



CHALMERS



Effektivisering och optimering av fastigheter med BIM i förvaltning

En jämförelse av existerande byggnader och nyproduktion

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

CHRISTIAN NILSSON
ERIC ALKEMARK

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Construction management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Examensarbete ACEX20-19-48
Göteborg, Sverige 2019



CHALMERS

EXAMENSARBETE ACEX20-19-NN

Effektivisering och optimering av fastigheter med BIM i förvaltning

En jämförelse av existerande byggnader och nyproduktion

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

CHRISTIAN NILSSON

ERIC ALKEMARK

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Construction management

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige, 2019

Effektivisering och optimering av fastigheter med BIM i förvaltning

En jämförelse av existerande byggnader och nyproduktion

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

CHRISTIAN NILSSON

ERIC ALKEMARK

© CHRISTIAN NILSSON, ERIC ALKEMARK, 2019

Examensarbete ACEX20-19-48

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2019

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Construction management

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Ett illustrerat punktmoln av garage.

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2019

Effektivisering och optimering av fastigheter med BIM i förvaltning

En jämförelse av existerande byggnader och nyproduktion

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

CHRISTIAN NILSSON

ERIC ALKEMARK

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Construction management

Chalmers Tekniska Högskola

SAMMANFATTNING

Den längsta delen av en byggnads livscykel är förvaltningsfasen där ansvaret för dess skötsel ligger hos fastighetsförvaltaren. För att utföra driften och underhållet krävs stora mängder av information om byggnadens olika installationer, byggnadsmaterial, areor med mera. I yrket existerar många problem som relaterar till informationshanteringen, många som eventuellt kan lösas med hjälp av BIM (Building Information Model). Användningen av BIM är välkänt inom design och produktionsfaserna och har visat en tydlig förbättring inom dessa områden. I dagsläget används BIM i nästan alla nybyggnationer och det krävs endast få ändringar för att anpassa informationen till förvaltningsarbete. Ändå har BIM inte applicerats i samma utsträckning i drift och underhåll som i design och produktion.

Grunden för innehållet som detta examensarbete behandlar är av en kvalitativ struktur och innefattar en empirisk del med intervjuer och en litteraturstudie. Litteraturstudien belyser vilka problem som existerar för förvaltningsorganisationer i driften och underhållet av en byggnad med särskilt fokus på existerande byggnader. Den förklarar ytterligare vad BIM är, vilka fördelar som kan finnas med dess applicering i fastighet- och förvaltningsarbete samt vilka unika problem som finns för existerande byggnader. Medan intervjuerna undersöker vilka arbetssätt som används inom fastighetsarbeten idag, detta för att ge en bild av hur arbetet utförs i praktiken och för att se hur stort det upplevda behovet av BIM är. Vad som ytterligare undersöks är om behovet av BIM varierar hos äldre byggnader eller nyproduktion.

Resultatet är baserat på de 5 semistrukturerade intervjuer med anställda på fastighetsorganisationer, som var och en har varierande roller på respektive företag, samt litteraturen. Tidigt i intervjuerna observeras en klar indikation att behovet av BIM tycks vara lika stort för äldre byggnader som nyproduktion. Men det är en stor oenighet hos de olika företagen om vilken som är den korrekta definitionen av BIM. Viss litteratur och vissa respondenter diskuterar BIM som en 3D-representationen av en byggnad vilket endast är en liten del av vad BIM faktiskt innebär. Uppskattning av vad som är värdedrivande för en fastighet är en viktig faktor för att motivera samt skapa ekonomiska incitament för användningen av BIM. Ytterligare har digitaliserade arbetssätt börjat att användas i större utsträckning i dagens fastighetsarbete och potentialen för BIM som ett optimeringsverktyg för byggnader ökar.

Nyckelord: BIM, Existerande Byggnader, Digital Tvilling, Fastighetsförvaltning.

Improving efficiency and optimization of facilities with BIM in management

A comparison between existing buildings and newly constructed

Degree Project in the Engineering Programme

Civil and Environmental Engineering

CHRISTIAN NILSSON

ERIC ALKEMARK

Department of Construction management

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The longest phase in a building's lifecycle is during the facility management phase, which the facility manager is responsible for. The execution of the operation and maintenance require large amounts of information, for example the buildings various installations, materials and areas. Problems exist within the profession that relates to the handling of information, which could be solved with help from Building information modelling (BIM). The use of BIM is well-documented in the design and production phases and has proven to make improvements to the way of working. Today, almost every new building is constructed with BIM as a tool, therefore an adaption for facility management require only few alterations. Still, BIM has not been applied in facility management in the same extent as BIM in design and production.

The contents of this thesis are based on qualitative data that includes an empirical part with interviews and a literature study. The literature study highlights the current problems in facility management with a focus on existing buildings. It also aims to create an understanding of BIM and the benefits with its application in facility management. Furthermore, the literature describes unique problems for the application in existing buildings. The part based on interviews examine how operation and maintenance work is performed, in order to get an understanding of the profession, how it is performed in practice, and how large the need for BIM is. Additionally, it includes analysis on how the need varies between existing buildings and new constructions.

The results are based on the 5 semi-structured interviews with employees in organisations related to facilities, each with a different role in respective organisation, and the literature. Shortly into the interviews an indication is given that the need for BIM is the same for existing buildings and new construction. However, there is a disagreement about the correct definition of BIM. Parts of the literature and some respondents discusses BIM as a 3D-representation of a building which is just a part of what BIM is. Estimating the driving factors of a buildings value is key to motivate and create economic incentives for BIM. Furthermore, digitalized processes are starting to emerge in facility management and the potential of BIM as a tool for optimizing buildings is also starting to be realized.

Key words: BIM, Existing Buildings, Digital Twin, Facility Management.

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
1 INTRODUCTION	1
1.1 Syfte	2
1.2 Mål	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Metod	2
1.4.1 Litteraturstudie	2
1.4.2 Intervjuer	2
2 TEORI	4
2.1 Bakgrund till BIM	4
2.2 Användningen av BIM	4
2.2.1 Digital Tvilling (DT)	5
2.3 Zynka-Modellen	6
3 LITTERATURSTUDIE	7
3.1 BIM i fastighetsförvaltning	7
3.1.1 Sydneys Operahus	7
3.2 Appliceringsområden för BIM i fastighetsskötsel	8
3.2.1 Den stora mängden dokument	8
3.2.2 Pappersbaserad information	9
3.2.3 Hantering av utrymmen	9
3.2.4 Övervakning av energiförbrukning	10
3.2.5 Träning av nyanställda	10
3.2.6 Ytterligare områden för applicering av BIM	11
3.3 BIM i existerande byggnader	11
3.3.1 Funktionalitet	11
3.3.2 Information och interoperabilitet	12
3.3.3 Teknologiska problem	13
3.3.4 Bearbetning av data	14
3.3.5 Modellering	14
3.3.6 Organisationella problem	15
4 INTERVJUER	16
4.1 Arbetsätt idag	16
4.2 Digitaliserat arbetsätt	17
CHALMERS , <i>Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik</i> , Examensarbete ACEX20-YY-NN	III

4.3	BIM	18
4.3.1	Nybyggnationer och befintliga byggnader	18
4.3.2	Möjligheter med BIM i fastighetsförvaltning	19
4.3.3	Integritet	21
5	DISKUSSION	22
5.1	Metoddiskussion	22
6	SLUTSATSER	24
6.1	Stora möjligheter för BIM i förvaltning	24
6.2	Vikten av formulering och beräkning av värde för fastigheter	24
6.3	Jämförelse av litteratur och intervjuer	23
6.4	Etik	25
7	REFERENSER	26

Förord

Detta examensarbete utfördes i samarbete med ZynkaBIM och institutionen för miljö- och byggt teknik på Chalmers Tekniska Högskola under vårterminen 2019. Examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng och skrivs som den avslutande delen för högskoleingenjörsutbildningen i samhällsbyggnadsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola.

Ett speciellt tack till vår handledare Daniel Månsson på ZynkaBIM för det kontinuerliga stödet under hela examensarbetets gång. Ytterligare stort tack till vår handledare Mattias Roupé på Chalmers Tekniska Högskola för möjligheten att bolla idéer och att styra oss i rätt riktning när problem uppstått. Slutligen tack till alla som har deltagit i intervjuerna och gjort detta examensarbete möjligt.

Göteborg Maj 2019

Christian Nilsson
Eric Alkemark

Begreppsförklaring

PILOTPROJEKT - Ett pilotprojekt kan per definition starta som ett försöksobjekt eller verksamhet utan att man nödvändigtvis inväntar alla givna förutsättningar.

LIVSCYKEL - En byggnads livscykel definieras som tiden då projektet startas i planering till byggnadens slut, alltså rivning.

FÖRVALTNING - Kan definieras som skötsel av fastigheter, utförande av reparationer och underhåll.

REALTIDSINFORMATION - Information genererad med omedelbar uppdatering eller uppdatering inom en tidsram snabb nog att uppehålla en funktion

PUNKTMOLN - Punkter som tillsammans med data formar en databas av information.

KOMPONENT - Del av en byggnad eller ett system

SEMANTISK DATA - Definierar hur lagrade symboler (instansdata) relaterar till den verkliga världen

GRAFIK - En dator eller ett systems process att visualisera data med bilder.

GRÄNSSNITT - Utformningen av en viss förbindelse mellan olika objekt. Till exempel hur man kommunicerar mellan olika mjukvaror och/eller hårdvaror.

SCAN-TO-BIM - Process att genom 3d skanning skapa en BIM modell.

MOLNTJÄNST - IT-tjänst som tillhandahålls över Internet, i synnerhet funktioner som traditionellt sköts på egna datorer men genom molnet sköts av någon annan.

MASKININLÄRNING - Ett begrepp inom datavetenskapen som syftar på metoder som får datorer att lära sig utifrån data utan specifik programmering för utförande av uppgifter

META-TJÄNST - Tjänst för att bearbeta meta-data. Meta-data sammanfattar grundläggande information om vissa data vilket på så sätt förenklar upptäckten och arbetet med denna data.

COWORKING-TJÄNST - Användning av samma utrymme men hos olika arbetsgivare så utrustning och kunskap delas.

U-VÄRDE - Värmegenomgångskoefficient, ett mått på ett byggnadsmaterials isoleringsförmåga

Förkortningar

BIM - Building Information Modelling

LoD - Level of Detail

3D - Tre dimensioner

2D - Två dimensioner

DT - Digital Twin

VVS - Värme, Ventilation och Sanitet

AEC - Architecture, Engineering and Construction

CAD - Computer aided design

ISO - Internationella standardiseringsorganisationen

MVD - Model View Definition

COBie - Construction Operations Building Information Exchange

IDM - Information Delivery Manual

CMM - Capability Maturity Model

IoT - Internet of Things

AR - Augmented Reality

VR - Virtual Reality

ML - Machine Learning

GDPR - General Data Protection Regulation

1 Introduktion

I design och produktionsfasen av en byggnad är BIM (Building Information Model) ett dokumenterat och välanvänt begrepp inom olika arbetsområden (Edirisinghe et al., 2017).

Men i förvaltningen finns det fortfarande en brist av användandet av BIM och tillämpningen i branschen går långsamt. Detta beror på att idag är informationshanteringen i förvaltningsprocessen dominerad av utdaterad, överflödigt och pappersbaserad information och anses som ett av dess största problem (Hardin & McCool, 2011 & Teicholz et al., 2013). Denna brist på strukturerad informationshantering framträder starkast i existerande byggnader som ofta saknar pålitlig och validerad konstruktionsdokumentering vilket beror ofta på utebliven uppdatering av informationen (Becerik-Gerber et al., 2012).

En viktig aspekt inom byggnadsbranschen är miljö och hur ett hållbart arbete kan utföras och vad det kan leda till (Volk et al., 2014). Det existerar stora hållbarhetsutmaningar samt hårdare krav på återvinning och resurseffektiva lösningar i byggnader. Energin som förbrukas i fastigheter med avseende på användning beräknas att vara 30 - 45% av den totala energin som konsumeras globalt och står för 30% av de totala koldioxidutsläppen (Gul & Patidar, 2015). Det ligger därför ett stort ansvar i att effektivisera fastigheter för att sänka den negativa påverkan på miljön. Vilket i sin tur motiverar fastighetsindustrin (och även andra aktörer inom byggsektorn) till bättre hantering av sina resurser och skapa "cirkulära system" (Volk et al., 2014).

Förbättringar som existerar idag är BIM-baserade system som kan möjliggöra ett mer hållbart arbetssätt. Om det integreras energirelaterade data till BIM kan utförandet av komplexa energiutvärderingar genomföras för att tydliggöra förbättringsmöjligheter med eventuella "hotspots i" en fastighet (Motawa & Carter, 2013).

Intresset för att använda BIM i förvaltning växer och ses som ett pålitligt sätt att kunna koordinera den beräkningsbara datan från design och produktionen till förvaltning (Eastman et al. 2011). Dessutom underlättas uppdatering av den befintliga informationen genom att ha ett digitalt informationssystem som BIM (Poirier et al., 2015). Ett koncept som tagits fram är att med BIM tillsammans med realtidsdata från sensorer skapa en så kallad digital tvilling (DT), vilket är en kopia av den fysiska miljön i en byggnad (Lasi et al., 2014). Fördelen med en DT i förvaltning är att kunna centralisera informationen och den digitala åtkomsten av dokument. Vilket i sin tur möjliggör en förbättrad kommunikation och utbyte av data (SAP, 2018).

I produktionen av dagens byggnader skapas oftast en BIM-modell redan i design och planeringsstadiet som i sin tur kan bidra till en möjlig implementering i fastighetsskötseln (Volk et al., 2014). Studier kring området visar att det krävs endast få justeringar av den befintliga modellen för att kunna vara till nytta för fastighetsskötsel. Ett problem som finns är att äldre byggnader saknar en tillgänglig BIM-modell och kan då inte utnyttja den samlade informationen som framtagits från produktionen och designen av byggnaden. Därför har fastighetsförvaltare fått förlita sig på en metod där den oftast utdaterade information i ritningsformat används för att skapa en BIM-modell (Teicholz et al. 2013). En annan metod för att samla information till en BIM-modell är 3D-skanning vilket används för att generera ett punktmoln som kan representera den byggda miljön och fungerar som en bas för modellering av en DT.

Men dock diskuteras fortfarande för och nackdelar med sådan teknik samt hur och varför det ska användas.

1.1 Syfte

Syftet med examensarbetet är att utreda hur BIM används i fastighetsindustrin och undersöka skillnader av informationshantering kring existerande byggnader och nyproduktion.

1.2 Mål

Examensarbetets ändamål är att diskutera hur informationshanteringen för fastigheter ser ut idag och vilka för- och nackdelar som finns med implementeringen av BIM och ytterligare för att undersöka om fastighetsindustrins utveckling och möjligheter.

1.3 Avgränsningar

Grunden för examensarbetet utgörs av intervjuer och litteraturstudier. Intervjuerna kommer att undersöka användningen av BIM hos olika aktörer inom industrin. Litteraturstudien kommer att definiera BIM och vilka utmaningar samt möjligheter som existerar för användning inom fastighetsindustrin. Båda undersökningarna kommer att jämföra skillnader mellan existerande byggnader och nyproduktion av byggnader.

1.4 Metod

Två olika metoder genomfördes parallellt med varandra under våren 2019. En litteraturstudie och en kvalitativ intervjustudie.

1.4.1 Litteraturstudie

Litteraturstudien utfördes genom att söka på databaser för vetenskapliga studier (Scopus och Google Scholar). Det språk som användes för valet av artiklar är engelska eftersom det utgjorde ett större utbud av litteratur. För att sortera artiklar efter relevans användes nyckelorden: "Facility Management", "BIM", "Existing Building" och "Digital Twin". Detta utgjorde ramverket för sökningen och därefter har artiklarna med högst antal citeringar haft en övervägande roll i urvalet.

1.4.2 Intervjuer

Den andra metoden var intervjuer som genomfördes mellan mars - april 2019. Fem semistrukturerade intervjuer utfördes på Sweco, Platzer, COOR, ICA Fastigheter och Akademiska Hus. Under intervjun ställdes frågor relevant för ämnet till personerna på företagen (Se bilaga 1). Därefter sammanställdes intervjuerna för att se skillnader mellan existerande byggnader och nyproduktion av byggnader och hur informationshanteringen gick till. Det finns en viss nackdel med denna typ av metod. Eftersom det existerar stor variation av kunskap och mål hos respondenter så bör resultat tolkas kritiskt.

1.4.2.1 Val av intervjupersoner

Valet av intervjupersoner diskuterades fram tillsammans med handledare på ZynkaBIM. Intervjuförfrågningar skickades huvudsakligen ut till personer och företag som arbetar med fastigheter. Arbetsroller hos de intervjuade varierade och berörde underhåll, fastighetsutveckling, affärsutveckling, verksamhetsutveckling och säkerhet.

Chef för verksamhetsutveckling och IT, *ICA Fastigheter*

Respondenten har arbetat inom ICA koncernen i 21 år och är idag CIO (Chief Information Officer). Ansvarsområden respondenten har är projektledning samt IT och verksamhetssystemet för ICA Fastigheter. Verksamhetssystemet beskrivs som arbetet med samarbete och processer i verksamheten.

Affärsområdeschef, *Sweco*

Respondenten ansvarar för produkter och lösningar för användning av DT:ar dessutom den traditionella dokumenthanteringen. Respondenten har varit anställd på Sweco sedan 2005 och har arbetat inom olika roller. Tidigare arbetat med E-handeln på 90-talet, då som utvecklare.

Affärsutveckling och säkerhet, *COOR*

Respondenten studerade affärsutveckling på Chalmers Tekniska högskola och har arbetat med fastigheter i 15 år och ansvarar nu för uppstart och försäljning av leveranser av fastighetstjänster inom företaget. En annan arbetsuppgift respondenten utför är förbättring av leveranser som underpresterar. Tidigare ansvarsområden har involverat gruppchef, platschef och kontraktschef. Fastigheterna som respondenten jobbar med är av stor variation. De byggnaderna som respondenten arbetar med är i huvudsak äldre byggnader med varierande typ, från bostäder till kommersiella fastigheter.

Drift och underhållschef, *Platzer*

Respondenten är framför allt personalansvarig för tekniska förvaltare och för fastighetsansvariga. Ytterligare jobbar respondenten med den strategiska teknikutvecklingen genom att driva målorienterade frågor kring exempelvis miljöcertifiering. Fastigheterna som respondenten arbetar med är väldigt varierande, både kring ålder och typ, men mestadels kontor och även kommersiella fastigheter. Respondenten har varit på platzer i 9 år och tidigare jobbat som driftingenjör på Bengt Dahlgren.

Innovationsledare, *Akademiska Hus*

Respondenten har arbetat på Akademiska hus sedan 2004 och har ansvarsområden inom innovationsledning och digitalisering. Tidigare har respondenten arbetat inom automation och ytbehandling. Respondenten arbetar med många olika typer av byggnader (kontor, skolor, nyproduktion, äldre byggnader etc.)

2 Teori

2.1 Bakgrund till BIM

Design, planering och produktion av byggnader har länge varit traditionell och utförts i pappersformat (Volk et al., 2014). Förändringen till nya arbetssätt har varit långsam, men i början av 2000-talet gjordes pilotprojekt som införde digitala 3D-designverktyg i arkitektur och ingenjörsteknik. Tekniken har existerat sedan 70-talet men har inte använts i större utsträckning innan pilotprojekten kom.

Byggnadsinformationsmodellering (BIM) kan definieras som framtagningen av en representation av byggnadsprocessen som används för att främja informationsutbyte i ett digitalt format (Wijekoon et al., 2018). BIM genererar och hanterar information om ett projekt genom att använda en centraliserad datahantering för att skapa en plattform till förbättrad produktion och arbetsprestation av projektet. Informationsgenerering och hantering är en kontinuerlig process och sker under hela byggnadens livscykel (design, projektering, produktion och förvaltning). En definition av BIM är att, under hela livcykeln, en förbättrad digital informationssamlingsprocess för den genererade informationen.

2.2 Användningen av BIM

Intresset för användning av BIM har de senaste decennierna ökat i byggsektorn då företag har insett många fördelar (Volk et al., 2014). Effektiv koordination, visualisering av slutprodukt och tidiga upptäckter av krockar är några av de fördelar som BIM har visat sig ge efter frekvent användande i tidiga livscykel faserna (Wijekoon et al., 2018). Under konstruktionen av City of Dreams Casino i Macau rapporterades en stor ökning av tidseffektivitet och sänkning av kostnader för VVS som följde användning av BIM (Edirisinghe et al., 2017). Största anledningen till förbättring av tidseffektivitet var att endast 43 timmar spenderades på omarbeten vilket kan jämföras med de 25000 timmar som förväntades. Besparingen av arbete var också största anledningen till sänkningen av kostnader, VVS-entreprenören beräknade att arbetsbesparingarna sänkte den maximala kostnaden för projektet med 4.5 procent.

Framgången för BIM i design- och produktionsfaserna beror på olika faktorer (Barlish & Sullivan, 2012). Det beror på storleken av projekten som ska implementeras i, kommunikationen och kunskapen av BIM inom projektet. I en artikel av Barlish & Sullivan presenteras tre olika studier som involverade tre olika företag. Artikelns syfte var att se framtida fördelar och besparingar som kan göras på olika projekt. Slutsatsen visade att i en av studierna kunde standardkostnaden för ett projekt reduceras med 43%, informationsbegäran för verktyg och montering med 50% och en reduktion på 67% av genomförandetider. Dock gick investeringskostnader upp med 31%, gällande 3D-modelleringsverktygen. Men i jämförelse med utgifterna beräknades det att 2% av den totala kostnaden kunde besparas genom att använda sig av BIM.

Även om användandet av pilotprojekten på 2000-talet var koncentrerat på design, projektering och produktion är det en process som ser lovande ut för hela livscykeln av byggnaden (Wijekoon et al., 2018). Under senare tid har forskningen skiftat fokus från de tidiga livscykelprocesserna till de senare, såsom underhåll, renovering, och rivning (Volk et al., 2014).

2.2.1 Digital Tvilling (DT)

Användandet av BIM och möjligheten att kunna visualisera förvaltningsarbetet är alltså nytt och inte lika väl dokumenterat som användningen i design och produktionsfasen (Kassem et al., 2015 & Teicholz et al., 2013). Men fördelar med att använda BIM i förvaltning har hittats (detta behandlas mer ingående i kapitel 3.2), bland annat att kunna kombinera drift och data. Dock saknas förmågan att tillhandahålla den byggda omgivningen i realtid (Stojanovic et al., 2018). För att kunna förbättra förvaltningsfasen av en byggnad kan BIM i samband med åtkomsten av realtidsinformation ske med hjälp av en DT. En DT representerar en kopia av den byggda miljön och förlitar sig på en befintlig BIM-modell. När BIM-modeller saknas kan laserskanning tillsammans hjälp av fotogrammetri producera ett 3D punktmoln där information kan tillsättas och klassificeras manuellt.

2.3 Zynka-Modellen

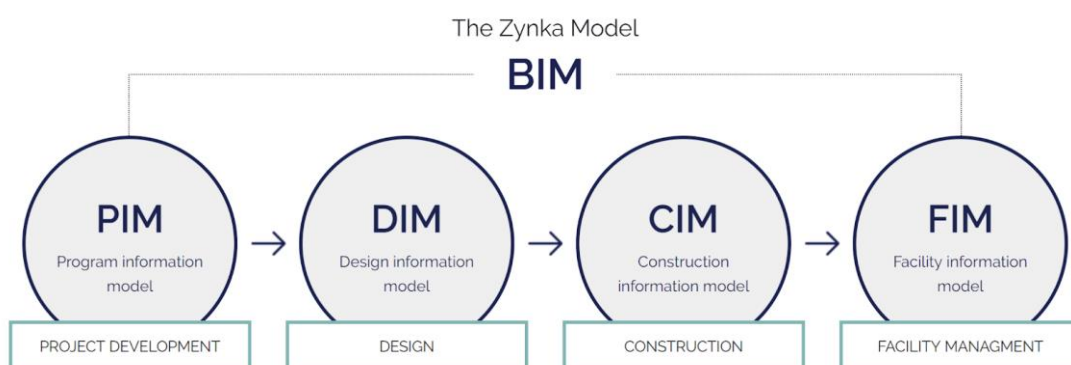
Ett företag som arbetar mycket med BIM och samordningen mellan aktörer i byggbranschen är ZynkaBIM. ZynkaBIM definierar BIM enligt den så kallade Zynka-modellen som representerar visualiseringen av byggnadsdata (ZynkaBIM, 2019). I deras arbetssätt kan visualiseringen av BIM delas upp i fyra olika delar av en byggnads livscykel, projektering (PIM), design (DIM), produktion (CIM) och förvaltning (FIM).

En BIM-representation av fastigheten skapas först i PIM. PIM-modellen av fastigheten är enkel och består av volymer och objektinformation baserad på de tidiga designförslagen. Denna modell är viktig för att underlätta beslut rörande den fortsatta utvecklingen.

DIM-modellen ger möjlighet till effektiv kommunikation och samarbete då det är en interaktiv och informationsrik visualisering som gör det enkelt att hitta individuella komponenter och se hur de relaterar till varandra. Det ger de inblandade i projektet en större möjlighet att påverka designprocessen.

I produktionsfasen är CIM-modellen basen för planering, kvantitativ beräkning och inköp. Konstruktörer kan med mobila tekniker gå igenom ritningar och modeller på plats och scheman kan planeras och kommuniceras noggrannare projekt har större chans att utföras i tid eller tidigt.

FIM-modellens funktion formuleras som en dynamisk, virtuell modell som representerar den fysiska miljön i en byggnad. Modellen berikas av all data som en modern byggnad genererar varje dag. Ytterligare kan den definieras som en lättillgänglig DT av en byggnad där all information kan samlas från t.ex. boende, designspecifikationer och utrustnings uppdatering i nutid. Insamlade data är viktig för att kunna verifiera den byggda miljön. Vilket är till hjälp för byggnaden i olika områden, såsom att övervaka och utföra arbete, få tillgång till digitala fastighetsdata och för att förbättra investeringsbeslut baserat på fakta.



Figur 1: Visualiserad processschema för "The Zynka Model".

3 Litteraturstudie

I detta kapitel presenteras resultatet av en litteraturstudie. 3.1 är en introduktion till BIM i fastighetsförvaltning och här nämns Sydney Opera House-projektet som var ett av de tidigaste projekten där BIM applicerades i fastighetsförvaltning. I 3.2 beskrivs olika problemen som förvaltningsbranschen har och hur BIM kan användas som en lösning. I sista delen 3.3 diskuteras BIM i fallet med existerande byggnader mer ingående.

3.1 BIM i fastighetsförvaltning

När en byggnad är färdigproducerad påbörjas den längsta fasen i en byggnads livscykel, fastighetsförvaltningen (Cotts et al., 2010). Denna fas är oftast 15 till 25 gånger längre än design- och produktionsfaserna, och involverar driften och underhållet av en byggnad.

Vanligtvis fokuserar ägare och andra intressenter på de inledande design och produktionskostnaderna eftersom de uppkommer under en relativt kort period och har potentiellt en stor inverkan på byggnadens livscykel (Edirisinghe et al., 2018). Men under livscykeln överskrider underhåll och driftskostnader dessa kostnader med stor marginal. Enligt Teicholz (2004) kommer design och produktion stå för under 15% av livscykel-kostnaden för en genomsnittlig byggnad. Vilket betyder att kostnaden för underhåll och drift är över 85 procent. BIM-forskningens fokus har börjat att skifta mot fastighetsförvaltningen och pilotprojekt har gjorts där BIM implementeras i förvaltningsprocesser. Enligt Becerik-Gerber et al. (2012) visar forskningen på att det finns stor potential med att implementera BIM i fastighetsbranschen och fastighetsägare samt förvaltare har nu börjat inse denna potential.

3.1.1 Sydneys Operahus

Ett av de tidigaste exemplet på BIM i fastighetsskötsel är Operahuset i Sydney. År 2007 skapades en digital fastighetsmodell av Sydneys Operahus (Schevers. H et al., 2007). Utmaningen att förvalta en byggnad som operahuset var enorm och beroende av ett oändligt sorterande av information. De insåg att en digital fastighetsmodell som innehöll information relaterad till byggnaden skulle ge en lättare åtkomst till och bättre ordning på informationen. Det föreslogs också att modellen skulle vara till hjälp i underhållsplaneringen, vilket möjliggjordes genom kartläggning av byggnadens renlighet och schemaläggning för rum. I modellen delades byggnaden in i zoner och rum och varje objekt (vägg, stol, etc.) gavs en poäng på en skala beroende på hur rena de var. Genom att ta ett snitt över objekten i ett rum fick de fram hur rent rummet och zonen var på skalan. Dessa poäng uppdaterades regelbundet och gav en bild av hur ny städpersonal och olika städkontrakt påverkade byggnadens renlighet och det gav också bra underlag för schemaläggningen av städningen.

Projektet gav även fler bevis på att BIM kan vara till fördel för fastighetsförvaltning. Några andra fördelar som ansågs var (Arayici, Y. et al., 2012):

- Noggrann geometrisk representation av delar av byggnaden,
- Snabbare och effektivare informationsdelning,
- Miljöpåverkan och livscykelkostnad blir mer förutsägbart,
- Produktionen av dokument är flexibel och utnyttjar automation,
- Ser till att beslut av anskaffning görs med hänsyn till hela livscykelkostnaden och inte bara kortsiktiga ekonomiska mål,
- Ser till att anskaffningar, när det är möjligt, görs koordinerat mellan avdelningar.

3.2 Appliceringsområden för BIM i fastighetsskötsel

Operahus-projektet bevisade att BIM kan vara applicerbart i förvaltningskedet men föreslog bara några få appliceringsområden: åtkomst till byggnadsinformation, underhållsplanering, kartläggning av renlighet, informationsdelning och produktion av dokument (Schevers et al., 2007 & Arayici et al., 2012). Senare studier av BIM i förvaltning har föreslagit ytterligare användningsområden. Bland annat Becerik-Gerber et al. (2012) som intervjuade ett flertal personer med koppling till fastighetsförvaltning och identifierade ett antal problem med nuvarande arbetssätt i fastighetsförvaltningen och hur BIM processer kan vara lösningen till dessa problem.

3.2.1 Den stora mängden dokument

När byggnaden står klar och arbetet i byggnaden lämnas över från producenten till förvaltaren uppstår det största problemet för förvaltaren. Vilket är den stora mängden dokument som de lämnas med (Hardin och McCool, 2011). Vanligtvis inkluderar dessa dokument väldigt detaljerad information om byggnaden och dess tillhörigheter, såsom byggnadsmaterial, leverantörer, instruktioner för drift och underhåll, garantier och så vidare. I värsta fall sker denna överlämning med ett antal lådor med osorterade papper som innehåller byggnadens information (William East et al. 2012). Generellt fortsätter hantering av information att vara ostrukturerad och ouppdaterad även i senare delar av förvaltningen och resulterar i att drift- och underhållspersonalen i sitt dagliga arbete hindras av ett klumpigt informationsunderlag. Hardin och McCool (2011) beskriver hur detta medför till ett ineffektivt användande av tid och resurser som bromsar grundläggande underhållsprocesser.

Användningen av BIM möjliggör en förbättrad strukturering i lagring och hantering av byggnadsinformation (Hossain & Yeoh, 2018). Det minskar även tiden och resurserna som krävs för att hitta relevant byggnads eller komponentinformation. Följaktligen kan information enkelt delas och återanvändas med BIM. Ytterligare anses BIM som en perfekt lösning som plattform för lagring och hantering av byggnadsinformation i förvaltningen, men nämner även uppdatering och analysering.

3.2.2 Pappersbaserad information

En av förvaltarens grundläggande underhållsprocesser är att genomföra förebyggande och justerande underhåll (Becerik-Gerber et al., 2012). Denna process kräver att personalen kan lokalisera byggnadskomponenter, utrustning, material samt relevant information för snabba upptäckter och åtgärder av problem. Att reparatörer och förvaltare då förlitar sig på pappersbaserad information eller erfarenhet, instinkt och bedömning gör att processen tar onödig tid och resurser. Lokaliseringen av utrustning och komponenter är kritiskt vid nödfall och när nyanställd personal eller en utomstående förvaltare tar ansvar för byggnaden.

En DT förenat med navigationssystem kan hjälpa förvaltare att lokalisera byggnadskomponenter inomhus, som GPS och kartor fungerar utomhus. Att använda en DT gör att beroendet av pappersbaserade system minskar och att förse förvaltningspersonalen med bärbara tekniker (mobiltelefon, surfplatta) skulle ytterligare minska beroendet. Därtill skulle en DT kopplad till en informationsdatabas hjälpa till att hitta och diagnostisera komponenter baserat på nödvändig information. Till exempel skulle komponentens specifikationer och underhållshistorik automatisk bli associerad med den lokaliserade komponenten och skickas till personalen på plats.

3.2.3 Hantering av utrymmen

Enligt Steiner (2005) bidrar effektiv hantering av fastighetens utrymmen inte bara till en optimering av den fysiska användningen av fastigheten och dess komponenter utan ger också en positiv effekt på produktiviteten hos personerna som arbetar i utrymmena. Förvaltare behöver i utrymmehantering kunna förutse utrymmesbehov, tilldela utrymme och ha effektiva flyttprocesser (Becerik-Gerber et al., 2012). Till sin hjälp behöver de en representation av varje utrymme med information såsom numrering, beskrivning, gränser, areor, volym, avsett bruk och faktiskt status. De CAD-filer som traditionellt används till detta har två huvudsakliga problem, osammanhängande etikettering och mödosam uppdatering av egenskaper.

Som svar till utmaningen förklarar Stojanovic (2018) att integrering av BIM och skapandet av en DT från 3D punktmoln med semantiska data kan möjliggöra en visualisering av den byggda miljön i nutid. DT:n kan sedan användas för att visualisera utrymmen till att genomföra processer som analyserar utrymmeskrav, identifiering av ytor i utrymmen som inte utnyttjas, hantera förflytnings processer och skapa jämförelser av planerade utrymmen (Becerik-Gerber et al., 2012). Visualisering av den byggda miljön ses som en drivkraft som kan vara till fördel för fastighetsskötsel (Volk et al., 2014). Servicebaserad information kan möjliggöra visualisering för klienter på bärbara tekniker (surfplattor, mobiltelefoner). Dock behöver tekniken som ska användas besitta hög prestanda för att kunna bearbeta den mängd data som visualiseringsmodellerna innehåller.

3.2.4 Övervakning av energiförbrukning

Byggnader har en betydande förbrukning av energi och avger stor mängd koldioxid (Becerik-Gerber et al., 2012). För att förbättra en byggnads energieffektivitet är kontrollering och övervakning av energiförbrukningen viktig. Förvaltare förlitar sig på system som mäter energiförbrukningen i hela byggnaden och i zoner över tid och ibland i realtid. Ett problem med dessa system uppstår vid tilläggning av nya planlösningar och komponentgrafiker eller uppdatering och hantering av grafisk information, vilket gör att det är en tjänst som ofta köps in. Mycket tid läggs på att konvertera dessa grafiker till systemets gränssnitt, och i vissa fall saknar de helt sammanlänkingsförmåga. Dessutom isoleras de visualiserade komponenter från de andra byggnadsfunktionerna och de saknar vanligtvis önskad detaljnivå.

Även om det finns förvaltningssystem som kopplar 3D-visualisering med kontrollering av energi, skulle en integrering av BIMs grafiska gränssnitt kunna eliminera de repetitiva och inkonsekventa processer som finns i nuvarande system (Becerik Gerber et al., 2012). Därtill kan en sammankoppling av BIM med sensorer och mätningar (DT) förse förvaltaren med realtidsövervakning. Konsekvensanalyser och simuleringar av hur energisystemet fungerar vid olika konfigureringar är också en möjlighet och på så sätt kan byggnadens energikonsumtion kontrolleras. En teoretisk fallstudie på Northumbria Universitetscampus i Newcastle (UK) som involverade trettiotvå fastigheter studerade möjligheter och utmaningar för BIM i fastighetskötsel. Kassem et al. (2015) observerade att noggrann upptäckt och rapportering av defekter är möjligt att genomföras i BIM där resultaten framgick från diskussioner med fastighetsansvariga. Eastman et al. (2011) föreslog också att kötsel och bedömning av skick för mekaniska, elektriska, och rör-systems var ett användningsområde.

3.2.5 Träning av nyanställda

Becerik-Gerber et al. (2012) diskuterar också hur nyanställda måste bli bekanta med fastighetens processer, system, zoner, byggnadsinformation med mera för att kunna utföra sina uppgifter. För närvarande är träningen handledd med presentationer, platsbesök, demonstrationer och självstudier vilken kräver intensiva förberedelser, tar upp mycket tid för involverade, och förlitas till stor del på instruktörens förmåga och egenskaper.

Vid träningen av nyanställda kan BIM vara ett verktyg för att gå runt i fastighetet virtuellt och undersöka utrymmen, komponenter och utrustning, och gå igenom relaterad och betydelsefull information. Det ger dem en möjlighet att få en bättre förståelse om deras arbetsområden och uppgifter, vilket gör att de kan ta nya ansvar tidigare. Dessutom kan instruktören lättare göra bedömningar om de nyanställda är redo för sina uppgifter genom att testa dem virtuellt.

3.2.6 Ytterligare områden för applicering av BIM

Becerik-Gerber et al. (2012) lyfte fram ytterligare förslag på appliceringsområden där BIM är till fördel för förvaltare. Bland annat kan kvaliteten på marknadsföringen höjas då användare av BIM-modeller kan ta fram bilder samt skapa animationer av interiören. Fördelen med marknadsföring ur ett affärsperspektiv för ett företag beror på ett antal olika faktorer (Aranda-Mena et al., 2009). Studien som Aranda-Mena et al. beskriver att de faktorerna som avgör är företagets storlek, vilken sektor inom AEC industrin, kunskap av BIM och generell informationshantering. Olika sektorer; behöver olika mängder information, har olika färdigheter inom företagen och starka relationer till andra konsultfirmor. Men, i artikeln togs det fram ett ramverk för att lista affärsmässiga, tekniska och organisationella fördelar med BIM genom att lista förmågor som företaget skulle besitta via dess implementering. I artikelns fallstudie visade det sig att implementering av BIM skulle skapa de föreslagna förmågorna för företaget och resultera i en hög investeringskostnad men med en snabb ekonomisk återhämtning och förbättrad effektivitet.

3.3 BIM i existerande byggnader

Enligt undersökningar existerar två krav för att BIM skall vara effektivt i förvaltningsskedet (Volk et al., 2014). Byggnaden ska vara nyligen konstruerad och en BIM modell finns tillgänglig från projekteringen och produktionen. Endast när dessa krav är uppfyllda kan en BIM modell kostnadseffektivt appliceras i förvaltningsprocesser och kräver endast små justeringar för att kunna utnyttjas. Men om en utdaterad eller ingen modell finns blir processen svårare. Då krävs först en granskning av byggnaden, genomgång av dokument och analys av byggnadens egenskaper för att bara skapa en grund för planering och kostnadsbedömning.

Enligt Volk kan problemen med att implementera BIM i byggnader utan modell delas in i fyra olika kategorier.

1. Funktionella problem
2. Problem med information och interoperabilitet
3. Tekniska problem
4. Organisationella problem

3.3.1 Funktionalitet

De funktionella egenskaperna kan beskrivas som det logiska flödet av information och aktiviteter som är beroende på aktörernas intresse och projektets behov (ISO, 2010). BIM modeller kräver stora mängder av funktionalitetsdata på grund av mängden olika användningsområden t.ex. konstruktion, arkitektur, VVS (Volk et al., 2014). BIM datan används sedan inom de olika användningsområdena för att kunna simulera företagets specifika mål.

Funktionaliteten för fastighetsskötsel utgör uppdatering, insamling av pålitlig objektdata, objektrelationer och egenskaper en stor utmaning för forskningen (Singh et al., 2011).

Forskningen kring funktionalitet i fastighetsbranschen fokuserar på nybyggnation och undersöker energi och CO₂-reduceringsanalyser, avvikelsetanalyser, säkerhet på arbetsplatsen och utveckling av projektet genom jämförelse med BIM.

Mängden information som en BIM modell innehåller utgörs av funktionaliteten av byggnaden. En byggnad med stor mängd funktionalitet kräver en ökad mängd med noggrant samlade data. För att den samlade datan av funktionaliteterna ska kunna användas måste den ha ett mått på noggrannhet. Detta mått på data kallas Level of Detail (LoD) och definierar geometriska och icke-geometriska egenskaper och information som extraheras från komponenter i BIM modellen (Volk et al., 2014).

Utöver LoD utvecklas andra ramverk för bedömning av vilka krav som ska existera för en BIM modell. Ett problem med de ramverk som designas idag är att de skapas för nybyggnationer och är inte anpassade för existerande byggnader (East, 2013). Några av ramverken som utvecklas är Capability Maturity Model (CMM) som ska formulera krav för att nå en viss önskad nivå av funktionalitet, och ISO (Internationella standardiseringsorganisationen) som beskriver process bedömningen (NIBS, 2012).

3.3.2 Information och interoperabilitet

Informationsproblemet utgörs av hur utbytet, lagringen och omvandlingen av informationen styrs av olika ramverk (Venugopal et al., 2012). Information Delivery Manual (IDM) definierar de funktionsrelaterade utbytet av information i BIM, och Model View Definitions (MVD) är en delmängd till Industry Foundation Class (IFC) som behövs för att uppfylla utbyteskraven i AEC branschen (Volk et al., 2014). IFC är ett informationsformat som förstärker datautbytet mellan olika BIM system. Dessa två formerna av ramverk är dem som knyter ihop de funktionella, tekniska och organisationella problemen.

Dock existerar det inte en MVD som granskar existerande byggnader med hänsyn till undersökningar om inventering och byggnads konstruktionsegenskaper (Donath et al., 2010). Dessutom har ett IDM ramverk för underhåll ännu inte blivit definierat (Karlshøj, 2011).

Construction Operations Building information (COBie) den vanligaste MVD som används inom fastighetsförvaltning. Den anses vara kärnmodellen för arbetet inom fastighetsförvaltning som innehåller både den allmänna byggnads informationen och information om tekniska systemen, utrymmen och utrustning (Becerik-Gerber et al., 2012 & East, 2012).

3.3.3 Teknologiska problem

Kravet på mängden information i BIM beror på vilka funktionalitetsmål som byggnaden har att uppnå (Hajian & Becerik-Gerber, 2010). Ytterligare, vid applicering av BIM i existerande byggnader är det den mängd av funktionaliteter som styr vilka tekniska specifikationer som krävs för datainsamling, bearbetning och skapandet av en BIM modell.

Eftersom pålitlig byggnadsinformation ofta saknas i existerande byggnader måste en BIM skapas från grunden. För att skapa en BIM modell måste geometrisk och topologisk data samlas, moduleras och kompletteras med semantisk data (Volk et al., 2014). Volk beskriver att om detta genomförs på ett kostnad och tidseffektivt sätt, och att datan som samlas är pålitlig kan existerande byggnader erhålla fördel av BIM modeller med hänsyn kring visualisering, dokumentation och fastighetsskötsel.

Det finns olika sätt att utföra datainsamlingen på och metoderna som används i störst utsträckning är semi-automatiserad laserskanning och fotogrammetri. Laserskanning appliceras för att göra mätningar, samla information om byggnadens dimensioner vilket producerar ett 3D punktmoln av data i form av koordinater (Faltýnová et al, 2016). Fotogrammetrin genomförs genom att ta 2D bilder och omvandla till 3D information av den byggda miljön. Laserskanning är en dyr, relativt tidskrävande process och har svårigheter med att skanna mörka, genomskinliga eller reflektiva ytor och använder känslig teknik (Volk et al., 2014). Fotogrammetrin kan utföras snabbt med en mindre kostnad där minst två bilder från olika vinklar men av samma område eller objekt skapar en relativ position. Om objektet eller samma område är i båda bilderna möjliggör detta en stereoskopisk vy och 3D relaterad information kan utvinnas.

Att rekonstruera inomhusmiljön med laserskanning av en byggnad till framtagningen av en DT ses även enligt Stojanovic et al. (2018) som en komplicerad och tidskrävande process. Men tekniker som fokuserar på att kunna generera datan med kommersiella varor för framtagning av bilder kan ha stor potential. I artikeln används mobiltelefoner med djupavkänningskamera för att skanna den befintliga miljön för omvandling till BIM data och anses som ett möjligt alternativ. Fördelen med att använda sig av mobiltelefoner är den flexibla, billiga och enkla lösningen för insamling av 3D information från punktmolnet i jämförelse med laserskanning som är dyrare (Froehlich et al. 2017). Men artikeln beskriver också nackdelen med en lägre exakthet av visuella detaljer och en högre mängd brus på informationen som dessa produkter förser.

I en studie av Faltýnová et al. (2016) jämfördes olika kameror för att generera molndata. Detta resulterade i att mycket beror på vilken kvalitet på kamera som används. Kamerorna som var av lägre kvalitet resulterade i mycket brus som behöver rensas bort från data molnen för att kunna användas. Men det är också möjligt att kombinera tekniker för att överkomma sina brister gällande datainsamlingen och görs vanligtvis.

3.3.4 Bearbetning av data

Bearbetning av den insamlade datan sker i olika steg där datan från punktmolnet (den bildbaserade och räckviddsbaserade datan) kombineras, för att sedan rensas från brus och oväsentlig data. Rensningen är viktig för att minska den tid som krävs för bearbetning (Tang et al., 2010). På grund av den stora mängden information som krävs är det viktigt att kunna korta ner bearbetningstiden och minska kraven för teknisk prestanda för att vara en kostnadseffektiv lösning inom fastighetskötsel (Liu, 2012).

Objektigenkänning är en teknik som används för att reducera mängden arbete med att koppla den skannade datan med semantisk information (Volk et al., 2014). I försök att automatisera processen med att skanna finns det förhoppningar om att kunna automatiskt konvertera informationen till en BIM. Grova och linjära byggnadskomponenter såsom väggar, tak, dörrar, fönster har en lyckad igenkänningsfaktor på 89 - 93 %. Men eftersom fastighetsbranschen innehåller stor mängd data och funktionaliteter krävs mer forskning innan det är effektivt nog för implementering på större skala.

3.3.5 Modellering

Modellering utgör skapandet av en DT tillsammans med BIM objekten och ska representera den byggda miljön. Vid framtagandet av en modell används den geometriska- och den semantiska data som beskriver objektets relationer till varandra (Volk et al., 2014). Den insamlade data bearbetas manuellt och påverkas beroende på noggrannheten av data. Insamlade data som innehåller stora mängder brus eller avsaknad av information utgör en utmaning för skapandet av en BIM. En möjlig förbättring av denna process är ökad automatisering och kan kallas "Scan-to-BIM" (Tang et al, 2010). Med termen "Scan-to-BIM" försöker utvecklande teknologi att automatiskt koppla framtagna semantiska data med skannade data från t.ex. fotogrammetri eller laserskanning (Volk et al., 2014). För att sedan skapa en digital kopia av den byggda miljön i form av en BIM modell. Men framtagningen och forskningen av denna teknik är fortfarande i utvecklingsstadiet.

Modelleringsprocessen sker idag manuellt mellan användare och dator, vilket anses som en tidskrävande process och där många misstag kan orsakas (Eastman et al., 2011). Den manuella processen för skapandet av en visualisering av BIM sker med mjukvara i form av modelleringsverktyg såsom Autodesk Revit, Tekla och ArchiCAD. Men enligt Volk används inte 3D modellering i större utsträckning för fastighetsbranschen än (Volk et al., 2014). Detta är på grund av utmaningar som; avsaknad av objektbibliotek, ospecificerade mängder av data hos existerande byggnader och ej definierade egenskaper hos en byggverksamhet.

3.3.6 Organisationella problem

Ett problem för organisationer och en anledning till att BIM inte ännu implementerats är på grund av brist i utbildning och kunskap inom branschen. Ytterligare nämns bristen på samarbete mellan aktörer vilket också orsakas av avsaknaden av utbildning.

En viktig del i att lyckas med BIM i fastighetsförvaltning är att motivera aktörer i AEC- och fastighetsindustrin till att förbättra samarbetet med varandra och att utvidga utbildningen för att kunna övervinna problemen med avsaknaden av implementeringen (Shen et al., 2009). Inom fastighetsskötsel används sällan BIM och därför är branschen inte integrerade i utvecklingen av BIM. Viljan inom kultur och samarbete i AEC industrin ser annorlunda ut i jämförelse med fastighetsskötseln och Becerik-Gerber (2012) beskriver, för att öka implementeringen behövs det en förbättrad utbildning, träning och integration av användandet av en BIM.

I en artikel av Edirisinghe formuleras problemet kring tekniken (Edirisinghe et al., 2018). Hon beskriver att det ultimata målet med att utveckla BIM för fastighetsskötsel är att designa tekniken tillsammans med fastighetsskötare som ska använda den. Fastighetsskötare är en viktig del i att förbättra användarvänligheten av den nya tekniken. Genom att samla vilka behov som finns och möta vilka förväntningar som existerar kan detta leda till en ökad användning av BIM-tekniken i branschen. Det rekommenderas av Azhar att detta bör göras i det tidiga skedet av planerings- och designfasen av byggnaden (Azhar, 2011). Detta kan möjliggöra en påverkan i utformningen av konstruktionen genom att formulera behoven för fastighetsskötseln.

4 Intervjuer

I samband med examensarbetet genomfördes fem intervjuer på olika företag inom fastighetsarbete. Resultatet från respondenterna ingår i denna del och är strukturerade med tre huvudrubriker som beskriver hur arbetssättet ser ut idag, vilka digitala processer som existerar och användningen av BIM. Två underrubriker till huvudstycket om BIM förklarar vilka skillnader som existerar för nyproduktion och existerande byggnader samt möjligheter för BIM i förvaltningsarbete. Respondenternas svar kring varje del presenteras som löpande text enligt tidigare nämnd struktur.

4.1 Arbetssätt idag

En respondent som arbetar med affärsutveckling och som levererar fastighetsarbete som tjänst beskriver att arbetet påbörjas med informationshantering i upphandlingsunderlaget. I detta underlag skall den dimensionerande informationen finnas men anses ofta som opålitlig eller otillräcklig. Därför påbörjas ett arbete med att inventera och kontrollera fastigheten för att komplettera den information som var given av beställaren och innefattar ungefär 3 - 6 månaders arbete.

Inom verksamhetsutveckling för kommersiella fastigheter sker arbetet genom fastighets datorer. Dessa datorer skall finnas i varje fastighet och innehåller digital information om den specifika fastigheten. Ytterligare information som tidigare existerade i pärmar på kontor är numera överförda till digitala arkiv som ger bättre tillgänglighet för dagligt arbete.

Arbetssättet för en av respondenterna inom drift och underhåll för fastigheter konstaterar att den nödvändiga och befintliga informationen ofta finns men kompletteras annars med mätningar och andra beräkningar av system. Ur deras perspektiv anses den enklaste metoden vara att ta reda på informationen på plats i fastigheten. Annars framställs nödvändig information från driftpärmar som innehåller information för tekniska system, t.ex ventilation.

En respondent inom affärsutveckling för fastigheter beskriver arbetet kring informationshanteringen att bero på kunden och vilka behov som existerar. Det är kundens kravställning som styr hur stort arbetet kommer att vara och hur de vill använda informationen. Men ett problem är ofta att kunden själv inte vet vad de vill använda informationen till. Ett annat problem som påverkar arbetssättet i förvaltning är att det ofta finns en dissonans mellan projektorganisationen och förvaltningsorganisationen. Dissonansen beror på att det finns många perspektiv, exempelvis säljare och analytiker som har olika fokusområden för problemen. De som ofta driver informationshanteringsfrågor är projektorganisationen. När ett arbete utförs inom ett fokusområde för informationshanteringen tenderar andra områden att bli försummade vilket skapar ett informationsglapp när de lämnar ifrån sig data som faktiskt innehåller värdefull information men inte tillför något värde i de andra skedena av ett projekt.

I intervjuerna syns en tydlig röd tråd som visar på att arbetssättet kring informationshanteringen varierar beroende på om fastigheten är av nyproduktion eller är en äldre befintlig byggnad. Alla respondenterna beskriver en bättre och tydligare tillgång till information om fastigheten i nyproduktion. Informationsunderlaget är väldigt viktigt för att motivera ett korrekt beslutstagande och för genomförandet av arbete i fastigheten. Äldre information såsom driftpärmarna anses ofta som opålitlig och ofta orelevanta. I vissa fastigheter som förändras i hög takt ersätts komponenter konstant. De komponenterna som byts ut är oftast så pass gamla att de har gått ur produktion, och behöver ersättas med en nyare modell vilket gör driftpärmen värdelös. Ytterligare resulterar det konstanta behovet av uppdatering av information i en stor tidsmässig och ekonomisk kostnad.

4.2 Digitaliserat arbetssätt

En tydlig förändring i företagen som har intervjuats är en ökning av digitala arbetssätt. De olika digitaliserade arbetssätten som utförs av respondenterna beror på de olika arbetsområdena.

En respondent hos ett fastighetsföretag arbetar för uppkoppling av befintliga fasta system till en molntjänst vilket skulle möjliggöra bättre kommunikation och sökande av information. Fastighetsdatorerna som används inom företaget har en stor nackdel kring dess användning. Nämligen att informationen i datorn endast finns tillgänglig i fastigheten och kräver fysisk hämtning.

Många av de odigitala befintliga fastigheterna innehåller också mycket värdefulla data från exempelvis installationer, men det existerar för närvarande inte system för att tillhandahålla informationen. Datan är berikad från "duc:ar" (driftundercentral) som fungerar som IoT sensorer. Om en ersättning av fastighetsdatorerna och duc:arna genomfördes beskrivs de ekonomiska konsekvenserna resultera i "att kosta en förmögenhet", därför görs en sammankoppling och med en pålagd mjukvara för att göra en ekonomisk besparing och förenkla arbetet.

Ett annat fastighetsföretag använder sig av ett system som heter IBM Maximo, där informationen ska samlas för ett mer centralt arbetssätt. IBM Maximo är ett systemstöd för service- och underhållsverksamheter. Systemet ger kontroll över alla typer av utrustning, produktion, anläggningar, transport och kommunikation genom att hantera dem alla på en gemensam plattform.

Ett av fastighetsföretagen anser att ett digitalt arbetssätt för dem inte kommer att tillföra något produktivt. Motiveringen är den att fastigheterna som de arbetar med förändras konstant. Deras verksamhet arbetar med att köpa äldre och mindre lukrativa lokaler för att renovera och förbättra för att sedan hyra ut till ett högre värde. För att hålla lokalerna så attraktiva som möjligt sker många förändringar i t.ex. kontorslandskapet för att hitta de bästa lösningarna. Då anses ett digitalt arbetssätt inom fastighetskötsel som en stor kostnad eftersom uppdateringarna som behöver göras tar mycket tid och måste vara lika frekvent som utvecklingen av fastigheten.

4.3 BIM

Respondenterna hade olika erfarenheter av BIM och även delade meningar om vad BIM har för värde i förvaltningen. Åsikterna kring BIM är väldigt spridda från respondenterna. En av respondenterna förklarar att BIM, för dem, inte skulle vara användbart på grund av den energi som måste läggas på uppdatering. Deras fastigheter förändras i högt tempo och ser därför inte någon vinst med BIM. Medan en annan respondent beskriver att BIM är en vital del i att skapa DT:ar av byggnader som kommer vara till stor nytta i framtiden, eftersom ju mer kunskap om fastigheten och dess system desto bättre kan dess värde uppskattas vilket kan leda till en bättre affär och en bättre optimerad drift.

Enligt en respondent kommer det bli en stor skillnad mellan de som använder BIM och de som inte använder det. BIM möjliggör tillhandahållande av data, paketering av tjänster och går att koppla ihop med lås och access-system, med sensordata, affärsdata och lokalisering i byggnaden. Fortsättningsvis finns möjligheter att konsumera AR och VR och att använda ML-modeller (Maskininlärning). Således är det en affärsdefinierande egenskap hos en organisation att äga sin data jämfört med de som inte gör det. "Har organisationen kontroll över sin data kommer de att kunna göra en fruktansvärd mängd mer saker, än de som inte äger sin data. Sitter organisationen bara i en pdf med streck, vad ska de göra med det?". Somliga av respondenterna tror också att värdet i att använda BIM beror på vilken typ av byggnad som det ska användas till och vilket syfte som byggnaden har. Bland annat ses ingen nytta i att implementera BIM i alla befintliga fastigheter, då kan det vara till fördel att istället implementera i samband med renoveringsarbete eller ombyggnad. Ett exempel på en byggnad som nämns där användandet av BIM och är viktigare är Nya Karolinska sjukhuset som har ett enormt krav på tillgängligheten och funktionen av byggnaden.

Problemet med BIM idag anses vara att det inte finns mycket kompetens och att de stora teknologiska kraven på datorernas arbetsförmåga gör det dyrt. Något som också berörs är vikten av hur informationen paketeras i digitala verktyg. Paketeringen av information är viktigt att den görs på rätt sätt för att den ska vara användarvänligt. Digitala verktyg behöver inte vara expertsystem och kan brukare använda en smartphone ska de kunna använda ett bra paketerat verktyg. Till exempel kan en algoritm läggas in i en app kopplad till DT:en där fastighetsförvaltaren med bara ett knapptryck kan ta reda på hur många personer kan vara i ett rum med avseende på dess ventilering. Istället för att ta fram miniräknaren och börja räkna på rördimensioner och tryckfall i ventilationen.

4.3.1 Nybyggnationer och befintliga byggnader

BIM anses vara lättare att implementera för förvaltning i nybyggnation än i befintliga byggnader. Detta eftersom BIM används redan i projekteringen av en byggnad och därför erhåller information under alla processer som sedan direkt finns tillgängligt för förvaltaren. En av respondenterna säger att "det finns nog inget hus som byggs idag som inte är BIMat". BIM-modellerna kan då kopplas till sensorer i byggnaden som samlar realtidsdata samt till avtal och ganska enkelt har en grundläggande DT skapats.

Utmaningen ligger i att applicera BIM i de byggnader, i det befintliga beståndet, som kommer stå kvar i flera tiotals år. Även om det finns vissa delade meningar bland

respondenterna om nyttan med BIM är de alla eniga om att behovet av BIM är vara detsamma i både nybyggnationer och i befintliga byggnader. Ett par av respondenterna diskuterar skanningstekniken som en lösning för att skapa DT:ar för det befintliga beståndet. En tror till och med att det i framtiden kan vara bättre att endast använda skanning i nybyggnationer också. Punktmolnet som bildas vid skanning kan tillsammans med bildigenkänning och annan AI ganska snabbt och enkelt skapa en DT som kopplas till sensorer i byggnaden samt till uthyrningsavtal. Med en infraröd kamera kan dessutom U-värden på till exempel glasfönster tas fram vid scanningen och då börjar DT:arna som kan vara till nytta i framtiden etableras.

Enligt en av respondenterna kan den DT:ens funktioner inte motivera kostnaden att applicera BIM på äldre byggnader. Medan en annan respondent berättar att när skanning anses för dyrt kan "Ful-BIM" göras genom att modellera upp en BIM-modell från 2D-ritning där exakt geometri inte kan uppnås men i stort sett all annan data går att lägga till efter hand.

Informationen från BIM-modellen tillsammans med realtidsdata från sensorerna kommer innebära en betydligt större informationsmängd att hantera. Överflödet av information har enligt respondenter sina nackdelar, till exempel att mycket information måste sorteras bort för att göra BIM-modellen användarvänlig. I befintliga byggnader behövs inte heller all information. Vad som behövs beror på vad företaget är ute efter. Enligt en av respondenterna ska informationen vara relevant för hur företaget driver affärer för att vara relevant i en DT. Detta gäller framför allt i befintliga byggnader. Att välja saker som är kopplade till betydelsefulla nyckeltal, hur företaget säljer, hur företaget drivs och optimering av affärer är alltså viktigast. Det kanske finns ett värde i att veta vilket material en dörr består av men är det inte av betydelse för företagets affärer finns det ingen mening i att lagra den informationen i en DT.

4.3.2 Möjligheter med BIM i fastighetsförvaltning

Under intervjuerna nämndes flertalet möjligheter med BIM i fastighetsförvaltning. Som nämnt tidigare möjliggör BIM tillhandahållande av data, paketering av tjänster och användning av AR, VR och ML-modeller och kan kopplas till lås och access-system, sensordata, affärsdata och lokalisering i byggnaden.

4.3.2.1 Applicering för traditionella fastighetsdata

DT:ar kan vara till hjälp vid behandling av traditionell fastighetsdata som till exempel övervakning och besparing av energi. En av respondenterna berättar att de i arbetet att digitalisera har valt att fokusera på detta just nu för att det är en "lättplöckad frukt". Ett annat exempel som nämns är sensorer för fuktmätning i väggarna som larmar långt innan det blir en stor fuktskada där det går att se sensorns position i DT:en och göra en analys i datorn istället för att riva sönder väggar för att göra analyser. Ett till exempel är en app som innehåller BIM-modellen där nödvändig information, till exempel specifikationer för en fläkt, kan hämtas genom att koppla komponenter till BIM-objects.

4.3.2.2 Ytterligare möjligheter

Men enligt en av respondenterna ligger dock inte utmaningen och potentialen för BIM i hanteringen av traditionella fastighetsdata. Respondenten berättar att om 200 kronor per kvadratmeter spenderas på energi till byggnaderna och 2000 kronor per kvadratmeter går till hyran, då kostar personalen som jobbar där 20 000 kronor per kvadratmeter. “Kostnaden för personalen i en byggnad är således 100 gånger högre än energin men det som fokuseras på i digitaliseringen är ändå att effektivisera energiprocesser.”

Respondenten utvecklar: “Det blir mer spännande när vi får människor att trivas i byggnaderna och kanske till och med gör ett bättre jobb. Kan vi få personalen att jobba 1% bättre och att de känner att de presterat 1% bättre på grund av att byggnaden har bättre luftkvalitet eller känns trevligare, ljusare eller att vi sitter med rätt personer, 1% motsvarar då lika stor förtjänst som hela energibehovet. Det är inte heller lätt att spara energi nuförtiden men tittar vi istället på hur byggnader används finns potential. Generellt i Stockholm sägs det att inget kontor är vid något tillfälle mer än 50% fullt. Går användandet upp till 60% skulle vi kunna lägga ner i stort sett alla nybyggnadsprojekt av kontor i Stockholm. Hur kan vi då hjälpas åt att nyttja våra byggnader mer effektivt? Där ligger den stora utmaningen. Helt plötsligt måste vi fasa ut de långa trevliga hyresavtalen då vi hyr ut på 10 år och istället kanske hyra ut mer per timme”.

Ett exempel som tas upp på vad BIM kan åstadkomma inom detta är att använda DT:en för att möjliggöra visualisering av människors rörelse och användning av resurser i byggnaden. Med hjälp av heatmaps kan en förståelse av hur det går att nyttja och förbättra byggnaden på ett ännu bättre sätt byggas upp genom att analysera människors rörelsemönster. Värmebilder kan kopplas till DT:en för att se hur studenterna rör sig på campus och då kan åtgärder utföras för att förbättra trygghetskänslan på kvällen.

Andra exempel som nämns är olika tjänster. På exempelvis skolor som t.ex. Chalmers Tekniska Högskola kan sensorer monteras och avläsa vilka grupperum på skolan som är lediga och sedan visa det i en app, där studenterna besparas då från att gå runt och leta. Detta kan även utnyttjas till att hjälpa av att lokalisera lediga parkeringsplatser. Ett påminnelse-system är också möjligt, då får till exempel en student upp en avisering om att “det är föreläsning om 10 minuter det tar ca 8 minuter att gå dit, börja gå senast om 2 minuter”. Respondenten beskriver att med sådana tjänster blir digitalisering mycket roligare då utvecklingen går från att endast effektivisera underhållsprocesserna till att faktiskt effektivisera utnyttjandet av byggnaden.

Andra respondenter är inne på samma spår, det vill säga att använda BIM för att förbättra och optimera användandet av byggnader med tjänster. En av respondenterna ser BIM som en möjlighet att virtuellt kunna navigera i en modell istället för att behöva gå ut till platsen som en “Google street view”-tjänst. En annan fortsätter och vill i till exempel butiker kunna erbjuda slutkunden en virtuell rundvandring i butiken innan hen går och handlar. Att ha kunskap om byggnadens data på objektnivå leder enligt en av respondenterna till att andra möjligheter, och frågor dyker upp. “Till exempel, är armaturer och ljus ett måste för fastighetsvärden att äga? Eller kan ljus köpas som en tjänst?”.

Meta-tjänster och coworking-tjänster som är baserade på informationen från DT:en diskuteras också. Att hålla upp telefonen för att komma in i ett rum, wifi och tv-skärmar funkar, att komma in ett rum men inte ett annat och så vidare. “Det blir ett helt ekosystem byggt kring de här tjänsterna som bygger på den digitala situationen av fastigheten och dess system vilket vi inte gör med en pdf.” Vidare beskrivs att många av de tjänster som kan installeras har egna systemlösningar för att optimera en byggnad och, “Det är inget fel med det men utväxlingen och möjligheterna blir mycket större när de kopplas tillsammans med de andra systemen och för att göra det behövs datamodellen”.

4.3.3 Integritet

Integritet nämns som ett problem för datainsamlingen till en DT. Det är viktigt att hela tiden vara försiktig för att inte överskrida GDPR-bestämmelser. Att samla data från ett system är i sig inte skadligt men när du sammanför data kan det skapas kopplingar som kan producera en helt annan information. Plötsligt går det att se hur ett rum används och få mer information om de personer som befinner sig där. Därför är det viktigt att hantera detta som känslig information. Att bara sätta upp kameror för datainsamling är känsligt eftersom då måste datan relaterat till personer identifieras redan från första datainsamlingen.

5 Diskussion

I diskussionsdelen reflekteras och kritiseras den samlade informationen från litteraturstudien och intervjuerna för att få en objektiv syn på innehållet tillsammans med examensarbetets metod.

5.1 Metoddiskussion

Metoderna som användes i examensarbetet var litteraturstudie och intervjuer. Litteraturstudiens syfte var att få en omfattande förståelse för vilka utmaningar förvaltningsbranschen som existerar samt förklara vad BIM är och se hur det kan appliceras för att lösa de rådande problemen. Litteraturstudien har hjälpt författarna att få en djupare förståelse kring förvaltningsarbetet och ett bredare synsätt på hur BIM kan definieras och användas. Utmaningar som har uppstått i litteraturstudien är att kunna hitta verkliga situationer där BIM har applicerats i förvaltningssyfte. De flesta studierna var mest teoretiska med olika fallstudier och väldigt få verkliga exempel på applicering i byggnader kunde påträffas. Litteraturen som användes var också generellt några år gammal och bör därför begrundas. Eftersom tekniken utvecklas med hög hastighet kan relevansen av litteraturens innehåll kanske anses ha nått sitt bäst före datum, särskilt när det gäller möjligheterna med BIM.

Intervjuernas syfte var att få en inblick i arbetssättet kring hanteringen och framtagningen av byggnadsinformation hos fastighetsföretag för dagligt arbete. Samt att se hur BIM används i förvaltningsarbete. Många av företagen som intervjuades var konsultfirmor vilket gav stor förståelse för helheten av organisationen inom arbetet med fastigheter. Samtalen som fördes med företagen var mycket intressanta och framåtsträvande eftersom respondenterna till mestadels hade en utvecklande roll på respektive företag. Utmaningar som uppstod i intervjuerna var att många hade olika synsätt på vad BIM var och vilket som var rätt fokus för dess implementering i fastighetsförvaltning. En ytterligare kommentar kring intervjuerna är bristen på variation av yrkesroller hos respondenterna. Bättre förståelse kring förvaltningsarbetet hade framgått om tekniska förvaltare deltagit i intervjuerna då ett annat perspektiv på frågorna som ställdes hade kunnat bli tydligt.

I efterhand var författarnas frågor på intervjuerna mest riktade åt tekniska förvaltare vilket ibland uppfattades som svåra att svara på. Med eftertanke skulle frågorna formats för fastighetskonsulter vilket hade kunnat ge ett intressantare resultat från intervjuerna och på grund av tidsbristen hade fler respondenter kunnat delta i intervjuerna för examensarbetet vilket hade gett en större påverkan på resultatet.

5.2 Jämförelse av litteratur och intervjuer

Svaren i intervjuerna bekräftar att vissa problem som beskrivs i litteraturen förekommer. Till exempel pappersbaserad och opålitlig information. Något som författarna dock lägger märke till är att respondenterna har ett mer digitaliserat arbetssätt än vad som beskrivs i litteraturen då data finns i databaser och vissa till och med börjar använda BIM vilket tyder på en klar utveckling i branschen. En skillnad som märks är att litteraturen behandlar BIM mer som ett verktyg för det traditionella förvaltningsarbetet såsom underhåll och energibesparing medan respondenterna, även om det traditionella nämns, ser att BIM har större potential som verktyg för att analysera hur en byggnad kan användas på ett mer optimerat sätt.

Både litteraturen och intervjuerna visar på att BIM anses vara lättare att applicera i nybyggnation. Även om intervjuerna ger en bild av att appliceringen i befintliga byggnader med laserskanning och fotogrammetri har blivit snabbare och enklare med tiden anses det fortfarande vara dyrt. Därför görs i vissa fall en så kallad "Ful-BIM" från pdf-ritningar.

6 Slutsatser

I arbetet gjordes en jämförelse mellan nyproduktion av byggnader och befintliga äldre byggnader för att se likheter och olikheter i informationshanteringen samt hur det påverkar implementeringen av BIM.

6.1 Stora möjligheter för BIM i förvaltning

Det finns dokumenterade fördelar för fastighetsförvaltning genom att använda sig av BIM. Litteraturen som har behandlats i examensarbetet beskriver möjligheten för BIM av olika områden såsom: övervakningen av energiförbrukning, visualisering och lagring av utrymmesinformation, underhållsplanering, navigationssystem för lokalisering av byggnadskomponenter och åtkomst till digitalt centraliserad byggnadsinformation.

Möjligheten att använda BIM för förvaltningsarbete finns och eftersom byggnader som produceras idag i största utsträckning använder BIM modellering visar studier på att det endast krävs få justeringar för att lyckas med appliceringen i fastighetsbranschen. För existerande byggnader som saknar en BIM modell finns det teknik såsom laserskanning och fotogrammetri som kan möjliggöra skapandet av en digital representation av byggnaden i realtid. Med hjälp av denna teknik kan en digital representation av byggnaden skapas som kallas en DT. Om DT:en är kopplad till en informationsdatabas samt sensorer kommer detta hjälpa till att hitta och diagnostisera byggnaden och dess komponenter baserat på nödvändig information. I DT:en ska endast den nödvändiga informationen som är relevant för fastighetens affär och drift existera. Anledningen är att reducera mängden teknikkrävande data och mängden brus som förvaltare och andra aktörer annars skulle behöva söka igenom. På detta sättet kan många av de formulerade problemen inom förvaltningsarbetet att möjligtvis lösas.

6.2 Vikten av formulering och beräkning av värde för fastigheter

Vad en fastighet kommer att tjäna på genom att introducera BIM för förvaltning är en fråga som varje fastighetsägare bör ställa sig själv. Att kunna beräkna och formulera värdet av BIM i existerande byggnader kommer att vara en avgörande roll för dess implementering i fastighetsförvaltning vilket kommer att leda till möjligheten att skapa tydlig motivation för företag till att investera i digitaliseringen av förvaltningsarbetet. Ytterligare något som behövs för digitaliseringen är ett gemensamt synsätt på vad BIM är. För att kunna förbättra kommunikationen mellan företag och skapa större förståelse kring ett mer digitalt arbetssätt och vad det innebär.

6.3 Etik

Resultatet från exjobbet kan ses som en nytta för samhället inom ett antal aspekter. Det förespråkar en effektivisering av ett helt yrke, både i energieffektivitet och arbetssätt. Samt att genom en DT kunna öka utnyttjandet av de byggnader vi har.

Vad gäller integritet är det viktigt att nämna GDPR. All den samlade information om till exempel människors rörelse i byggnader kan ses som ett hot mot deras integritet. Det viktiga är att kunna isolera den samlade datan för ett specifikt syfte så att data inte kan kopplas till personer.

7 Referenser

Aranda-Mena, G., Crawford, J., Chevez, A., Froese, T. (2009). Building information modelling demystified: does it make business sense to adopt BIM?. *International Journal of Managing Projects in Business*, 2 (3). 419-434. doi: 10.1108/17538370910971063

Arayici, Y., Onyenobi, T., & Egbu, C. (2012). Building Information Modelling (BIM) for Facilities Management (FM): The Mediacity Case Study Approach. *International Journal of 3-D Information Modeling (IJ3DIM)*, 1(1), 55-73. doi:10.4018/ij3dim.2012010104

Azhar, S. (2011), Building information modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11 (3). 241-252. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)

Barlish, K., Sullivan, K. (2012). How to measure the benefits of BIM: A case study approach. *Automation in Construction*, 24. 149-159. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.008>

Becerik-Gerber. B, Jazizadeh. F, Li. N och Calis. G, (2012) Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138. (3). 431–442. Doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000433.

Cotts, D.G., Roper, K., Payant, R. (2010). *The facility management handbook*. New York: American Management Association.

Donath, D. Petzold, F. Braunes, J. Fehlhaber, D. Tauscher, H. Junge, R. Göttig, R. (2010) *IT-gestützte projekt- und zeitbezogene Erfassung und Entscheidungsunterstützung in der frühen Phase der Planung im Bestand (Initiierungsphase) auf Grundlage eines IFC-basierten CMS*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.

East, B. (2013). *bSa The COBie Guide*. Hämtad från: https://www.nibs.org/page/bsa_cobieguide#cobieguide

East, W. (2012). *bSa Construction Operations Building Information Exchange (COBIE): Means and Methods*. Hämtad från: <https://www.wbdg.org/resources/construction-operations-building-information-exchange-cobie>

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Hoboken: John Wiley & Sons.

Edirisinghe, R. London, K. A. Kalutara, P och Aranda-Mena, G. (2017). Building information modelling for facility management: are we there yet?. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 24 (6). 1119-1154. doi: <https://doi.org/10.1108/ECAM-06-2016-0139>

Faltýnová, M & Matoušková, E & Šedina, Jaroslav & Pavelka, Karel. (2016). Building facade documentation using laser scanning and photogrammetry and data implementation into BIM. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLI-B3. 215-220. doi: 10.5194/isprsarchives-XLI-B3-215-2016

Froehlich, M., Azhar, S., & Vanture, M. (2017). An Investigation of Google Tango® Tablet for Low Cost 3D Scanning. *Proceedings of the 34th ISARC*. 2017. Taipei. 864-871. doi: [10.22260/ISARC2017/0121](https://doi.org/10.22260/ISARC2017/0121)

Gul, M.S., Patidar, S. (2015), Understanding the energy consumption and occupancy of a multi-purpose academic building. *Energy and Buildings*, 87. 155-165. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.11.027>.

Hajian, H., Becerik-Gerber, B. (2010). Scan to BIM: factors affecting operational and computational errors and productivity loss. *Proceedings of the 27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)*, 2010, Bratislava, 265-272. doi: <https://doi.org/10.22260/ISARC2010/0028>

Hardin, B. McCool, D. (2011). *BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows*. Indianapolis: John Wiley & Sons.

Hossain, I., Yeoh, J. (2018). BIM for Existing Buildings: Potential Opportunities and Barriers. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Nha Trang. doi: 10.1088/1757-899X/371/1/012051.

ISO Standard, ISO 29481-1:2010(E). Building Information Modeling - Information Delivery Manual - Part 1: Methodology and Format. Geneva: ISO. Hämtad från: <https://www.sis.se/api/document/preview/912249/>

Karlshøj, J. (2011). *Information Delivery Manuals*. Hämtad från: <http://iug.buildingsmart.org/idms/>

Kassem, M., Kelly, G., Dawood, N., Serginson, M., Lockley, S. (2015) BIM in facilities management applications: A case study of a large university complex. *Built Environment Project and Asset Management*, 5 (3). 261-277. doi: 10.1108/BEPAM-02-2014-0011

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T. och Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, 6 (4). 239-242. doi: [10.1007/s11576-014-0424-4](https://doi.org/10.1007/s11576-014-0424-4).

Liu, X., Eyboosh, M., Akinci, Develo B., (2012), Developing As-built Building Information Model using construction process history captured by a laser scanner and

a camera. *Proceedings of Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World*. 2012. West Lafayette. doi: [10.1061/9780784412329.124](https://doi.org/10.1061/9780784412329.124)

Motawa, I., Carter, K. (2013) Sustainable BIM based Evaluation of Buildings. *Journal of Automation in Construction*, 74, 419-428. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.03.015>.

National Institute of Building Science (NIBS). (2012). National BIM Standard United States Version 2. Washington: NIBS. Hämtad från: <https://www.nationalbimstandard.org>

Poirier, E.A., Sheryl, S. och Forgues, D. (2015), *Assessing the performance of the building information modelling (BIM) implementation process within a small specialty contracting enterprise Canadian Journal of Civil Engineering*, 42. (10). 766-778. Doi: <https://doi.org/10.1139/cjce-2014-0484>

SAP, (2018), *Leonardo Innovation Services Showroom*. Hämtad från: <https://discover.sap.com/innovation-showroom-demo/en-us/digital-twin.html>

Schevers, H., Mitchell, J., Akhurst, P., Marchant, D., Bull, S, McDonald, K., Drogemuller, R. and Linning, C., (2007). Towards digital facility modelling for Sydney opera house using IFC and semantic web technology, *Journal of Information Technology in Construction*, 12, 347-362, Hämtad från: <http://www.itcon.org/2007/24>

Shen, W. Hao, Q. Mak, H. Neelamkavil, J. Xie, H. Dickinson, J. Thomas, R. Pardasani, A. Xue, H. (2009). Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management: a review. *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 24. (2).196–207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2009.09.001>

Singh, V., Gu, N., Wang, X. (2011). A theoretical framework of a BIM-based multidisciplinary collaboration platform. *Automation in Construction*, 20 (2). 134–144. doi: [10.1016/j.autcon.2010.09.011](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.011)

Steiner, J. (2005). The art of space management: Planning flexible work-spaces for people. *Journal of Facilities Management*, 4 (1), 6-22. doi: [10.1108/14725960610644195](https://doi.org/10.1108/14725960610644195)

Stojanovic, V., Trapp, M., Richter, R., Hagedorn, B., Döllner, J. (2018). Towards The Generation of Digital Twins for Facility Management Based on 3D Point Clouds. *ARCOM: 34th Annual Conference*. 2018. Belfast. Hämtad från: https://www.researchgate.net/publication/325737190_Towards_The_Generation_of_Digital_Twins_for_Facility_Management_Based_on_3D_Point_Clouds

Tang, P. Huber, D. Akinci, B. Lipman, R. Lytle, A. (2010). Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: a review of related techniques. *Automation in Construction*, 19 (7). 829–843. doi: [10.1016/j.autcon.2010.06.007](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.06.007)

Teicholz, E. (2004). Bridging the AEC technology gap, IFMA Facility Management Journal, Hämtad från: <https://docplayer.net/64590079-Bridging-the-aec-fm-technology-gap-eric-teicholz-ifma-fellow.html>

Teicholz, P. (2013). *BIM for Facility Managers*. Chichester: John Wiley and Sons.

Venugopal, M., Eastman, C., Sacks, R., Teizer, J.(2012). Semantics of model views for information exchanges using the industry foundation class schema. *Advanced Engineering Informatics*, 26 (2). 411–428. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2012.01.005>

Volk, R. Stengel, J. Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings: Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38. Pages 109-127. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>

Wijekoon, C., Manewa, A., David-Ross, A. (2018). Enhancing the value of facilities information management (FIM) through BIM integration. *Engineering, Construction and Architectural Management*. doi: <https://doi-org.proxy.lib.chalmers.se/10.1108/ECAM-02-2016-0041>

William East, E., Nisbet, N., Liebch, T. (2012). Facility management handover model view. *Journal of computing in civil engineering*, 27 (1). 61-67. doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000196

ZynkaBIM. (2019). *The Zynka Model*. Hämtad från: <https://bim.zynka.se/how/4#model>