudie av ett avgränsat område baserat på intervjuerna.

1.2 Disposition

Arbetet med uppsatsen har bestått av tre faser och uppsatsen följer delvis denna struktur. Detta blir tydligast i resultatet där det presenteras i den ordning de olika delarna är utförda, dvs förstudie, intervjustudie, litteraturstudie. Uppsatsens disposition är enligt följande:

- Kap 1. Bakgrund, syfte, inledning och frågeställning
- Kap 2. Teoretisk bakgrund för viktiga begrepp kopplat till uppsatsens frågeställning.
- Kap 3. Beskrivning av metodik för uppsatsens olika delar.
- Kap 4. Resultatet av uppsatsens olika delar.
- Kap 5. Diskussion av uppsatsens resultat
- Kap 6. Slutsatser och rekommendationer.

Kapitel 2

Teori

I detta kapitel presenteras den teoretiska bakgrunden för rapporten. Fastighetsautomation är grunden för Siemens Building Technologies och utveckling sker nu för en ökad grad av digitalisering. Detta möjliggörs bland annat av begreppet Internet of Things och tekniken definieras och beskrivs därför i detta kapitel. Begreppet Facility Management förklaras då dess arbetsmetoder kan användas för att effektivisera verksamheter i ett bredare perspektiv vilket Siemens ser som ett framtida affärsområde.

2.1 Fastighetsautomation

Fastighetautomation har sitt ursprung i automation av industriella processer och har en nära koppling till klassisk ingejörskonst. Traditionellt har reglering av fastigheter i form av bland annat värme-, kyl- och ventilations-system ofta skett med begränsad kommunikation mellan systemen [1]. Genom fastighetsautomation samlas de olika systemen i ett övergripande styrsystem för att samordna regleringen och på så sätt effektivisera driften. En kontinuerlig utveckling sker av dessa system och idag är det vanligt att styrning sker utifrån behov och/eller via tidsstyrning. Detta kan t.ex. ske genom att mäta temperatur och koldioxidhalt och styra ventilation och värme utifrån börvärden som kan variera över tid.

2.1.1 Delsystem

Grunden för fastighetsautomation är givare med vilka information samlas för att via t.ex. ställdon reglera en fysisk process. System för fastighetsautomation varierar

i komplexitet men kan bestå i en enklare reglerkrets till system av en eller flera dataundercentraler (DUC)[1]. Dataundercentralerna står för reglerintelligensen och är kopplade till sensorer och ställdon. Informationen från flera dataundercentraler kan samlas till ett övergripande system som kan samordna dessa. Genom detta kan det som tidigare var isolerade funktioner i en fastighet samordnas och effektiviseras [2]. Vi kan beskriva denna struktur i form av tre nivåer [1];

- Fältnivå - Givare & ställdon
- Automationsnivå - Dataundercentral
- Informationsnivå - Övergripande system

Fältnivån är basen för systemet, givare och ställdon mäter och styr teknisk utrustning i fastigheten. Storheter som temperatur, koldioxid och tryck mäts för att reglera flöde med hjälp av t.ex. ventiler, spjäll och motorer. Målsättningen med detta är att uppnå ett så optimalt inomhusklimat som möjligt till minsta möjliga energiförbrukning.

På automationsnivån återfinns reglerutrustning, ofta i form av en dataundercentral som sköter reglering med hjälp av tekniken på fältnivån. Automationsnivån fungerar oberoende av det övergripande systemet, dvs vid avbrott i kommunikation så sker reglering utifrån förinställda börvärden.

Informationsnivån består av system för övervakning och optimering. Här kan en eller flera fastigheter övervakas för att justera börvärden och optimera drift över tid. Ofta loggas data, t.ex. i form av energianvändning och flöden. Informationsnivån bidrar med visualisering och analys genom ett gränssnitt så att fastighetsdriften kan effektiviseras. Informationsnivån är ofta uppkopplad så att fastighetsdriften även kan optimeras på distans.

2.1.2 Kommunikation

Kommunikation inom ett fastighetsautomationssystem sker idag via ett flertal olika protokoll. I ett tidigt stadium i branchens utveckling hade företag egna proprietära protokoll [2]. Detta var till stor nackdel för fastighetsägare som var hänvisade till en tillverkare om man ville ha ett interoperabelt system som möjliggjorde kommunikation mellan de olika delarna. Med denna bakgrund utvecklades BACnet av American Society of Heating, Re-frigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) som ett standardiserat protokoll för fastighetsautomation. BACnet möjliggör kommunikation mellan system från olika tillverkare genom en licensfri specifikation [2]. Det finns ett flertal andra öppna protokoll för kommunikation som t.ex. M-bus, Modbus och KNX. Protokollen härstammar ofta från ett flertal andra, dvs en kontinuerlig utveckling har skett för att standardisera kommunikation [1].

2.2 Internet of Things

International Telecommunication Union har gjort följande definition av Internet of Things, (förkortat IoT) [3]:

”A global infrastructure for the information society, enabling advanced services by interconnecting (physical and virtual) things based on existing and evolving interoperable information and communication technologies.”

Som definitionen antyder så handlar det om en infrastruktur snarare än en teknik. Målet med användningen av IoT kan beskrivas som att uppnå intelligenta funktioner genom att studera, identifiera, spåra, ansluta, söka, övervaka, kontrollera, utvärdera, hantera, driva, reparera och planera saker [4]. En annan målbeskrivning ges i boken *Internet of Things - Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems* som [5]:

”To enable things to be connected anytime, anyplace, with anything and anyone ideally using any path/network and any service”.

Enligt författarna kommer IoT bli en del av infrastrukturen precis som vatten, elektricitet, telefon, TV och internet [5]. För att uppnå detta måste utvecklingen gå mot en öppen infrastruktur där enheterna vet och kan kommunicera sin funktionalitet. De stora möjligheterna med tekniken möjliggörs och förstärks av ny teknik i form av t.ex. molnlagring, kostnadseffektiv mätutrustning, artificiell intelligens och snabbare uppkoppling.

Antalet uppkopplade enheter förväntas öka kraftigt under kommande år men exakt hur mycket är svårt att förutsäga. Ericssons före detta VD Hans Vestburg förutsåg 2010 att antalet uppkopplade enheter skulle öka till 50 miljarder till 2020. Det förväntade antalet har sedan dess skrivits ner till ca 30 miljarder 2020 enligt flera källor [6]. Oavsett den exakta siffran så står IoT inför en kraftig tillväxt eftersom tekniken förväntas effektivisera många brancher.

Internet of Things har applikationer i hela samhället, t.ex. transport, smarta hus, säkerhet, energi, automation, kommunikation och underhållning. Det är omöjligt att förutspå all potentiella tillämpningar givet teknologins utveckling och användares starkt varierande behov. Det finns många utmaningar med teknologin och några forskningsutmaningar som är relevanta för denna uppsats frågeställning är [5]:

- Säker & snabb kommunikation
- Skalbarhet, standardisering och interoperabilitet
- Energieffektiva sensorer och ställdon

- Personlig integritet
- Begränsningar i datalagring & kommunikation

Det stora antalet sensorer gör att interaktion måste ske effektivt. Varje enskild enhet måste vara effektiv både i sig själv men även som en del i ett större system. Interoperabilitet innebär precis detta, att olika enheter effektivt kan kommunicera sin funktion och interagera med andra system på ett effektivt sätt. Detta ställer krav både på de enskilda noderna men även det större nätverket och hur detta kommunicerar [5].

I rapporten "The internet of Things, mapping the value beyond the hype" från McKinsey Global Institute har tillämpningar, utmaningar och potentiellt ekonomiskt värde för tekniken undersökts. Rapporten har ett starkt fokus på värdeskapande och ekonomisk potential, i praktiken sammanfaller ekonomisk potential ofta med någon typ av effektivisering men det kan vara värt att påpeka att detta kanske inte alltid är fallet. De viktigaste slutsatserna relevanta för denna uppsats var enligt rapporten [7];

- Interoperabilitet är en förutsättning för ca 40 % av värdet som tekniken kan skapa.
- Större delen av den data som samlas via IoT används i begränsad grad.
- Den ekonomiska potentialen för IoT är störst inom tekniskt avancerade sektorer som industri, sjukhus och jordbruk.
- IoT kommer innebära en förändring i affärsmodeller & konkurrens. Fysiska varor kommer i större utsträckning säljas som en tjänst.

Enligt författarna är interoperabilitet den största utmaningen och det uppskattar att 40% av värdet som kan skapas från tekniken inte kan realiseras om inte en högre grad av kommunikation möjliggörs. Om kommunikation däremot möjliggörs så kan data från flera system analyseras i sin helhet för bättre beslutsunderlag. Detta kan möjliggöras direkt genom standardiserade gränssnitt för kommunikation eller genom system för översättning & tolkning.

Sensorer genererar mängder med data, speciellt i en industriell kontext, men används inte för analys. I vissa fall skickas bara 1% av informationen från sensorer vidare till ett övergripande system [7]. Genom att gå från datainsamling för avvikelserapportering och realtidsstyrning till att använda data för optimering och prediktiva analyser så kan större delen av värdet realiseras. Barriärer för utvecklingen är bland annat; överföring, lagring, organisering och integration av data från olika källor. Utöver dessa barriärer så finns stora utmaningar i hur analyser ska utföras, här

behövs kompetens både i dataanalys och de fysiska processerna som styrs.

Den ekonomiska potentialen förväntas vara störst i vad som beskrivs som fabriker [7]. Värde kan skapas genom processoptimering i form av datadriven optimering av arbetsflöden. Genom övervakning och justering av teknisk utrustning baserad på datainsamling från distribuerade källor kan nya chanser till effektiviseringar möjliggöras. Även prediktivt underhåll och optimering av lagerhållning är tillämpningar som förväntas skapa värde genom att reducera driftstopp. Prediktivt underhåll möjliggörs genom insamling av sensordata från teknisk utrustning och analys av förändringar över tid .

Nya affärsmodeller kommer krävas då produkter kopplas upp och övervakas på distans, ofta via någon typ av molntjänst. Utveckling går mot att sälja även produkter som en tjänst då produkterna i större grad är uppkopplade och ofta kräver kontinuerliga uppdateringar. I ett tidigt stadium kommer troligtvis utmaningen handla mycket om att integrera tekniken. Över tid kommer konkurrensen gynna de som erbjuder helhetslösningar, med större marknadsandelar kopplat till mjukvara och analys [7].

2.2.1 IoT & fastighetsautomation

IoT användningsområden i en fastighetkontext består till stor del av att synliggöra fastighetens beteende. Tekniken kan användas för att synliggöra hur fastigheten reagerar i olika driftsituationer i form av t.ex. variation i väder, beläggningsgrad och driftstörningar. Det finns många möjliga tillämpningar inom fastigheter, t.ex. behovsstyrt underhåll, energioptimering och strategisk planering. Tekniken bidrar med möjligheter till effektiviseringar genom analysverktyg som kan hjälpa driftsansvarig att jobba proaktivt istället för reaktivt. IoT definierar inte dessa tillämpningar utan bidrar med infrastrukturen för att samla och synliggöra informationen via internet [8]. Genom IoT möjliggörs nya tillämpningar som tidigare var extremt svåra eller omöjliga. IoT kommer inte ersätta befintlig fastighetsteknik utan en utveckling kommer ske för att koppla upp tekniken och integrera den i ett gemensamt system [8]. Frågor om ägarstrukturer och ansvar blir därför viktigt för att arbeta mot gemensamma mål i frågor som energieffektivitet, ekonomi och miljö. Tekniken förväntas även bidra med mjuka värden som t.ex. ökad kontroll och feedback för användaren [5].

För att uppnå hög energieffektivitet så kan ett antal metoder användas. Byggnadskal kan modifieras, effektivare energisystem kan installeras, fastigheter kan automatiseras och prestandan kan utvärderas med hjälp av energikartläggningar. I ett längre perspektiv har den dagliga verksamheten stort avtryck på fastighetens energieffektivitet och denna är under konstant förändring. Prestandahöjande åtgärder

består ofta av installation och driftsättning av ny teknik men det finns mycket att vinna genom en kontinuerlig utvärdering av fastighetens befintliga teknik. I en studie av U.S. Environmental Protection Agency (EPA) så kom man fram till att modern utrustning inte är en garanti för att fastigheten har hög energieffektivitet. Att byggnaden är ny är inte heller någon garanti utan de stora möjligheterna finns i hur fastigheter förvaltas över tid [9]. Förvaltningen bör vara informationsorienterad, dvs man bör upprätta system och mätning för hur fastigheten presterar. Kontinuerlig datainsamling och analys i kombination med inspektioner och injusteringar kan innebära stora besparingar samtidigt som stora kapitalkostnader från investeringar kan undvikas [9].

2.2.2 Exempel på tillämpning

The Edge är en kontorsfastighet i Amsterdam där möjligheterna med IoT till stor del har realiserats. Byggnaden har designats från grunden med ur ett hållbarhetsperspektiv med en målsättning att uppnå den Brittiska organisationens BREEAMs högsta nivå för en miljöbyggnad, Outstanding certificate [10]. Designen har utgått från de lokala förutsättningarna t.ex. i form av solinstrålning. Tekniker som solceller, värmeåtervinning, energilagring i mark och användning av naturligt ljus har bidragit till miljöprestandan [11].

Byggnaden är designad som ett öppet kontorslandskap utan fasta kontorsplatser och med hjälp av totalt 28 000 sensorer mäts bland annat temperatur, luftfuktighet, ljusintensitet, rörelse och medarbetares position i fastigheten [10]. Arbetsplatsen blir personlig genom en app som bidrar med lokalisering, rapportering, personliga inställningar och feedback. På så vis kan parkering, skrivbord eller kollega lokaliseras. Temperatur och ljus kan optimeras och brukarna kan rapportera fel eller få feedback på sin personliga energianvändning. All denna data samlas in och genom analyser kan användningen av lokalerna och energiförbrukning optimeras ytterligare. Denna typ av data är väldigt användbar för fastighetsorganisationen som kan styra underhåll och städning till delar av fastigheten med hög belastning eller många felrapporter. Genom appen kan medarbetare integrera sitt schema så att fastigheten kan förutsäga behov av arbetsplatser och besluta att tillfälligt stänga av delar för att spara energi. Eneribesparingar genom att förutsäga beläggningsgrad möjliggörs av ett öppet kontorslandskap vilket gör att det krävs färre arbetsplatser än på ett konventionellt kontor. The Edge är designad från grunden för hållbarhet och realisering av IoT och dess möjligheter. Befintliga fastigheter existerar under helt andra förutsättningar men The Edge utgör ändå ett konkret exempel på vilka möjligheter som finns med IoT om man angriper hållbarhet ur ett holistiskt perspektiv.

2.3 Facility Management

Begreppet Facility Management (FM) har enligt Atkins & Brooks sitt ursprung redan under 1800-talet men det var inte förrän under 1950-talet som det blev associerat med att samordna tjänster för att förbättra prestanda i en organisation [12]. Begreppet har utvecklats från underhåll, service och lokalvård till ett mer integrerat koncept där slutanvändarens upplevelse är i fokus. Det är ett brett begrepp och kan bland annat innefatta förvaltning av fastigheter, finans, personal, hälsa, säkerhet, miljö, underhåll, konstruktion, lokalvård och logistik. Även hantering av förändringar i verksamheten och kontrakt kan ingå i Facility management. Effektiva FM-tjänster behandlar både hårda frågor som byggnadstekniskt underhåll och mjukare frågor som personal och organisatoriska förändringar. Det finns ett par olika definitioner av begreppet, International Facility Management Association har definierat begreppet som [13]:

”Facility management is a profession that encompasses multiple disciplines to ensure functionality of the built environment by integrating people, place, process and technology”

Grandin m.fl. beskriver det centrala målet i FM som [14]:

”Att förse kärnverksamheten med optimalt ändamålsenliga arbetsplatser i form av lokaler med tillhörande service och funktioner”.

FM-tjänster är ett vitt begrepp och omfattar mycket mer än bara förvaltning av fastigheter. Här krävs ett holistiskt synsätt där kärnverksamhetens effektivitet är det gemensamma målet och facility management används som ett verktyg för att samordna de olika delarna. Det finns ingen universell lösning för FM-tjänster utan strukturen måste anpassas till varje organisations behov. En strukturerad arbetsmetod kan hjälpa till i detta arbete och kan t.ex. bestå i följande steg [12]:

1. Definera kärnverksamheten (strategi, målsättning, processer)
2. Definera supportverksamhet (aktiviteter, verktyg, infrastruktur)
3. Definera FM-tjänster (omfattning, resurser, sourcing, leverans)

Utifrån detta kan en FM-strategi utformas och val av leverantörer väljas. I de flesta fall kommer FM-tjänster att skötas av en blandning av externa och interna aktörer varför integration och kommunikation mellan dessa är viktigt. Här är det också viktigt att med uppföljning av prestationen för de olika aktörerna för att avgöra om de uppfyller kontrakt och uppnår den förväntade kostnadseffektiviteten [12]. Detta ska ske till lägsta kostnad och resursförbrukning i form av energi, skötsel, drift och

underhåll. Till skillnad från renodlade fastighetsbolag så arbetar FM-bolag bredare med delvis verksamhetsrelaterade uppgifter [14].

Lokalresurserna är efter personalresurserna ofta den enskilt största kostnaden [14]. Lokaler är långsiktiga investeringar, de är lägesfixerade och svåra att förändra. Det är en strategisk resurs då det är en stor kostnad och i hög grad påverkar produktionsresultatet. Sammantaget är det väldigt viktigt att se lokalerna som en resurs och att dimensionera och använda dessa resurser på ett effektivt sätt vilket i vissa fall kan innebära omlokalisering eller försäljning av överskottslokaler.

2.3.1 Kärnverksamhet & stödverksamhet

Kärnverksamheten kan uttryckas som den verksamhet som är till för att nå satta mål i enlighet med formulerad affärsidé. En verksamhet kan ha affärsenheter med olika mål varför ett holistiskt tänk är nödvändigt. Stödverksamhet beskrivs i *Facility management i sammandrag* som [14]:

1. ”så komplicerade eller väsensskilda från kärnverksamheten att det krävs särskild kompetens som kärnverksamheten inte har,”
2. ”så väsensskilda från kärnverksamheten att det inte finns några omedelbara skal- och synergieffekter att låta dem ingå i samma organisation som kärnverksamheten,”
3. ”är av sådan stor volym och omfattning att de motiverar en särskild organisation.”

En uppenbar risk är att om förvaltningen inte sker enligt en tydlig plan är att personer inom kärnverksamheten måste sköta stödfunktioner inom områden där de saknar kompetens. Detta innebär även att de får mindre tid till kärnverksamheten vilket leder till minskad produktivitet. Hur komplicerad struktur/uppdelning som sker av stödfunktioner beror på verksamhetens storlek men grunden är att uppdelningen ska ge en effektivitetsökning. Om transaktions-/kommunikationskostnaden blir för hög så kanske den överstiger nyttan av uppdelningen. Det är här viktigt att inte se uppdelningen som någonting statiskt utan att det sker ständig uppföljning då organisationen förändras över tid. Integration mellan olika stödfunktioner med hjälp av tekniska lösningar kan vara ett sätt att effektivisera stödfunktionerna med bibehållen kompetens [14].

2.3.2 Digitalisering av Facility Management

Krystyna Araszkievicz konstaterade i sin analys av 67 tidigare studier inom Facility Management att området i dagsläget är karaktäriserat av tekniska system som saknar interoperabilitet [10]. Rapporten menar att integrationen ofta är bristfällig

mellan systemen för uppvärmning, belysning, underhåll, städning, luftkvalité etc. En högre grad av integration har potential till många nya effektiviseringar, tex i form av resurseffektivare drift och en bättre användarupplevelse. I ett bredare perspektiv konstateras att förvaltningen är den fas i byggnadens livscykel som har minst koppling till övriga faser. Förvaltare behöver inkluderas tidigare i processen för att fastigheten ska kunna designas med ett integrerat synsätt. Spatial information och visualisering, t ex med hjälp av byggnadsinformationsmodellering, belyses som kraftfulla verktyg om integration sker med de övriga systemen som används under byggnadens livscykel.

2.4 Byggnadsinformationsmodellering

Byggnadsinformationsmodellering, förkortat BIM, är ett verktyg för att skapa digitala modeller av infrastruktur, dess delar och attribut [15]. Som tidigare nämnts i avsnitt 2.3, så har BIM stor potential som ett verktyg för att effektivisera FM-tjänster om den upprättas och underhålls under byggnadens livscykel. BIM i en FM-kontext är ännu i ett tidigt stadium med forskning bland annat inriktat på hur BIM kan integreras med övriga delar som t.ex. system för service & underhåll. Enligt P. Pishdad-Bozorgi et al. [16] skulle ett idealt BIM-system bidra med följande funktioner:

- Informationslagring för olika intressenter under livscykeln.
- Möjliggöra överföring av information från design & byggnation till driftsfasen.
- Tillhandahålla en pålitlig databas som ger fastighetsförvaltare integrerade verktyg för effektiva analyser.

Med BIM kan fastighetens hela livscykel vara i fokus och kostnaderna över tid minimeras. BIM är ett kraftfullt verktyg för visualisering och kan användas av fastighetstekniker för att enkelt identifiera och underhålla utrustning korrekt. Genom att information om utrustningen finns lagrat i ett system så kan kontinuitet uppnås så att underhåll kan planeras och prioriteras.

Kapitel 3

Metod

I detta kapitel presenteras metoden som använts för att besvara frågeställningen. Metoden skiljer sig delvis från en klassisk struktur då de olika delarna bygger på varandra. Detta eftersom syftet är att identifiera ett viktigt mätområde för djupare analys. Genom denna struktur möjliggörs en mer teknisk undersökning av ett specifikt mätområde och hur detta kan användas för att effektivisera fastighetsdrift.

Examensarbetet har utförts i samarbete med Siemens Building Technologies i Malmö. Utgångspunkten är Siemens verksamhet men detta kombineras med litteratur om hur ny teknik kan effektivisera fastighetsdrift. Den huvudsakliga metoden består i kunskapsinsamling från medarbetare via en kvalitativ intervjustudie fokuserad på vilka mätparametrar som är relevanta för drift och underhåll.

På grund av Siemens omfattande utbud av produkter och mjukvara så kan inte en komplett kartläggning göras av automationsystemen. Målsättningen är att ge en generell beskrivning och genom intervjuer identifiera viktiga aspekter.

Metoden för att besvara uppsatsens frågeställningar kan beskrivas i följande steg:

1. Genom en förstudie kartlägga vilka parametrar som Siemens Building Technologies mäter i dagsläget i syfte att styra en fastighet.
2. Utföra en kvalitativ intervjustudie med medarbetare på Siemens för att undersöka medarbetarnas syn på vilka mätparametrar som är viktiga för att effektivisera drift och underhåll.

3. Utifrån tidigare steg välja ut ett relevant område för djupare analys. Utföra en litteraturstudie av hur denna teknik kan bidra till effektivare drift och underhåll.

3.1 Förstudie

För att svara på frågeställning 1; *Vad mäter Siemens Building Technologies idag?* har en förstudie genomförts. Förstudiens syfte är en kartläggning av vad som mäts idag och förväntas ge svar på hur tekniken i fastigheter är uppbyggd. Förstudien har även som syfte en ökad förståelse för Siemens organisation och vilken ny teknik som är under utveckling.

Genom att studera Siemens produktkatalog identifierades vilken mätutrustning som finns tillgänglig för installation i fastigheter. Genom samtal med medarbetare skapades en förståelse för de utmaningar som finns i verksamheten relaterat till mätning och datainsamling. Under förstudien identifierades medarbetare till intervjustuden. Detta skedde i dialog med handledarna och medarbetare med kompetens inom mätning och datainsamling valdes ut. Resultatet från förstudien återfinns i avsnitt 4.1.

3.2 Intervjustudie

För att svara på frågeställning 2 & 3; *Hur kan det som mäts idag utnyttjas för att effektivisera drift och underhåll i en fastighet?* och *Vilka nya mätparametrar skulle kunna utnyttjas för att effektivisera drift och underhåll i en fastighet?* så har en intervjustudie utförts för att samla medarbetarnas syn på möjligheterna. Intervju valdes som metod för att utnyttja medarbetarnas kompetens och insikt i vilka mätparametrar som är centrala. Genom kunskapsinsamling från medarbetarna så har ett lämpligt område för en fördjupad analys identifierats.

3.2.1 Intervjumetod

Intervjuer har utförts enligt kvalitativ metod i form av halvstrukturerade intervjuer. Intervjustudiens mål är både att identifiera ett mätområde för djupare analys men också en bredare kartläggning av vad som medarbetarna upplever är relevant för frågeställningen. Frågeställningens karaktär gör att kvalitativ metod är lämplig eftersom begrepp och modeller inte är självklara. Med en kvalitativ metod kan förståelsen för vilka tekniker som är centrala byggas upp över tid. Kvantitativ metod skulle riskera att undersökningen baserades på en förförståelse som var bristfällig.

Målsättningen är att få information om specifik teknik men även lämna plats för utvecklande resonemang. En halvstrukturerad intervju möjliggör viss jämförelse och kvantitativ analys, *finns det återkommande aspekter som respondenterna värdesätter?* Den ger även plats för variation och nya aspekter, *finns det en variation i vilka aspekter som värdesätts?* Båda dessa aspekter är viktiga för studien.

3.2.2 Urval

I kvalitativ intervjuetodik strävar man inte efter statistisk generalisering eller representativt urval [17], utan målsättningen är en djupare förståelse som t.ex. kan fås genom samtal med experter. Urvalet har gjorts med hjälp av ändamålsenligt urval, dvs inte slumpmässigt utan systematiskt. Urvalet baseras på samtal med medarbetare på kontoret i Malmö, och även deltagande i möten. Både förstudien och det slutgiltiga urvalet har gjorts i dialog med mina handledare på Siemens då de har en överblick över organisationen. Sju personer med arbetsuppgifter relaterade till datainsamling har valts ut, men med olika bakgrund och erfarenhet. Två kunder har även inkluderats för att få ytterligare bredd samt andra perspektiv och drivkrafter. Medarbetarna har valts att hållas anonyma för att underlätta för dessa att tala mer fritt under intervjuerna. I urvalet har en varierade bakgrund eftersträvas, från drifttekniker med stor insyn i implementation och drift av befintlig teknik till medarbetare i strategiska positioner med stor insyn i ny teknik som utvecklas inom organisationen. Genom detta urval utnyttjas en stor bredd av kompetenser från olika delar av verksamheten.

3.2.3 Intervjuguide & teknik

Vid varje intervju har den övergripande frågeställningen använts som utgångspunkt och en intervjuguide har utformats utifrån denna. Eftersom en halvstrukturerad metod använts så har det lämnats plats för respondenterna att utveckla sina resonemang. Detta har haft som följd att antal frågor varierat mellan intervjuer. Prioritering av vilka frågor som ställts har skett löpande utifrån hur intervjun har utvecklats. Intervjuerna har skett både på distans och i person efter de förutsättningar som fanns. De flesta intervjuer har skett i person, men tre intervjuer har skett via Siemens programvara för distansmöten.

3.2.4 Dokumentation & databearbetning

Inspelning har skett vid samtliga intervjuer och kombinerats med anteckningar. Materialet har bearbetats genom att lyssna igenom varje intervju i efterhand och sammanfatta centrala aspekter. Transkribering har inte skett utan viss bearbetning av materialet har skett från ljudupptagning till dokumentation i textform. Under denna process har analys skett av om det *finns det återkommande aspekter som*

värdesätts?. Analysen bidrar med en första bild av vad som upplevs centralt för att effektivisera drift och underhåll i en fastighet.

Datareduktion och sammanställning av intervjumaterial har skett i tabellform i excel. Målet med detta är att reducera materialet och göra det jämförbart. Reduktionen har skett genom att intervjumaterial som upplevts mindre relevant för frågeställningen sällats bort. Materialet har även komprimerats till kortare beskrivningar av det som författaren upplevt som viktigast. Efter reduktion har materialet analyserats i sin helhet för att identifiera och kvantifiera återkommande teman. Detta har gjorts genom färgkodning av begrepp & idéer som är återkommande i intervjuerna. På så sätt kan centrala aspekter lyftas fram och analyseras utifrån teorin.

3.2.5 Kundintervjuer

Två kunder inkluderades i intervjustudien för att undersöka vilket intresse som fanns hos dessa för utökad datainsamling. Dessa intervjuer utfördes med samma metodik men med en annan intervjuguide. En kund med driftansvar för ett större köpcentrum och en kund med driftansvar för ett flertal fastigheter med läkemedelstillverkning intervjuades. Dessa två kunder var enligt handledarna på Siemens kunder med ett stort intresse för verksamhetsutveckling och med vilka det finns ett bra samarbete sedan tidigare.

3.3 Litteraturstudie

Litteraturstudiens syfte är att utifrån intervjustudiens resultat göra en djupare analys av en specifikt mätområde samt ge ett konkret exempel på hur möjligheterna med Internet of Things kan utnyttjas. Genom intervjuerna framkom att mätning av närvaro har stor potential till att effektivisera drift och underhåll. Genom att studera relevant litteratur inom området är målsättningen att konkretisera hur detta mätområde kan användas för att effektivisera drift och underhåll i en fastighet. Litteraturstudien har utförts i följande steg;

- Karlläggning av vanliga tekniker som används för att mäta närvaro i fastigheter.
- Analys av vilken funktionalitet olika tekniker kan bidra med.
- Identifiering av vilka tekniker som är applicerbara för Siemens verksamhet.

Litteratur identifierades genom sökning av vetenskapliga artiklar via LUBsearch och Google Scholar. Följande sökord samt kombinationer av dessa har använts; smart buildings, occupancy, energy, efficiency, digitalization, IoT. Litteratur har bedömts

kvalitativt genom att läsa sammanfattningar och identifiera relevanta studier. Utifrån identifierade artiklar har även dess referenser använts för att hitta relaterade studier. Resultat av litteraturstudien återfinns i kapitel 4.5. Det finns många fler tänkbara sökord och metoder för att hitta litteratur, syftet är dock inte en komplett kartläggning utan ge exempel på system för mätning av närvaro.

Kapitel 4

Resultat & analys

I detta kapitel presenteras resultatet av uppsatsens olika delar. Resultat presenteras i den ordning de olika delarna undersökts. Förstudien gav underlag för intervjustudien som i sin tur identifierade ett mätområde med stor potential att effektivisera fastighetsdrift. Intervjustudiens resultat presenteras i form av viktiga identifierade teman baserat på analys av intervjuerna som helhet.

4.1 Resultat av förstudie

Kartläggning av vad som mäts idag har skett genom samtal med medarbetare inom Siemens samt genom studie av teknisk dokumentation från Siemens produktkatalog [18]. Siemens Building Technologies kärnverksamhet består idag av fastighetsautomation i form av bland annat styrning av HVAC, belysning, solinstrålning, passersystem och brandlarm. Dessa tjänster styrs med hjälp av mätdata som samlas in av någon typ av givare ¹. I detta avsnitt presenteras Siemens egna produktkategorier som används för att mäta och reglera fastighetsdrift, listan är inte heltäckande utan det finns fler både inom organisationen och från tredje part. Siemens har väldigt omfattande produktkataloger varför en komplett kartläggning inte är realistisk i denna uppsats.

Mätutrustning

Följande typer av mätutrustning finns i Siemens produktkatalog [18]:

¹Hampus Ekvall Siemens, samtal februari 2018

- Givare: Solinstrålning, vind, temperatur, luftfuktighet, luftkvalité (CO₂, VOC), tryck, flöde, närvaro, rök, kontakt (dörr, fönster), dörröppning (passersystem).
- Mätare: Består av en eller flera givare för att t.ex. mäta energiförbrukning (*kWh*) och mediaförbrukning *m³/s*.

Utöver detta finns ibland även kameraövervakning i vissa fastigheter. Det är även ganska vanligt att interaktion sker med andra system, dvs att insamling av data kan ske från fastighetsägarens eller annan aktörs system. Exempel på detta är integration med bokningssystem i hotell för att bättre styra besparingar i rum som inte används.

Reglerutrustning

- Ventiler: Styr ett flöde för att t.ex. reglera en temperatur, finns som tryckberoende och elektromagnetstyrda.
- Spjällmotorer: Styr luftflöde för att uppnå önskad luftkvalité och temperatur.
- Frekvensomriktare: Styr pumpar och motorer mer energieffektivt än att strypa flöden.
- Rumsregulatorer: Reglerintelligens.

Automationssystem

Automationssystem är uppbyggda enligt strukturen i avsnitt 2.1, dvs en dataundercentral samlar in data och agerar övergripande reglerintelligens. Många fastigheter är uppkopplade och med mjukvara kopplad till dataundercentralen som kan övervakas på distans för t.ex. driftoptimering eller larmhantering. Siemens erbjuder detta som ett verktyg för fastighetsförvaltaren och Siemens egen driftpersonal kan genom detta övervaka anläggningar på distans².

4.1.1 Driftoptimering på distans

Siemens arbetar med övervakning och driftoptimering av fastigheter på distans, de kallar denna tjänst för Advantage Service Center (ASC). Viss utrustning tillåter fjärrstyrning men större förändringar kräver ofta åtgärder på plats i fastigheten. Data sparas i en molntjänst och ett analysverktyg kan användas för att producera rapporter och visualisera data och trender över tid. Detta är basen för driftoptimeringen där Siemens i vissa fall garanterar en viss grad av energieffektivisering. Det finns även funktionalitet för felhantering med hjälp av script för att upptäcka avvikelser från normalt driftbeteende. Med hjälp av detta verktyg kan felhantering i fastigheter automatiseras och åtgärder kan göras innan det medför större konsekvenser. Ett konkret exempel på detta kan t ex vara att upptäcka när kyla och värme används samtidigt i en fastighet och larma om detta ².

²Mats Jönsson, intervju 29e januari 2018

4.1.2 MindSphere

MindSphere är Siemens molnbaserade öppna operativsystem för IoT [19]. Det drivs som ”Platform as a Service”, vilket innebär att MindSphere är en molnbaserad plattform där data kan samlas centralt för att sedan analyseras med olika typer av verktyg. Förenklat kan det förklaras som en centraliserad databas där kunder kan samla sin data för analys. En intelligent databas med både färdiga analysverktyg men också med möjlighet till utveckling av egna verktyg. Det är en öppen plattform där en kund samlar sin data och där det finns en flexibilitet vilka verktyg som kan väljas för analys. MindSphere skiljer sig från Siemens tidigare produkter genom att vara ett system där data kan samlas från en stor variation av utrustning och partners.

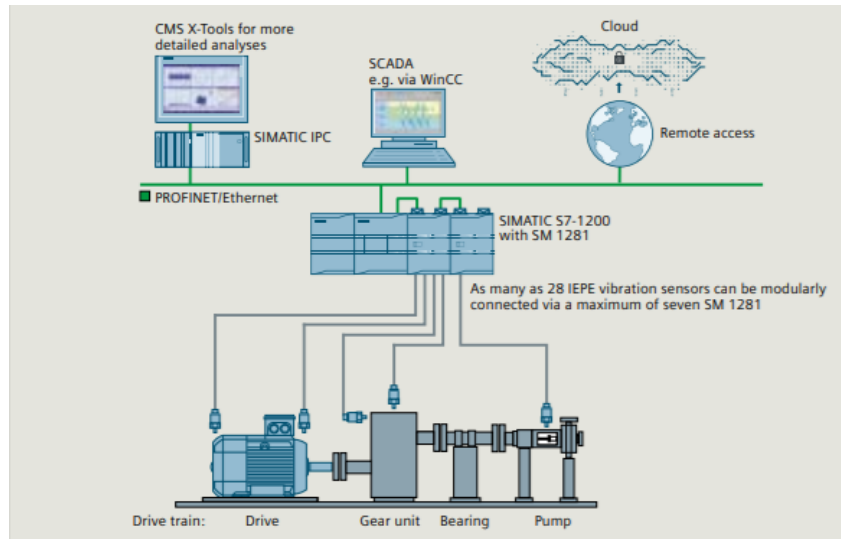
MindSphere följer öppna standarder för att hämta data från en stor variation av utrustning från olika tillverkare. Uppkoppling kan ske med hjälp av mjuk- eller hårdvara. För detta finns både som plug-and-play lösningar och som mjukvarubibliotek för integration i egen hårdvara. Siemens nya produkter är numera ofta byggda för enkel kommunikation med MindSphere. Kommunikation mellan utrustning och MindSphere sker krypterat enligt ISO27001/BSI för att säkerställa datasäkerheten. Data lagras säkert i molnet där kunden är ägare av sin data och bestämmer över dess behörigheter.

Att MindSphere drivs som ”platform as a service” gör också att komplexiteten för kunden minskar genom att data lagras på ett standardiserat sätt och kunden betalar endast för sitt nuvarande behov utan att behöva köpa egen serverhårdvara. Plattformen erbjuder APIs och utvecklingsverktyg för att utveckla applikationer snabbt och modulärt.

Tillståndsövervakning

Siemens har idag lösningar för att övervaka hälsotillstånd för teknisk utrustning [20]. Detta sker oftast med hjälp av mätning av vibration, acceleration och temperatur. Genom analys med speciell mjukvara kan avvikelser från normalt beteende sedan upptäckas. Ett flertal sensorer kan installeras på större teknisk utrustning som elmotorer, kylmaskiner, värmepumpar och fläktar. Systemet kan genom mätning förutsäga vad problemet består i, t.ex. resonans, obalans, felinriktning eller typ av lagerskada [20], exempel på ett sådant system återfinns i figur 4.1. Inom fastighetssektorn är teknisk utrustning ofta inte lika kritisk som inom industrin vilket gör att kostnaden för denna lösning kan vara svårare att motivera ³.

³Sofia Feychting, intervju 5e februari 2018



Figur 4.1: Exempel på Siemens system för tillsåndsövervakning med hjälp av ett flertal sensorer[20], genom systemet kan teknisk utrustning övervakas på distans för att förebygga driftstörningar.

4.1.3 Nya affärsområden

Digitalisering, IoT, BIM och data/analys är alla områden där snabb utveckling sker inom Siemens globala organisation. Siemens har redan en digital portfölj med produkter som kan användas i ett BIM-verktyg [21]. BIM marknadsförs utåt som ett verktyg för framtiden med stor potential att effektivisera drift ur ett holistiskt perspektiv [22]. Siemens håller också på att utveckla så kallade "Smart spaces" med liknande funktionalitet som i exempelbyggnaden The Edge i avsnitt 2.2.2 [23]. Kontinuerlig utveckling sker inom organisationen med ett tydligt fokus på digitalisering av fastighetstjänster, det är därför inte möjligt att kartlägga alla storheter som mäts eller kommer mätas i en snar framtid. Det är däremot möjligt att genom intervjustudien identifiera ett mätområde som upplevs viktigt av svenska medarbetare med insikt i organisationen.

4.2 Resultat av Intervjustudie

Intervjustudien har utförts enligt beskriven metod i avsnitt 3.2.1. Här presenteras resultat av intervjustudien för att sedan analyseras utifrån teorin i kapitel 2. Resultatet är strukturerat utifrån de teman som identifierats som centrala utifrån intervjumaterialet. Genom denna metod kan det mest relevanta kvantifieras och lyftas fram.

4.2.1 Tekniken upplevs inte begränsande

Utöver det som redan kartlagts i förstudien tar respondenterna upp följande mätparametrar som mäts idag; SFP-tal fläktar (Specific Fan Power), COP-tal värmepumpar (Coefficient of Performance), drifttider, statistik från energibolag, responstid på felanmälan, total tid till löst problem, larm programmerade på DUC-nivå. Avvikelsealarm ges bland annat om temp, luftflöde, dålig verkningsgrad, sprinklerlarm, utlösta motorskydd, oljeavskiljare, expansionskärl, kommunikationsfel. Det är tydligt att de tekniska möjligheterna till mätning är stora, men enligt respondenterna är det stor variation i vilken mätdata som samlas i olika fastigheter. Många respondenter upplever att de redan kan mäta väldigt mycket och i intervjuerna framkommer bland annat att:

- Det är ingen brist på mätparametrar.
- Tekniskt är det inte svårt att mäta.
- Mätparametrar finns, men är ej uppkopplade.
- Mätparametrar finns, men analys saknas.
- Med den information som finns i dagsläget borde drift kunna optimeras bättre.
- Tekniskt saknas gränssnitt och kommunikation men inte fysisk reglerteknik.
- Utmaningen ligger i att utforma tjänster kring mätparametrar.

Vidare kommenteras att det handlar om kunskap, kompetens, tid, organisatoriska frågor och att använda de mätparametrar som finns på ett effektivare sätt. Här nämns bland annat att informationsutbyte med inbrottslarm och passagesystem borde vara standard.

Den stora variationen av fastigheter, både i form av design och verksamhet, gör det svårt att ta fram en standardlösning och i många fall blir det därför kundanpassade lösningar. En ökad grad av analys i form av trender och historik kan enligt medarbetarna synliggöra brister indirekt. För detta krävs ofta en högre upplösning på mätdata och fler energimätare tas upp som ett bra början då energiförbrukningen

på så vis visualiseras vilket gör det enklare att identifiera brister. Flera respondenter tar även upp vikten att kommunicera effektiviseringar till kund, mer data möjliggör tydligare visualiseringar av hur Siemens effektiviserar drift och underhåll. Här efterfrågas visualiseringar som en beslutsfattare förstår.

4.2.2 Viktigaste mätparametrar

En mängd olika mätparametrar tas upp som exempel av respondenterna, här presenteras de parametrar som flest respondenter upplevt har stor potential att effektivisera drift och underhåll.

Närvaromätning

Mätning av hur människor rör sig i en fastighet är något som ofta saknas. Närvaro mäts ofta via enkel närvarodetektor för styrning av belysning och HVAC men data skickas inte vidare för att användas i analyser för driftoptimering. Mätning av detta kan ske genom flera olika teknologier med målsättningen att visualisera hur lokaler utnyttjas. Detta kan bidra till effektivisering på flera plan, i intervjuerna gavs bland annat följande exempel;

- Behovsstyrd värme, kyla och ventilation. Genom att anpassa efter faktisk beläggningsgrad så kan besparingar uppnås.
- Beläggningsgrad kan användas som baslinje för hur mycket energi man sparar i praktiken eftersom energiförbrukning varierar med denna. Genom att koppla samman beläggningsgrad och energiförbrukning kan dess samband analyseras för olika fastigheter.
- Interagera med t.ex. skolledning eller driftansvarig för att stänga ner vissa delar av byggnader då beläggningsgrad är låg.
- Bättre förståelse för en byggnads beteende vilket förenklar arbetet på distans. Att se brukarnas beteende kan göra det lättare att hitta orsakssamband för t.ex. högre energiförbrukning än normalt.
- Bättre underlag för organisatoriska beslut, förenklar arbetet för företagsledning.

Även mätning av hur utrustning används och placeras är en känd tillämpning och indoor positioning system (IPS) tas upp som en användbar teknik. IPS fugerar med hjälp av elektromagnetiska signaler för att triangulera en position, förenklat kan man beskriva det som GPS för inomhusbruk. Med IPS kan både människor och utrustning, i form av t.ex. olika verktyg och maskiner, övervakas. Exempel på tillämpning kan t.ex. vara identifiering av optimal placering av utrustning, övervakning

av hur ofta utrustning används samt beslutsunderlag för investering av ny utrustning. IPS kan även användas till vägbeskrivning, mötesbokning eller utrymning vid en brand.

Tillståndsövervakning

Tillståndsövervakning tas upp av flera respondenter som en framtida teknik inom Building Technologies. I dagsläget upplever flera respondenter att kostnaden är för stor för att motivera permanenta installationer men menar att man ofta kan övervaka detta indirekt. Genom att utveckla datainsamlingen kan brister upptäckas indirekt genom t.ex. ökad energiförbrukning eller minskad verkningsgrad. Direkt tillståndsövervakning i form av bland annat vibrationsmätning är något som finns inom industrin och kan tillämpas även inom fastigheter. Det pågår projekt inom Building Technologies för att testa vibrationsmätning för tillståndskontroll, detta i form av en mobil lösning där mätning inte sker kontinuerligt utan genom ronder med punktmätning. Detta är en kostnadseffektiv lösning som används i ett pilotprojekt.

Energimätning

Mätning av energiflöden tas upp av några respondenter. Genom fler mätpunkter kan energiflöden visualiseras och en större förståelse skapas för fastighetens beteende. Avvikelser kan upptäckas och optimering kan ske i högre utsträckning. Idag mäts ofta energi men inte i tillräcklig utsträckning för att möjliggöra visualisering av hur energi förflyttas i fastigheterna och var energin förbrukas. Genom visualisering av detta kan analyser på distans förbättras och energieffektiviteten kontinuerligt utvecklas.

4.2.3 Uppkoppling och serviceavtal

Uppkoppling har redan effektiviserat drift och underhåll genom att kunden får en bättre överblick av anläggningen så att fel och brister kan identifieras. Enligt respondenterna så uppskattar kunder möjlighet till arbete på distans och värderar helhetsupplevelsen som Siemens levererar. Styrkan hos ASC är att de har bra översikt och erfarenhet från en mängd olika fastigheter vilket gör dem till experter på att optimera fastighetsdriften. Vissa respondenter lyfter även fram att kunderna uppskattar att Siemens delvis delar ansvaret för driften genom serviceavtal. Uppkopplingen är en förutsättning för att driftoptimeringen ska ske effektivt genom att ASC övervakar och optimerar en mängd fastigheter på distans.

4.2.4 Behov av tjänstebaserade affärsmodeller

Utvecklingen går snabbt framåt och det finns ett behov av nya affärsmodeller. Medarbetarna efterfrågar pilotprojekt och möjlighet att testa nya tekniker. Dagens

affärsmodeller upplevs begränsade på grund av upphandling, färdiga specifikationer och bristande intresse för innovativ teknik hos kunder. I intervjuerna framkommer bland annat följande punkter som medarbetarna upplever begränsar dagens affärsmodeller;

- Upphandling gör att projekt måste utformas utifrån färdiga specifikationer.
- Färdiga specifikationer begränsar möjligheten till att bygga system som kan interagera.
- Konsulter utgår ofta från tidigare handlingar vilket begränsar innovation och flexibilitet.
- Mer kunddialog kan generera en ingång då intresset finns.
- Digitalisering kräver ett långsiktigt perspektiv, måste man se ett par år framåt i tiden.
- Det finns en brist på innovativa exempel som kan visas upp.

Framtidens affärsmodeller är enligt respondenterna mer tjänstebaserade och genom att arbeta mer konsultativt kan fler förbättringsförslag erbjudas till fastighetsägare. Vilken samverkan som sker med övriga aktörer varierar starkt mellan olika kunder och projekt. Exempel på aktörer där samarbete sker är; driftchef, driftpersonal, konsulter, entreprenörer och FM-bolag. Samverkan sker både genom möten och uppföljning men också genom användning av Siemens mjukvara för övervakning och larmhantering på distans. Denna mjukvara är i vissa fall tillgänglig för andra aktörer i fastighetsförvaltningen. Exempel på data som samlas från externa aktörer är; Förbrukningsdata från energibolag (el, värme, vatten, gas, övrig media), väderdata, verkningsgrader, pumpflöden och drifttider. En högre grad av samverkan efterfrågas, genom koppling till kundernas underhållsplan och andra aktörers system finns mycket att vinna enligt respondenterna.

4.2.5 Standardisering

En nyanserad bild ges av standardiseringsfrågan. Dagens system kommunicerar i begränsad grad, sedan tidigare har konstaterats att de mätparametrar som finns kan användas effektivare. Standardisering är en utmaning men det ges en nyanserad bild av hur detta ska gå till. En mängd olika protokoll tas upp som exempel och att integrationen kan ske genom lokalt, via databas eller i en molntjänst. Teknikutvecklingen har gjort att integration kanske inte sker på samma sätt som tidigare. En respondent som är speciellt kunnig inom integration menar att en central fråga är ett öppet förhållningssätt som möjliggör kommunikation ⁴. I en intervju nämns:

⁴Rikard Skogh, intervju 9 mars 2018

”Man kanske inte behöver integrera dessa IT-system utan det handlar mer om att skapa en datamodell.” och att ”I framtiden kommer öppenhet vara den nya standarden. Det måste gå att utbyta information mellan olika system, det är A och O.”

Vissa respondenter som arbetar med distanstjänster upplever att ”taggning” (beskrivning) av data är en utmaning. Med den ökande graden datapunkter måste taggning av data ske mer automatiserat. Olika system för att automatisera detta är under utveckling, men mer permanenta lösningar efterfrågas. Flera respondenter tror att byggnadsinformationsmodellering (BIM) kan vara ett användbart verktyg i framtiden. Detta blir ett verktyg som kan användas under hela livcykeln både under och efter byggnation. Verktuget har potential att förbättra integration genom visualisering av var utrustningen är placerad.

Respondenterna upplever att det finns stor potential att effektivisera drift och underhåll genom att koppla ihop data från olika fastighetssystem. Respondenterna tar bland annat upp: Upptäcka energiläckage, mäta slitage indirekt, mäta närvaro och större möjlighet till att upptäcka förändringar. En stor fördel med att samla stora mängder data är att djupare analyser med hjälp av statistiska modeller kan utföras. Enligt några respondenter används detta idag inom industrin där färdiga verktyg för detta finns utvecklade för att hitta fel som är svåra att diagnostisera. Denna programvara är svår att tillämpa på fastighetssidan eftersom den är designad för industrin, men genom MindSphere möjliggörs att skriva egna programvaror för diagnostik.

4.2.6 Interaktionsdesign & återkoppling

Flera respondenter tar upp att mer återkoppling från användare av lokaler kan bidra med värdefull data. Med mer återkoppling kan användarupplevelsen förbättras och brister i driften rapporteras. Även interaktionen med mjukvara kan förbättras, bland annat för att göra arbetet på distans mer produktivt. Det nämns bland annat att det inte bör krävas en ingenjör för att konfigurera mjukvaran. Även tydligare visualiseringar av t.ex. energiflöden kan bidra till att göra verktygen mer intuitiva och användbara, både för Siemens egen personal och kunders driftansvariga.

4.3 Resultat av kundintervjuer

I kundintervjuerna blev det tydligt att många frågor från intervjumanualen inte matchade kundernas verksamheter. Intervjumanualen följdes därför inte strikt utan fokus hamnade på att utveckla de frågor som var relevanta för respondenterna. Två kunder intervjuades vilka benämns kund 1 respektive kund 2.

Kund 1

Kunden med verksamhet inom läkemedelstillverkning beskriver sin verksamhet som batchtillverkning av läkemedel med relativt stor energianvändning i form av generering av processånga. Mätning sker idag via ett annat system än Siemens på ett 40-50 tal punkter i vardera fastighet kopplat till bland annat energi, media, drift, vatten, tryckluft och gaser. Drivkraften beskrivs som energieffektivisering och att göra personer inom verksamheten medvetna om vilken förbrukning som sker i olika delar av processen genom visualisering. Idag landar kostnader centralt och incitament skapas inte för effektivisering i de olika delprocesserna. Idag sker datainsamling huvudsakligen manuellt genom ronder en gång i månaden. Det finns stor potential bara i att koppla upp befintliga datapunkter. Det viktigaste beskrivs som fler energimätare så att energiflöden kan visualiseras och processflöden kan analyseras bättre. Kostnadsfrågor är viktig och priset som nu sker på mätutrustning kommer förhoppningsvis möjliggöra kostnadseffektiv datainsamling. Idag är data bundet i pärmar eller excel-filer som är spridda på många ställen vilket inte går att bearbeta statistiskt. En ökad grad datainsamling kan bidra med att indikera slöserier, glömda ventiler och läckage. Datainsamlingen ger också större möjligheter till prioritering och analys av vilka åtgärder som ger mest nytta.

Kund 2

Kunden med ansvar för ett större köpcentrum beskriver att deras verksamhet idag till stor del är informationsbaserad och att grunden för detta är mätparametrar. Projekt för energieffektivisering har skett under ett antal år i samarbete med bland annat Siemens. Kontrollen som ett uppkopplat analysverktyg innebär är något som uppskattas mycket. Justering av styr och reglerkretsar är ett kontinuerligt arbete och förutsättningar förändras ständigt inom verksamheten. I dagsläget arbetas både aktivt och förebyggande vilket möjliggjorts genom både datainsamling, möten och diskussioner. Angående nya mätparametrar och att effektivisera service och underhåll så är inställningen att det är svårt att få lönsamhet i detta. Mätning av närvaro sker i form av räknare vid huvudingångar och detta används i många beräkningar som ekonomi, omsättning mm. Städning och väktare styrs redan utifrån detta men mönstret är väldigt förutsägbart, antalet besökare ökar några procent per år och toppar sker vid utbetalning av lön, studie- och barn-bidrag. Övervakning av närvaro upplevs kunna bidra till bättre marknadsföring och upplevelse för kunder men integritetsfrågor gör detta svårt. Eftersom beteendet upplevs förutsägbart så är det svårt att se den ekonomiska nyttan.

Kunden ställer sig frågande till om det finns någon möjlighet till besparingar via tillståndsbaserat underhåll. Det finns fördelar med att service av större utrustning sker samlat eftersom det ofta kräver speciell utrustning som t.ex. kranbil då en stor

del av den tekniska utrustningen i detta fall återfinns på taket av köpcentrumet. Miljömässigt kan det finnas värden i mer behovsstyrt underhåll men ekonomiskt är det svårt. Förslag på effektiviseringsåtgärder som är lönsamma efterfrågas. Ordning och prioritering av vilken mätdata som är viktig upplevs som en utmaning. Fler mätpunkter riskerar bidra med en dimma där det är svårt att se vilka larm som är kritiska. Genom ett bra samarbete inom gruppen som arbetar med effektiviseringsfrågor så kan mätparametrar tolkas och prioriteras. Verktygen som idag används upplevs fungera väl men kan förbättras ytterligare genom att sammanfoga data till en helhetsbild. Det finns ett behov av automatisk analys av data så att den kan tolkas även av icke-experter. Vilka larm som ska prioriteras behöver automatiseras i högre grad.

4.4 Analys av intervjustudie

Syftet med intervjuerna var både att skapa en översikt och att identifiera ett område som har potential att effektivisera drift och underhåll av fastigheter. Flera återkommande teman har identifierats och det blev tydligt att en stor utmaning med IoT är interoperabilitet vilket överensstämmer med vad litteraturen indikerat. För att uppnå detta kan enligt intervjuerna bland annat nya affärsmodeller och standardisering användas som verktyg. De intervjuade medarbetarna upplever inte tekniken som en begränsning och ser inte ett stort behov av nya typer av mätparametrar. Det som istället återkommer i intervjuerna är en efterfrågan av att använda befintliga mätparametrar effektivare. Kopplat till uppsatsens frågeställningar kan konstateras att den andra frågeställningen ”*Hur kan det som mäts idag utnyttjas för att effektivisera drift och underhåll i en fastighet*” är central för utvecklingen av Siemens Building technologies verksamhet i Sverige. För att lyckas med detta krävs att interoperabilitet uppnås så att systemen kan kommunicera och mätparametrar kan läsas av på distans. Genom direkt styrning, analyser och visualiseringar har mätparametrar potential till effektivisering men här krävs tydliga mål med hur dessa mätparametrar ska utnyttjas. Samtliga intervjuade medarbetare på Siemens tog upp att närvaro av människor i fastigheter som en framtida mätparameter med stor potential att effektivisera drift och underhåll. Närvaro valdes som teknik för djupare analys även av dessa anledningar;

- Mätning av närvaro bidrar med en mängd olika funktioner.
- Närvaro mäts idag i begränsad utsträckning och bidrar med något nytt.
- Närvaromätning bidrar med användbar data i ett FM-perspektiv.
- Närvaro kan delvis mätas med befintlig utrustning.

4.5 Fördjupande studie av närvaromätning

Närvaro mäts ofta i dagsläget, t.ex. via närvarodetektor, kamera eller koldioxidmätning. Detta sker med input till reglerkretsar som syfte, dvs t.ex. för att styra HVAC och belysning. Med andra ord är denna teknik väldigt lokal, det mäts i ett avgränsat område för direkt styrning i precis det utrymmet. Under intervjuerna uttrycks ett behov av att visualisera hur lokaler utnyttjas över tid. Detta kan göras antingen genom att ny teknik installeras eller genom att befintlig kopplas upp och data analyseras. I form av ny teknik kan detta ske genom t.ex. indoor positioning system (IPS) vilket Siemens idag har system för som kan säljas till en kund. Alternativt kan befintlig utrustning kopplas upp och analyseras genom t.ex. statistiska modeller för att på så sätt visualisera användningen av fastigheten.

4.5.1 Möjlig funktionalitet för indikering av närvaro

Närvaro av människor i en fastighet kan mätas i olika grad beroende på vilket behov som finns. Informationsnivån av mätning kan kategoriseras i följande kategorier;

- Position - Var i fastigheten finns personer närvarande?
- Antal - Hur många personer?
- Aktivitet - Vad gör personerna?
- Identitet - Vilka är personerna?
- Spåra - Hur rör sig personerna över tid?

Position

Samtliga tekniker kan bidra med ungefärlig position utifrån placering av mätenheten. En förutsättning är därmed att placeringen av mäturstyrningen är känd. Position kan även mätas mer exakt och upplösningen varierar för olika tekniker.

Antal

Antal människor kan uppskattas med olika upplösning beroende på teknik. Vissa tekniker ger bara en indikation på närvaro medans andra tekniker kan bestämma exakt antal människor. De flesta tekniker har en viss felmarginal och det krävs ofta någon form av logik för att uppskatta antal.

Aktivitet

Vissa tekniker kan bidra med information om vilken aktivitet som utförs. Exempelvis kan mätning vid skrivbord bekräfta att arbete vid dator utförs.

Identitet

Personers identitet kan bestämmas med vissa tekniker vilket kan möjliggöra personlig styrning och feedback och bidra till en bättre användarupplevelse i fastigheten. Identitet kan anonymiseras och behandlas som en enhet vilket möjliggör att lagra anonym data om dessa enheters rörelse.

Spåra

Att spåra över tid möjliggörs genom identitet, även här kan en anonym enhet användas. Genom att spåra över tid så kan rörelsemönster i fastigheten bättre visualiseras.

4.5.2 Tekniker för mätning av närvaro

En kartläggning har skett av vilka tekniker som kan användas för att mäta närvaro genom att studera litteratur. I tabell 4.1 presenteras olika teknikers möjliga funktionalitet baserat på en sammanställning av vad ett flertal studier indikerar är möjligt. Enligt den första kartläggningen har video och elektromagnetiska signaler stor potentiell funktionalitet, dessa tekniker kan bidra med samtliga funktioner men inkräktar också i högre grad på den personliga integriteten. Även koldioxidmätning, skrivbordsensorer & energimätare har stor potential till indikering av närvaro.

Tabell 4.1: Olika teknikers möjliga funktionalitet baserat i huvudsak på Labeodan m.fl.[24] men även studier för enskilda tekniker vilka återfinns under tabellen.

Sensortyp	Position	Antal	Aktivitet	Identitet	Spåra
PIR	✓				
CO ₂	✓	✓			
Video	✓	✓	✓	✓	✓
EM	✓	✓	✓	✓	✓
Ultraljud	✓				
Ljud	✓				
Passersystem	✓	✓		✓	
Skrivbordsensorer	✓	✓	✓		
Energimätare	✓	✓	✓		
Temperatur	✓				

Passive Infrared Sensor (PIR)

En väldigt vanlig teknik för att mäta närvaro är via infraröd strålning, PIR är den vanligaste tekniken för detta. PIR använder en passiv pyroelektrisk sensor för att mäta värmestrålning [25]. Genom att mäta när en varm kropp rör sig förbi sensorns synfält kan närvaro detekteras. PIR-sensorer är en etablerad teknik och återfinns i många fastigheter för belysningstyrning och säkerhetsapplikationer.

Koldioxidmätning

Uppmätt koldioxidkoncentration kan användas för att mäta närvaro. Med hjälp av detta kan människors närvaro, position och antal uppskattas [24]. Koldioxidmätning används ofta för behovsstyrd HVAC men fungerar sällan optimalt eftersom sensorn är känslig för bland annat vind, dörröppningar, placering och lufttryck [24]. Dessutom beror koldioxidkoncentration på människors metabolism vilket varierar med aktivitet och individ. Koldioxidmätning bidrar som en följd av detta oftast bara till en approximation av antalet människor [26].

Video

Videoövervakning används ofta i andra syften, inte minst i säkerhetsapplikationer. Kameror kan mäta närvaro i form av position, antal, identitet och aktivitet [24]. Med algoritmer kan många olika objekt identifieras, t.ex. ansikten & registrerings skyltar. Närvaromätning via kamera är under utveckling men används i begränsad grad i dagsläget på grund av ett antal begränsningar. För att få full funktionalitet krävs investeringar både i kamera och hårdvara för avancerad signalbehandling [24]. Sedan tillkommer svårigheter med installation och att säkerhetställa datakvalité. Den kanske största begränsningen är dock den personliga integriteten vilket ytterligare förstärks av den nya lagen om datalagring, GDPR.

Elektromagnetiska signaler

Elektromagnetiska tekniker inkluderar bland annat Wifi, Bluetooth, RFID (radio frequency identifikation) [24] och UWB (ultra wide band) [26]. Tekniken baseras på någon form av enhet kopplad till personer i fastigheten. Tekniken kan variera i komplexitet från att registrera enheter vid olika checkpoints som t.ex. passagesystem till att triangulera signaler från en enhet för att avgöra exakt position och följa rörelse. Om tekniken används för triangulering kallas den ofta för indoor positioning system (IPS) och fungerar liknade ett GPS system för fastigheter.

Eftersom de flesta telefoner idag har både Wifi och Bluetooth så kan dessa enheter användas för att möjliggöra signalövervakning. Om tekniken är kopplad till en enhet i form av en telefon så kan även tjänster möjliggöras i form av en app för personlig styrning och feedback till ett övergripande system.

UWB har enligt Spataru & Gauthier högre precision och låg strömförbrukning men högre kostnad att implementera än Wifi & Bluetooth [26].

Ultraljud

Ultraljud kan användas för att mäta närvaro & position [24], detta är en aktiv teknik där ljudvågor skickas för att genom eko mäta avstånd. Nackdelar inkluderar bland annat att ingen information kan ges om antal [24], att tekniken är känslig för störningar i form av turbulens och att den ger begränsad information i stora utrymmen [27].

Ljud

Mätning av närvaro via ljud är möjligt och kan bidra med information om position. Tekniken har begränsad användbarhet på grund ljud från andra källor än människor och att närvaro inte nödvändigtvis innebär att ljud avges [24].

Mätning av skrivbordsaktivitet

Flera olika tekniker kan användas för att mäta aktivitet vid ett skrivbord. Några exempel är trycksensorer för skrivbordstolar [28][24] samt sensorer för tangentbord och mus [28].

Energimätare

Övervakning av energiförbrukning hos teknisk utrustning som datorer och skrivare kan bidra med information om när dessa utnyttjas [28].

Rumstemperatur

Temperatur är en parameter som ofta mäts i rum för styrning av HVAC. Temperatur reagerar ganska snabbt på närvaro av människor⁵ och kan därför användas som indikator på närvaro.

Passersystem

Passersystem lagrar ofta information om passage och identitet⁶ vilket kan användas som indikator för närvaro . Ofta krävs inte identifiering vid utpassage vilket gör det svårt att bekräfta närvaro.

⁵Intervju Tomas Engström Siemens, 2018-04-30

⁶Intervju Rickard Frej Siemens, 2018-03-20

4.5.3 Identifiering av lämpliga tekniker för Siemens

På grund av den stora bredden av tekniker som finns för att mäta närvaro kan inte alla tekniker undersökas vidare. Målsättningen är att identifiera tekniker som är applicerbara i befintlig verksamhet och att undersökningen på så vis kan vara vägledande för en uppföljande studie. Vanliga mätparametrar i fastigheter idag är koldioxid och temperatur⁷ men ibland mäts även närvaro via PIR för styrning av belysning. Siemens har ett system de kallar Total Room Automation vilket har funktionalitet för mätning av temperatur, PIR och koldioxidmätning.

Under intervjuerna nämns även IPS ett flertal gånger men detta är en teknik som till stor del redan är utvecklad och testad. IPS är ett användbart system för fastigheter men även med denna teknik finns det brister. IPS förutsätter att personer använder sig av en enhet, t.ex. en mobiltelefon, för att tekniken ska kunna avgöra position. Detta innebär att tekniken inte registrerar personer utan enhet eller med Wifi och bluetooth avslaget. Video har stor potential till mätning av närvaro men är relativt komplext att implementera. Båda dessa tekniker påverkar den personliga integriteten i hög grad och kräver installation av komplex ny hårdvara på plats i fastigheter.

Avgränsning av analysen har utifrån detta gjorts till mätparametrar som är diskreta, dvs inte inkräktar i hög grad på den personliga integriteten, samt i hög grad redan mäts i fastigheter. Dessa mätparametrar inkluderar bland annat; Koldioxid, temperatur och PIR. Genom att kombinera flera olika mätparametrar kan bättre resultat ofta åstadkommas eftersom de kompletterar varandra.

Närvaro via endast koldioxidmätning

Närvaro via koldioxidmätning har valts att undersökas då det är en vanlig mätparameter i Siemens fastigheter och även är något som i de flesta fall är en direkt effekt av mänsklig närvaro. Även temperatur är något ofta mäts men denna varierar naturligt och beror i högre grad på andra faktorer som t.ex. ventilation, väder och värmesystem. Att mäta närvaro via koldioxid är möjligt och det går att upprätta enklare modeller för att avgöra närvaro utan att uppskatta antal genom att endast studera förändringar i koldioxidhalt över tid [29]. För att uppnå mer tillförlitliga resultat om antal kan en modell för massbalans upprättas. En enkel modell för massbalans kan upprättas genom följande parametrar; rummets koldioxidhalt, luftflöde, koldioxidhalt i tilluft, koldioxidproduktion per person och rummets volym. En sådan modell har ett antal begränsningar då det vanligen sker visst luftflöde genom väggar, fönster och dörrar. Genom att ta hänsyn även till detta upprättade Cali m.fl. (2014) en ekvation för massbalansen över tid och utförde en experimentell analys av närvaromätning via koldioxidmätning [30]. Studien inkluderade 5 rum

⁷Intervju Tomas Engström Siemens, 2018-04-30

varav 3 st kontorsrum, ett kök och ett sovrum. Mätning skedde under 8 dagar och utfördes under kontrollerade former. Närvaro samt fönster och dörröppningar var kända parametrar. Resultaten av studien visar att genom en algoritm för massbalans så kan närvaro detekteras med hög säkerhet, men även med denna relativt avancerade metod så skattas antal människor ganska grovt. Närvaro detekterades korrekt 79.4-95.8% av tiden, medans antal uppskattades korrekt endast 51.4-79.2% av tiden beroende på rumstyp.

Genom ett annat angreppssätt kunde Díaz & Jiménez (2017) kartlägga närvaro via koldioxidmätning från sjuårig mätserie [31]. Denna studie fokuserade på att se mönster i mätserien kopplat till närvaro. Två rum studerades och hänsyn togs även till status på dörrar, fönster och ventilation. Metoden för mätning av koldioxid kan beskriva enligt följande steg:

- Historiska perioder för mätserien då närvaro var relativt säkert valdes. Ingen närvaro förväntades nattetid, medans närvaro förväntades när lampor var tända. Mätparametrar för dessa perioder fick utgöra de intervall som indikerade respektive status (närvaro/ingen närvaro).
- Skärningspunkten för normaliserade histogram av mätvärden för de två kategorierna valdes som brytpunkt för positiv respektive negativ närvaro.
- Tider av närvaro kunde utifrån detta visualiseras genom indelning av mätvärden i ovan identifierade intervall. Detta gjordes både utifrån rådata samt 1 & 2 timmars glidande medelvärde.
- Närvaro beräknat enligt metoden jämfördes med faktiskt arbetsschema och felmarginal jämfört med denna identifierades.

Resultatet varierade starkt mellan de två studerade rummen och författarna konstaterar att metoden kanske lämpar sig bättre för rum med låga närvaronivåer. För rummet med lägre närvaronivåer kunde närvaro bestämmas korrekt 73-97% av tiden. Jämfört med rummet med högre närvaronivåer där närvaro korrekt bestämdes endast 27-73% av tiden.

Resultatet av dessa studier visar att det går att uppskatta närvaro med relativt goda resultat via endast koldioxid som mätparameter. Koldioxid kan användas för att bedöma om någon person är närvarande men det är svårt att använda som enskild mätparameter för säkra uppskattningar av antal. I Siemens perspektiv är det troligtvis svårt att mäta närvaro via endast koldioxid eftersom det kräver att de fysiska förutsättningarna är väl kända. Att upprätta en massalans för varje rum som ska övervakas är i praktiken väldigt tidskrävande och med stor risk för feluppskattningar av parametrar.

4.5.4 Kombination av mätparametrar

En kombination av mätparametrar passar Siemens verksamhet av flera anledningar. Enligt intervjustudien så kan befintliga mätparametrar utnyttjas till fler funktioner, och utmaningen är enligt medarbetarna att identifiera på vilket sätt det kan göras i praktiken. Närvaromätning genom en kombination av befintliga mätparametrar är ett bra sådant exempel, och är troligtvis möjligt i många av Siemens fastigheter eftersom det redan finns en mängd mätpunkter. Enligt litteraturen bidrar olika typer av mätparametrar med olika funktionalitet och kompletterar ofta varandra. Genom kombination av sensorer kan en mer tillförlitlig modell skapas för mätning av närvaro. I tabell 4.2 visas ett urval av studier som gjorts genom att identifiera studier med relevant metodik och resultat. Studierna har gemensamt att ett flertal mätparametrar används men det skiljer sig vilka mätparametrar som valts. Vidare har olika metodik använts och samtliga studier har haft olika fysiska förutsättningar i form av teknik och rumstyper som undersökts.

Tabell 4.2: Identifierade studier, vilken metod som använts (ML = Machine Learning), (Logik = enklare algoritm), vilka mätparametrar författarna konstaterat har störst utslag, samt den högsta precisionen metoden uppnått för mätning av närvaro.

Studie	metod	viktigaste mätparametrar	högsta precision
Yang m.fl. (2014) [32]	ML	CO2, dörrstatus, ljus	98%
Zikos m.fl. (2016) [33]	ML	PIR, ljud	98%
Masood m.fl. (2015) [34]	ML	tryck, CO2	81%
Ekwevugbe m.fl. (2013) [35]	ML	CO2, ljud, PIR	75%
Candanedo m.fl. (2015) [36]	ML	temp, ljus	99%
Agarwalm.fl. (2011) [37]	Logik	PIR, dörrstatus	96%

Från studierna kan konstateras att mätning av enkel närvaro, dvs enskilda personer i ett rum ofta kan göras med relativt hög precision. ML som står för Machine Learning eller på svenska maskininlärning bygger på statistiska metoder där en modell tränas upp istället för att programmeras för en speciell uppgift. I samtliga studier som använt sig av ML-metoder så krävs en inlärningsfas då närvaron behöver vara känd, t.ex. genom kameraövervakning eller manuell registrering. Modellen kan i vissa fall tränas i ett rum för att sedan användas i andra rum och på så sätt minska omfattningen av inlärningsfasen [32]. Hösta precision kan ses som en indikator på hur väl den bästa metoden i respektive studie presterar men inkluderar ofta en mängd mätparametrar och kontrollerade former. I ett verkligt scenario kanske ett begränsat antal mätpunkter måste väljas och träning av modellen för varje enskilt rum är troligtvis för resurskrävande. Flera av studierna [32][33][34] inkluderar även uppskattning av antal personer med relativt goda resultat. Vilka som är de viktigaste mätparametrarna varierar, men tydligt är att det är viktigt med mätparametrar

som har ett lågt överlapp, dvs att det som mäts är åtskilda variabler. T.ex så följer koldioxidnivåer och temperatur liknande mönster i vissa rum, båda stiger över tid och med antal personer. På så sätt bidrar de mindre i kombination jämfört med variabler som har ett mindre överlapp.

För att mätning av närvaro genom ett flertal mätparametrar ska lyckas för Siemens, krävs troligtvis en gedigen testverksamhet. Modeller med hjälp av maskininlärning är lovande men kräver en inlärningsfas där närvaro är känd. För att resursbehovet inte ska bli för stort behöver man utveckla olika standardrum där modellen kan tränas för att sedan appliceras på ett verkligt rum. Det finns även möjlighet att använda sig av andra typer av färdigprogrammerade algoritmer där en inlärningsfas inte krävs och detta kan vara en bra startpunkt då det är en mindre komplex metod. Den stora styrkan med att använda sig av en kombination av mätparametrar är just att de kompletterar varandra. De "ser" människor på olika sätt och kan därför indikera närvaro i olika situationer.

Kapitel 5

Diskussion

I detta kapitel diskuteras vad framtida mätparametrar kan bidra med i ett bredare perspektiv, hur detta kan säljas som tjänster och vad som behöver utvecklas för att möjliggöra detta. Metodiken diskuteras med fokus på hur den breda ansatsen påverkat arbetets resultat.

5.1 Värdet av närvaromätning

Kopplat till energi så kan visualisering av närvaro bidra med ett flertal positiva effekter. Dels bidrar visualiseringen med större förståelse för hur energiförbrukning varierar med beläggningsgrad. Samband mellan brukarnas beteende och energi-användningen kan visualiseras och kommuniceras för att öka medvetenheten. Siemens tjänster för energieffektivisering innebär bland annat att spara energi genom att styra ner HVAC i de situationer där det inte påverkar upplevd komfort. Genom visualisering av närvaro skapas de verktyg som behövs för att göra optimeringar på distans, inställning av börvärden kan genom detta ske med större självförtroende. Information om närvaro kan även användas för att presentera energiförbrukning i förhållande till beläggningsgrad istället för i förhållande till area som är normalt idag. Energiförbrukning skulle på så sätt kunna presenteras i form av t.ex. $kWh/persontimme$ istället för kWh/m^2 .

Kopplat till Facility Management kan närvaromätning bidra med verktyg för fastighetsförvaltare och företagsledning. Genom visualisering kan beläggningsgrad analyseras för att identifiera chanser till effektivisering. Beläggningsgrad kan synliggöra

brukarnas beteende och i vilken grad olika delar av fastigheten utnyttjas. Utifrån detta kan byggnadens funktion kontinuerligt utvärderas med utgångspunkt i facility management. Lokalvård, underhåll samt planering och effektivisering av lokalresurser blir betydligt enklare då användningen av lokalerna är känd. Exempelvis kan städning ske mer behovsstyrt och underhåll koncentreras till delar med hög beläggningsgrad. Omlokalisering kan ske av både människor och teknisk utrustning för att bättre uppfylla brukarnas behov. Utvärdering kan även ske av det faktiska lokalbehovet, i vissa fall kan denna analys resultera i försäljning eller uthyrning av överskottslokaler. Specifikt för kontor ser vi redan idag att utvecklingen går mot mer delningsekonomi i form av t.ex. öppna kontorslandskap där stora möjligheter finns att omorganisera lokaler efter hur behovet förändras över tid. För att möjliggöra dessa analyser krävs ett tillförlitligt system för att mäta och visualisera närvaro.

Som litteraturstudien visat finns det en mängd tänkbara metoder att mäta närvaro. Metoderna kan dock med fördel kombineras för att uppnå bättre uppskattningar. IPS kan t.ex. kombineras med koldioxid och PIR för att skapa en mer tillförlitlig modell för närvaro. De flesta metoderna har begränsningar men kan i många fall komplettera varandra så att närvaro kan uppskattas med högre säkerhet. I ett längre perspektiv är det önskvärt att modellerna inkluderar både historisk, aktuell och uppskattad framtida närvaro för att på så sätt visualisera hur lokalanvändningen förändrats över tid.

5.2 Interoperabilitet

Digitalisering och utveckling av smarta fastigheter är en kontinuerlig process och det är viktigt att ta hänsyn till både möjligheter och begränsningar. I intervjuerna uttrycks att tekniken inte upplevs som en begränsning men att insamling av data för analys och driftoptimering ofta inte sker i den grad som är önskvärd. Det som uttrycks i intervjuerna kan tolkas utifrån vad litteraturen säger om integration, i avsnitt 2.2 och 2.3.2 har konstaterats att många system idag karakteriseras av interoperabilitet. Litteraturen beskriver IoT som en infrastruktur snarare än en teknik. Till stor grad handlar det om att koppla upp befintlig teknik och integrera denna i ett gemensamt system för att möjliggöra analys. Detta beskrivs som en stor utmaning och är en förutsättning för upp till 40% av värdet som IoT kan skapa. Resultatet av intervjuerna synliggör att dessa utmaningar även gäller Siemens verksamhet. Det är inte tekniken som upplevs som en begränsning men däremot att uppkoppling och analys är viktiga frågor att arbeta med.

I intervjuerna uttrycks att uppkoppling inte är svårt tekniskt men samtidigt ges olika förslag på hur detta kan göras, t.ex. i form av olika protokoll som kan användas. Författarens tolkning är att det finns många sätt att göra integrationer och att äldre utrustning i många fall inte är byggd för enkel integration. Därför får denna tekniska

fråga en mer organisatorisk karaktär, man måste välja på vilka sätt som integration är lämpligt. Detta uttrycks även under intervjuerna, det är organisatoriska frågor snarare än tekniska som upplevs som utmaningen. Tekniken finns men standardiserade metoder måste utarbetas så att äldre system enkelt kan integreras med den nya tekniken.

För att lyckas med att samla in all denna data för analys så är plattformen MindSphere under utveckling som ett sätt att standardisera datainsamling. I intervjuerna uttrycks att MindSphere inte kan lösa alla problem, i många fall är integration via befintliga system mycket enklare. Integration kan t.ex. ske via databaser, befintligt automationsystem eller genom direktintegration med MindSphere och det varierar från fall till fall vilket som är lämpligast. MindSphere används i begränsad utsträckning i dagsläget eftersom det är ny teknik. Plattformen kommer på sikt möjliggöra utökad datainsamling och förenklar processen att utveckla verktyg för analys vilket är strategiskt viktigt för att realisera de värden som en ökad grad av mätning kan erbjuda. Det som tekniken även erbjuder är ett standardiserat sätt för säker kommunikation. Under intervjuerna uttryckte några respondenter att kunderna i vissa fall var tveksamma till uppkoppling av sina anläggningar. Detta kunde till exempel grunda sig en rädsla för intrång i datasystem. Säker kommunikation är därför ofta en förutsättning för realisera de värden som tekniken kan erbjuda.

Det är även tydligt att ett arbete sker parallellt med lanseringen av MindSphere, data samlas idag i hög grad och arbete sker för att automatisera datainsamlingen från befintlig utrustning. Det som mäts idag skulle relativt enkelt kunna skickas vidare till analys men det krävs ett metodiskt arbete för att säkerställa att utrustningen är korrekt placerad både i fastigheten och i den modell som byggs upp. I ett längre perspektiv kan BIM bli ett användbart verktyg för detta då det förenklar visualisering, men med begränsad applicerbarhet i äldre fastigheter.

5.3 Från produkt till tjänst

I avsnitt 2.2 konstateras att affärsmodellerna troligtvis kommer utvecklas från försäljning av rena produkter till försäljning genom helhetslösningar där produkter säljs som del av en tjänst. Enligt rapporten [7] kommer integration och interoperabilitet att vara en utmaning under en period men på sikt kommer mjukvara och analys bli allt viktigare med större marknadsandelar. I dagsläget är utmaningen för Siemens till stor del att uppnå interoperabilitet och skapa en infrastruktur för hur data ska samlas in. När väl detta är på plats kan utveckling av mjukvara för analyser få ett större fokus i verksamheten. Slutmålet är givetvis bättre analyser som bidrar till effektivare drift och underhåll, men för att möjliggöra detta krävs först en infrastruktur.

Även i intervjuerna uttrycks ett behov av nya affärsmodeller och sträva efter att implementera långsiktigt hållbara lösningar. Enligt intervjuerna bör man arbeta mer konsultativt och eftersträva samverkan med andra aktörer för att komma runt problematiken med färdiga specifikationer och offentlig upphandling. Siemens arbetar redan med tjänster genom t.ex. ASC vilket lyfts fram som framgångsrikt och något som uppskattas av många kunder.

Genom de verktyg som redan finns idag kan optimering till stor del ske på distans och kan på så sätt säljas som en tjänst. Men här finns även stor potential genom de nya verktyg som nu utvecklas. Genom datainsamling och analys kan vissa funktioner automatiseras vilket frigör utrymme för driftoptimerare att arbeta mer konsultativt genom att t.ex. erbjuda förbättringsförslag. Genom analysverktyg kan problem förutsägas i högre grad vilket gör att driften kan optimeras proaktivt istället för reaktivt. Enligt intervjuerna har detta redan skett genom uppkoppling och larm så att problem upptäcks tidigare och fastigheten kontinuerligt optimeras. ASC upplevs väldigt framgångsrikt och kan vara en bra utgångspunkt för fortsatt analys av vilka verktyg som kan bidra till effektivare drift och underhåll.

Genom mer datainsamling och tydligare visualisering av fastighetens olika delar kan Siemens i framtiden få en bredare förståelse och översikt av fastigheten. Detta ger dem starka verktyg att även hjälpa företag med organisatoriska frågor kopplat till Facility Management. Genom att erbjuda en digital plattform för drift och underhåll så kan Siemens system komma till användning för flera olika aktörer i fastighetsförvaltningen. På så vis kan Siemens kunder fokusera mer på sin kärnverksamhet genom att stödverksamheten samordnas genom Siemens digitala plattform. T.ex. kan företag som sköter underhåll och lokalvård få en överblick över behovet genom att Siemens visualiserar närvaro och status på utrustning. Siemens kan även tillhandahålla en databas för den tekniska utrustningen där underhållschema återfinns vilket kan vara till stor hjälp under fastighetens livscykel. Här kan även BIM vara ett väldigt användbart verktyg i framtiden där exakt plats och status på utrustning kan visualiseras vilket förenklar underhåll betydligt. Många av dessa exempel kan enkelt paketeras som och säljas som olika tjänster där fastighetsägaren själv väljer vilka delar som är viktiga för att de ska kunna fokusera på sin kärnverksamhet. Genom att sälja dessa funktioner som tjänster kan en högre grad av kontinuitet uppnås, Siemens kan ingå i längre samarbeten under fastighetens hela livscykel och kostnader för drift och underhåll kan på så sätt minimeras över tid.

5.4 Tillståndsbaserat underhåll

Tillståndsbaserat underhåll är något som Siemens ser som en framtida tjänst. Redan under formulering av uppsatsens frågeställning var detta en central fråga. En av målsättningarna var att undersöka vilka mätparametrar som kan användas för att övervaka hälsotillstånd hos teknisk utrustning. Förundersökningen visade att Siemens har lösningar för detta inom industrin som skulle kunna appliceras även inom building technologies. Intervjuerna gav bilden av att detta är en kostnadsfråga, på industrisidan finns ofta starka ekonomiska incitament att minska driftstörningar vilket inte är lika kritiskt i en fastighetskontext. I intervjuerna uttrycktes att hälsostatus på teknisk utrustning ofta kan övervakas indirekt och att större utrustning ibland är utrustad med sensorer men inte används för denna typ av analyser. Det framkom även att pilotprojekt pågår för att utvärdera mobil utrustning för tillståndskontroll. I intervjuerna blev det tydligt att ett arbete redan pågår med att utveckla detta område. Eftersom industridelen av Siemens verksamhet redan har viss erfarenhet av detta så kan det vara idé med en större grad av samverkan.

5.5 Kundintervjuer

Under intervjuerna konstaterades det att kunderna var väl insatta i frågor relaterade till mätning och datainsamling. De två kundernas verksamheter och teknik för datainsamling skiljer sig markant vilket gör att jämförbarheten av intervjuerna är begränsad. Kund 1 har idag relativt låg grad av digitalisering och insamling av data görs till stor del manuellt genom ronder. Kund 1 såg stor potential i en ökad grad av datainsamling, det finns stora möjligheter till besparingar med ganska enkla åtgärder. Eftersom datainsamling idag sker på väldigt låg nivå så är det i första hand energi som är i fokus.

Eftersom kund 2 redan har väl utvecklade system för datainsamling finns det mindre att vinna. Kund 2 menar t.ex. att både städpersonal och väktare idag har möjlighet att se besöksstatistik i köpcentrumet för att planera sitt arbete. Kund 2 ser inte att det finns några större värden i ökad grad av datainsamling men ser gärna konkreta förslag från externa aktörer. Kund 2 uttrycker att uppkoppling av anläggningen och serviceavtal har effektiviserat mycket. Organisationen som finns kring energieffektivisering i kombination med befintliga tekniska system beskrivs som mycket framgångsrikt med konkreta besparingar. De tester som gjorts i fastigheten med närvaromätning resulterade i en kunskap om hur beläggningsgraden varierar över tid. Just i denna fastighet som är ett köpcentrum så var mönstret ganska förutsägbart och bidrog inte med så mycket kunskap. I andra typer av fastigheter kan dock beteendet skilja sig från detta.

5.6 Modellbyggnad för mätning av närvaro

Mätning av närvaro via endast koldioxid är möjligt med hjälp av en modell för massflöden i respektive rum. Denna modellbyggnad är svår att tillämpa i praktiken då det krävs att de specifika fysiska förhållandena för varje enskilt rum är kända. Från studierna i avsnitt 4.5.4 kan konstateras att närvaro kan mätas med relativt hög precision med mätparametrar utan att påverka den personliga integriteten. Siemens Building Technologies har på så vis flera alternativa vägar framåt att mäta närvaro i sina kunders fastigheter. IPS bidrar även med andra funktioner än positionering av människor, t.ex. kan teknisk utrustning positioneras och möjlighet finns till funktionalitet liknande den i exempelfastigheten som beskrivs i avsnitt 2.2.2. Genom att erbjuda exakt positionering kan HVAC, belysning mm styras efter det behov som finns hos brukarna i realtid. Samantalet är IPS en väldigt lovande teknik och men finns dock inget hinder för att använda sig av flera sätt för att mäta närvaro i fastigheter. Mätning via diskreta sensorer, som i många fall redan är installerade i fastigheter, kan vara ett kostnadseffektivt sätt att mäta närvaro i fastigheter där kostanden för IPS inte kan motiveras. Det kan även användas som ett komplement till IPS och på så sätt uppnå ett mer tillförlitligt system för närvaromätning.

Enligt Zikos m.fl. [33] kan framtida metoder inriktas på att utarbeta standardmodeller för olika typer av rum så att en modell kan installeras färdigtränad. Detta är troligtvis en viktig väg framåt för att metoderna ska bli applicerbara i ett verkligt scenario. Alternativet att träna varje modell på plats är väldigt resurskrävande och minskar också värdet med att utnyttja den teknik som redan finns installerad. I praktiken beror detta på i vilken utsträckning träning behövs, träning behöver begränsas både i krav på tid och resurser för att göra det praktiskt möjligt. Detta är frågor som bara kan svaras på genom fortsatt forskning och testverksamhet.

5.7 Metoddiskussion

Arbetet med uppsatsen inleddes med en bred ansats för att förstå de utmaningar som fanns i verksamheten och de lösningar som var under utveckling. Den breda ansatsen som även avspeglas i valet av kvalitativ intervjumetod gör att uppsatsen inte kan gå på djupet tekniskt. Fokus i arbetet har istället varit att ge en översikt och genom intervjuerna synliggöra vad medarbetarna ser för möjligheter. Intervjustudien belyste att utmaningen i verksamheten till stor del består i kommunikation och analys snarare än en utökad grad av mätning. Denna insikt gör att delar av resultatet kan upplevas svårt att koppla till uppsatsens frågeställningar eftersom mätning bara är en liten del av en komplex verksamhet. Detta är en konsekvens av intervjumetodiken och användningen av kvalitativ metod vilket synliggör vad de svenska medarbetarna upplever som centrala aspekter relaterat till datainsamling. Det var ett medvetet val att använda kvalitativ metod och på så sätt bättre

utnyttja medarbetarnas erfarenhet och kompetens. Studien belyser på så sätt centrala frågor för Siemens verksamhet i Sverige. Resultatet att närvaro är en viktig parameter att mäta är högst relevant vilket bekräftas av att produkter för detta är under utveckling & försäljning globalt. Tidsaspekten begränsade omfattningen av litteraturstudien men förväntas ändå bidra till en översikt av vilka tekniker som är lovande vilket kan undersökas vidare i en uppföljande studie.

5.7.1 Intervjumetodik

Studier kan utföras i form av kvalitativ eller kvantitativ metod. Kvantitativa studier präglas av struktur och kvalitativa av flexibilitet. Det finns ingen absolut skillnad mellan metoderna och det går enligt Holme & Solvang att kombinera metoderna i samma undersökning [17]. En metod kan ses som ett arbetsredskap för att svara på en frågeställning och metoderna har olika styrkor och svagheter. Kvalitativa metoder fokuserar på djupet och är användbart då man är intresserad av sammanhang och strukturer [38]. Kvalitativ metod strävar efter att se helheten men inte att vara representativt för en större grupp. Kvalitativ metod fokuserar på studie av ett begränsat urval undersökningsenheter och baseras till stor del på forskarens tolkning av informationen. I kvalitativ metod så präglas planeringen av en öppenhet för ny kunskap och förståelse. Intervjuer leder ofta till ny kunskap vilket påverkar följande intervjuer vilket kan ses både som en styrka och en svaghet. Kunskapen ökar under intervjustudien och leder till en ständigt ökade förståelse för problemställningen men gör det också svårare med en jämförelse av olika intervjuenheter.

En effekt av användningen av kvalitativ metod som belyses ovan är att intervjuer leder till ökad kunskap om ämnet vilket resulterar i olika förutsättningar vid enskilda intervjuer. Nackdelar med detta kan t.ex. vara att om intervjuerna är av mindre formell karaktär så kan diskussioner påverka respondenterna att svara annorlunda. Detta är en begränsning i denna studie då intervjuerna i vissa fall resulterat i mer öppna diskussioner där respondenter kan ha påverkats av författarens kommentarer. Den ökande kunskapen upplevs också vara en fördel och möjliggjorde djupare diskussioner och följdfrågor. Målsättningen var inte att intervjuerna skulle vara strikt jämförbara utan snarare bidra till en bred förståelse samt ge möjlighet att kvantifiera återkommande aspekter. I intervjuerna upplevs den ökande kunskapen ha påverkat följande intervjuer i huvudsak positivt.

Under intervjuerna så användes den övergripande frågeställningen som utgångspunkt, denna kom att ändras lite under arbetets gång. Under intervjuerna blev det tydligt att formuleringen ”utnyttjas för att effektivisera service och underhåll i en fastighet” var svårtolkad. Formuleringen kommer från bakgrunden av uppsatsen och är kopplade till de tjänster Siemens tänker att de kan effektivisera genom datainsamling. Detta kan kan vara service i form av t.ex städning efter behov istället för utifrån

ett schema, eller underhåll av teknisk utrustning i form av t.ex. olje eller filterbyte. Under intervjuerna fick detta ofta förklaras då ordet *service* var svårtolkat. Under arbetets gång beslutades att ändra frågeställningens formulering något genom att byta ut ordet *service* till *drift*. Drift inkluderar även energifrågor vilket är building technologies kärnverksamhet. Den ursprungliga frågeställningen användes under samtliga intervjuer och ändrades i ett senare skede för att bättre matcha övriga delar av uppsatsen.

Kapitel 6

Slutsatser

I detta kapitel presenteras arbetets slutsatser och förslag ges på hur slutsatserna kan användas i ett forstätt arbete.

6.1 Slutsatser

Syftet med denna uppsats var att undersöka vilka mätparametrar som kan effektivisera drift och underhåll i en fastighet. Resultatet visade att standardisering är viktigt för att möjliggöra insamling och att detta område är under snabb utveckling. Genom detta kan nya verktyg utvecklas vilket i högre grad kan säljas som en tjänst. Närvaromätning var det mätområde som enligt medarbetarna hade störst potential att effektivisera drift och underhåll, men även en översikt av teknisk utrustning är en viktigt framtida mätparameter. Följande konkreta slutsatser kan dras av arbetet:

- Utmaningen handlar mer om att koppla upp och analysera befintliga mätpunkter än att installera ny mätutrustning, detta överensstämmer väl med vad litteraturen beskriver som utmaningen med Internet of Things.
- Det finns en stor variation av teknik i Siemens kunders fastigheter vilket gör standardisering till en utmaning. Detta är ett område det arbetas intensivt med bland annat genom utvecklingen av plattformen MindSphere.
- Genom att datainsamling och visualisering blir allt viktigare övergår försäljningen av produkter till en större andel försäljning av tjänster. Utveckling av konkreta tjänster för effektiv fastighetsdrift kan därför innebära en konkurrensfördel.

- Siemens har goda förutsättningar till att utveckla sina system för att effektivisera drift och underhåll under fastigheters hela livscykel. Systemen kan ge en kontinuitet i förvaltningen genom att samla information i ett övergripande system som alla intressenter kan utnyttja.
- Tekniker för att förutsäga underhåll av teknisk utrustning bör koncentreras till fastigheter som är känsliga för driftstörningar vilket ofta är fallet för industrifastigheter. I många fall finns möjlighet till analys via befintliga mätpunkter.
- Fler energimätare är viktigt för att visualisera flöden och hitta möjligheter till effektiviseringar.
- Närvaro ser samtliga respondenter i intervjustudien som en framtida mätparameter med stor potential att effektivisera fastighetsdriften. Bland annat kan detta hjälpa till med frågor kopplat till Facility Management.
- Indoor Positioning System är en teknik som troligtvis kommer användas i vissa fastigheter för att mäta närvaro. Denna teknik kan kompletteras med andra mätparametrar för en mer tillförlitlig modell.
- Närvaro via endast en mätteknik, t.ex. koldioxidmätning, är en utmaning i praktiken och närvaro mäts med fördel genom en kombination av flera mättekniker.
- Mätning av närvaro med hjälp av metoder för maskininlärning har enligt litteraturen goda förutsättningar att indikera närvaro och uppskatta antal. Inlärningsfasen begränsar den praktiska tillämpningen men det finns potential att utarbeta standardiserade modeller för olika typer av rum.

6.2 Förslag på fortsatta studier

- Med utgångspunkt från denna uppsats kan en praktisk studie utföras med implementering av närvaromätning i en lämplig fastighet. Detta görs förslagsvis i följande steg: Identifiera en lämplig fastighet, förslagsvis med TRA installerat. Koppla upp mätparametrar, t.ex. PIR, koldioxid och temperatur och samla in för analys. Uppbyggnad av en statistisk modell (t.ex. med hjälp av metoder för maskininlärning) som kan uppskatta aktuell, historisk och framtida närvaro i fastigheten. Utvärdera modell genom att säkerställa närvaro genom manuell mätning eller kompletterande system i form av t.ex. videoövervakning. Detta system kan i ett senare skede implementeras som en app i MindSphere. Förslagsvis med studenter inom både statistik och datavetenskap som har ett intresse av statistiska analyser och maskininlärning.
- Kartläggning av vad ASC i Sverige har för behov. Vilka verktyg hade hjälpt dem att i dagsläget leverera en högre grad av energieffektivisering och en bättre tjänst?

- Kartläggning av vilken typ av mätparametrar och fastighetstyper som är vanligast i Siemens Building Technologies verksamhet i Sverige för att på så sätt utforma en strategi för hur mätparametrar bäst kan utnyttjas.
- Utveckling av mjukvara och system kopplat till de tjänster Siemens ser som viktiga för verksamheten. Teorin om vad som ska göras är redan till stor del känd, det som är viktigt för verksamheten är att implementera detta.
- Utarbeta standardiserade metoder för hur olika system ska uppdateras till att fungera i MindSphere eftersom en stor del av analysverktygen troligtvis kommer utvecklas genom denna plattform.

Litteraturförteckning

- [1] Johansson O, Ulverås M. Energieffektivisering genom fastighetsautomation, Grundläggande teori, svensk marknadsöversikt och exempel på verklig installation;. Examensarbete i Energiteknik, Högskolan i halmstad 2016.
- [2] Merz H, Hansemann T, Hubner C. Building Automation, Communication Systems with EIB/KNX, LON and BACnet. ISBN: 978-3-540-88828-4: Springer Series on Signals and Communication Technology; 2009.
- [3] Telecommunication standardization sector of International Telecommunication Union: Recommendation ITU-T Y.2060 - Overview of the Internet of things; 2012. Hämtad 2018-02-22. Available from: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I>.
- [4] Bibri SE. The IoT for smart sustainable cities of the future: An analytical framework for sensor-based big data applications for environmental sustainability. Sustainable Cities and Society. 2018;(38):230–253.
- [5] Ovidiu V, Peter F. Internet of Things - Converging Technologies for Smart Enviroments and Integrated Ecosystems. ISBN 978-87-92982-73-5: River Publishers; 2013.
- [6] Nordrum A. Popular Internet of Things Forecast of 50 Billion Devices by 2020 Is Outdated;. Hämtad 2018-02-20. Available from: <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/telecom/internet/popular-internet-of-things-forecast-of-50-billion-devices-by-2020-is-outdated>.
- [7] Manyika J, et al. The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype. McKinsey Global Institute. 2015;.
- [8] IoT For Smart Buildings Isn't What You Think It Is;. Hämtad 2018-05-08. Available from: <https://medium.com/iotforall/iot-for-smart-buildings-isnt-what-you-think-it-is-bc4019270a47>.
- [9] Gilmer LA. EPA Statistics Debunk Energy Efficiency Myth;. Hämtad 2018-05-04. Available from: <https://www.facilitiesnet.com/energyefficiency/>

article/EPA-Statistics-Debunk-Energy-Efficiency-Myth--16554?
source=next.

- [10] Araszkiwicz K. Digital technologies in Facility Management-the state of practice and research challenges. *Procedia Engineering*. 2017;196:1034 – 1042.
- [11] Breeam: The Edge, Amsterdam;. Hämtad 2018-03-22. Available from: <https://www.breeam.com/case-studies/offices/the-edge-amsterdam/>.
- [12] Brian A, Adrian B. *Total Facility Management*, Forth Edition. John Wiley & Sons, Ltd; 2015.
- [13] Association IFM. What is Facility Management?;. Hämtad 2018-02-08. Available from: <https://www.ifma.org/about/what-is-facility-management>.
- [14] Grandin A, Lindqvist T, Sandgren U. *Facility management I SAMMANDRAG*, offentligt fastighetsföretagande i ett nytt perspektiv. ISBN 91-7099-696-2: Svenska Kommunförbundet, Kommentus Förlag; 1998.
- [15] BIM Alliance Sweden: Vad är BIM?;. Hämtad 2018-02-14. Available from: <http://www.bimalliance.se/vad-aer-bim/>.
- [16] Pishdad-Bozorgi P, Gao X, Eastman C, Self AP. Planning and developing facility management-enabled building information model (FM-enabled BIM). *Automation in Construction*. 2018;(87):22–38.
- [17] Holme IM, Solvang BK. *Forskningsmetodik - Om kvalitativa och kvantitativa metoder*, Andra upplagan. ISBN 91-44-00211-4: Studentlitteratur; 1991.
- [18] Siemens produktkatalog (HVAC integrated tool);. Hämtad 2018-02-13. Available from: www.siemens.se/hit.
- [19] Siemens Product Lifecycle Management Software Inc: MindSphere - the cloud-based, open IoT operating system for digital transformation; 2017. Hämtad 2018-03-09. Available from: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/topic/mindsphere-whitepaper/8683>.
- [20] Siemens: Efficient condition monitoring for the early detection of mechanical machine damages;. Hämtad 2018-03-21. Available from: https://www.siemens.com/content/dam/webassetpool/mam/tag-siemens-com/smdb/digital-factory/factory_automation/siplus/dfa-b10248-01-7600-br-siplus-cms-en.pdf.
- [21] Siemens BIM objects;. Hämtad 2018-05-31. Available from: <https://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/building-solutions/Pages/BIM-data.aspx>.

- [22] Siemens BIM;. Hämtad 2018-05-31. Available from: <https://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/building-solutions/building-information-modeling/Pages/Building-information-modeling.aspx>.
- [23] Smart Spaces – focussing on people;. Available from: <https://www.siemens.com/press/en/feature/2018/buildingtechnologies/2018-03-smart-spaces.php>.
- [24] Labeodan T, Zeiler W, Boxem G, Zhao Y. Occupancy measurement in commercial office buildings for demand-driven control applications—A survey and detection system evaluation. *Energy and Buildings*. 2015;(93):303–314.
- [25] Adafruit: PIR motion sensor;. Hämtad 2018-04-20. Available from: <https://learn.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor?view=all>.
- [26] Spataru C, Gauthier S. How to monitor people ‘smartly’ to help reducing energy consumption in buildings? *Architectural Engineering and Design Management*. 2014;10:60–78.
- [27] The Difference Between PIR, Ultrasonic and Microwave Occupancy Sensors;. Hämtad 2018-04-27. Available from: <https://brandon-lighting.com/sensor/>.
- [28] Nguyen TA, Aiello M. BEYOND INDOOR PRESENCE MONITORING WITH SIMPLE SENSORS. *Proceedings*. 2012;p. 1–10.
- [29] Ansanay-Alex G. Estimating Occupancy Using Indoor Carbon Dioxide Concentrations Only in an Office Building: a Method and Qualitative Assessment. *Conference Paper*. 2013 June;.
- [30] Cali D, Matthes P, Huchtemann K, Streblov R, Müller D. CO2 based occupancy detection algorithm: Experimental analysis and validation for office and residential buildings. *Building and Environment*. 2015;86:39 – 49. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132314004223>.
- [31] Díaz JA, Jiménez MJ. Experimental assessment of room occupancy patterns in an office building. Comparison of different approaches based on CO2 concentrations and computer power consumption. *Applied Energy*. 2017;199:121 – 141. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261917304749>.
- [32] Yang Z, Li N, Becerik-Gerber B, Orosz M. A systematic approach to occupancy modeling in ambient sensor-rich buildings. *Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*. 2014;90:960–977.

- [33] Zikos S, Tsolakis A, Meskos D, Tryferidis A, Tzovaras D. Conditional Random Fields - based approach for real-time building occupancy estimation with multi-sensory networks. *Automation in Construction*. 2016;68:128–145.
- [34] Masood MK, Soh YC, Chang VWC. Real-time occupancy estimation using environmental parameters. *International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. 2015;p. 1–8.
- [35] Ekwevugbe T, Brown N, Pakka V, Fan D. Real-time Building Occupancy Sensing Using Neural-Network Based Sensor Network. *IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies (DEST)*. 2013;p. 114–119.
- [36] Candanedo LM, Feldheim V. Accurate occupancy detection of an office room from light, temperature, humidity and CO₂-measurements using statistical learning models. *Energy and Buildings*. 2016;112:28–39.
- [37] Agarwal Y, Balaji B, Dutta S, Gupta RK, Weng T. *Duty-Cycling Buildings Aggressively: The Next Frontier in HVAC Control*. Department of Computer Science and Engineering University of California. 2011;.
- [38] Lantz A. *Intervjumetodik, tredje upplagan*. ISBN 978-91-44-08123-6: Studentlitteratur; 2013.

Bilaga A

Intervjuguider

A.1 Intervjuguide för medarbetare

Del 1: Vad mäts idag?

- Kan du nämna exempel på något som idag mäts för att uppnå bättre effektivitet i en fastighet. Syfte, utförande och effekt.
- Vilken samverkan sker idag med övriga aktörer i fastighetsförvaltningen?
- Från vilka underleverantörer samlas mätdata idag?

Del 2: Hur kan det som mäts idag utnyttjas för att effektivisera service och underhåll i en fastighet?

- Hur tror du att service och underhåll kan effektiviseras med hjälp av dagens teknik?
- Vilka nya tjänster kommer du att tänka på?
- Vart ser du att flaskhalsar finns?
- Vad saknas för att utveckla tjänster för service och underhåll?
- Är tjänster/analyser för service och underhåll något som efterfrågas av kunder?

Del 3: Vilka nya mätvärden kan utnyttjas för att effektivisera service och underhåll i en fastighet?

- Vilka mätområden anser du är underutvecklade?
- Vilken data bör samlas i större utsträckning och i vilket syfte?
- Utan att tänka på tekniska begränsningar, vilka typer av tjänster tror du att Siemens skulle kunna effektivisera?
- Vad kan uppnås med hjälp av en högre grad av datainsamling/analys som inte gick att uppnå tidigare?
- Litteraturen pekar på att integration mellan olika system är en av de större utmaningarna i digitaliseringen. Håller du med?
- BIM (building information modelling) är ett begrepp som återkommer i litteraturen som ett kraftfullt verktyg för att effektivisera fastighetsdrift och speciellt underhåll och service. Har du hört talas om BIM och vad är dina tankar om möjligheterna med detta?
- Vilka tjänster/produkter finns idag för condition monitoring och predictive maintenance?
- Finns idag tillämpningar av maskininlärning?

A.2 Intervjuguide för kunder

1. Presentera din roll i företaget.
2. Beskriv företagets fastighet och verksamhet kort.
3. Vilken typ av teknik från Siemens har du idag?
4. Vilken typ av mätning saknar du idag?
5. Vilken uppfattning har du av Siemens verktyg?
6. Hur ser du att utvecklingen av en ökad grad av mätning/datainsamling, vilka värden skapas för dig genom detta?
7. Vilka ser du som de viktigaste tillämpningarna som inte kunde realiseras tidigare?
8. Hur ser du att service och underhåll i en fastighet kan effektiviseras?
9. Vilken data behöver samlas in för att effektivisera service och underhåll?
10. Kan integration ske med andra aktörer i fastigheten?
11. Ser du ett behov av att övervaka användningen av lokaler för att effektivisera städning och underhåll?
12. Kan du se fler värden av att veta hur människor rör sig i fastigheten?
13. Hur ser du på verktyg för övervakning av hälsotillstånd hos teknisk utrustning?