



CHALMERS

BIM OCH LASERSKANNING I BYGGBRANSCHEN

Tillsammans med den bristande juridiken

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Samhällsbyggnadsteknik

DIAR MEZURI
MANFRED OPPONG

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR & SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

EXAMENSARBETE ACEX20

BIM och laserskanning i byggbranschen

Tillsammans med den bristande juridiken

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

DIAR MEZURI

MANFRED OPPONG

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Construction Management

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2020

BIM och laserskanning i byggbranschen
Tillsammans med den bristande juridiken
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik
DIAR MEZURI
MANFRED OPPONG

© DIAR MEZURI, MANFRED OPPONG, 2020

Examensarbete ACEx20
Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Chalmers tekniska högskola 2020

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Construction Management
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Göteborg 2020

BIM och laserskanning i byggbranschen

Tillsammans med den bristande juridiken

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

DIAR MEZURI

MANFRED OPPONG

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Construction Management

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Digitala verktyg som BIM och laserskanning används mer och mer inom byggindustrin och har i syfte att effektivisera arbetsmomenten. Detta genom att exempelvis hjälpa till vid framtagningen av en byggnadsmodell som skall ge en bättre bild över entreprenaden innan den kommer ut i produktion. Därför blir det aktuellt att undersöka hur väl dessa verktyg fungerar i verkliga byggprojekt. Rapportens fokusområden blir således hur BIM och laserskanning används i byggbranschen inom entreprenadjuridikens ramar och vilka utmaningar som existerar. I litteraturstudien behandlas BIM, laserskanning och entreprenadjuridik. För att förstå begreppet BIM så presenteras tidigare genombrott tillsammans med de olika definitioner som finns. Vidare sätts BIM i ett sammanhang för att belysa hur användningen ser ut i byggnadsprocessens olika faser. I byggbranschen är laserskanning en ny metod. Därför är det relevant att beskriva hur tekniken i en laserskanner fungerar samt förklara dess användningsområden. Utöver de digitala verktygen studeras entreprenadjuridikens uppbyggnad och om det eventuellt finns några juridiska begränsningar med att använda BIM. Arbetet grundar sig på fem verkliga byggprojekt i syfte att verifiera hur väl de digitala verktygen kan tillämpas i praktiken. Sammantaget påvisar dessa projekt att både BIM och laserskanning kan användas till olika ändamål. Exempelvis blir arbetet med att beräkna mängden material med hjälp av BIM mer exakt, vilket resulterar i pålitligare kostnadsberäkningar i projekteringsfasen. Laserskanning bidrar bland annat till en ökad kvalitetssäkring genom att registrera oönskade böjningar på en stålstomme som i sin tur förhindrar eventuella förseningar till följd av reparationer. Rapportens frågeställningar besvaras i slutsatsen och visar till exempel att de digitala verktygen kan användas för att kunna skapa en 3D-modell, producera ett konkurrenskraftigt anbud samt ge förvaltaren en handling av det som faktiskt har byggts. Utmaningarna som löper parallellt med att tillämpa BIM och laserskanning utgörs bland annat av bristerna i juridiken samt kostnaderna för nödvändig utbildning. Slutligen är det villkorsbilagor som möjliggör samverkan mellan de tre aspekterna; BIM, laserskanning och entreprenadjuridik.

Nyckelord: BIM, Laserskanning, Entreprenadjuridik, Byggprojekt, Digitala verktyg, Kontraktshandling

BIM and laser scanning in the construction industry

Along with the lack of law

*Degree Project in the Engineering Programme
Civil and Environmental Engineering*

DIAR MEZURI

MANFRED OPPONG

Department of Architecture and Civil Engineering
Division of Construction Management
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Digital tools such as BIM and laser scanning are being used more and more in the construction industry and aim to streamline the work activities. This for example by helping to create a building model that will improve the view of the contract before it comes into production. Hence, it becomes relevant to investigate how well these tools work in real construction projects. The focus areas of the report will thus be how BIM and laser scanning are used in the construction industry within the frame of construction contract law and the challenges that exist. The literature study deals with BIM, laser scanning and construction contract law. To understand the concept of BIM, earlier breakthroughs are presented together with the various definitions that exist. Further on, BIM is put in a context to shed light on how it can be used in the different phases of the building process. In the construction industry, laser scanning is a new method. Therefore, it is relevant to describe how the technology in a laser scanner works and to explain its areas of use. In addition to the digital tools, the structure of the construction contract law is studied and if there are any legal restrictions concerning the use of BIM. The work is based on five real construction projects in order to verify how well the digital tools can be applied in practice. Taken together, these projects demonstrate that both BIM and laser scanning can be used for different purposes. For instance, the work of calculating the amount of material with the use of BIM becomes more accurate, which results in more reliable cost calculations in the design phase. Laser scanning, among other things, contributes to increased quality assurance by detecting unwanted deflections on a steel frame which in turn prevents eventual delays as a result of repairs. The questions of the report are answered in the conclusion and shows for example that the digital tools can be used to create a 3D model, produce a competitive offer and give the administrator an act of what really has been built. The challenges that run parallel with the use of BIM and laser scanning consists of, among other things, the lack of law and the cost of necessary education. Finally, it is by attaching the Attachment Governing the Terms and Conditions that enable the cooperation between the three aspects; BIM, laser scanning and construction contract law.

Key words: BIM, Laser scanning, Construction contract law, Construction projects, Digital tools, Contractual act

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	VI
BETECKNINGAR	VII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Frågeställningar	1
1.4 Avgränsningar	1
1.5 Metod	1
2 BIM UR ETT HISTORISKT PERSPEKTIV	3
2.1 Olika definitioner av BIM	3
2.2 BIM i byggproduktionsskedet	4
2.3 BIM i förvaltningsskedet	4
2.4 Fördelar med BIM	4
2.5 Utmaningar med BIM	6
3 LASERSKANNING	7
3.1 Användningsområden	7
3.2 Tekniken	7
3.3 Varianter	8
3.4 Tillvägagångssätt	9
3.5 Den erhållna datan	10
3.6 Från punktmoln till 3D-modell i Revit	11
3.7 Kopplingar till BIM	12
3.7.1 <i>A framework for dimensional and surface quality assessment of precast concrete elements using BIM and laser scanning</i>	13
3.7.2 <i>The value of integrating Scan-to-BIM and Scan-vs-BIM techniques for construction monitoring using laser scanning and BIM: The case of cylindrical MEP components</i>	13
3.7.3 <i>Automated recognition of 3D CAD model objects in laser scans and calculation of as-built dimensions for dimensional compliance control in construction</i>	13
3.7.4 <i>Indoor 3D reconstruction from point clouds for optimal routing in complex buildings to support disaster management</i>	14
	III

3.8	As-designed och as-built utan laserskanning	14
4	ENTREPRENADJURIDIK	15
4.1	AB 04 – Allmänna Bestämmelser för bygg-, anläggnings- och installationsentreprenader	15
4.2	Rangordningsregeln	15
4.3	ABT 06 – Allmänna Bestämmelser för totalentreprenader avseende bygg-, anläggnings- och installationsarbeten	16
4.4	ÄTA-arbeten	16
4.5	Gränsdragning	17
4.6	BIM Alliance	17
4.6.1	Villkorsbilagor	17
4.6.2	Problematik kring avtal och upphandling	18
5	RESULTAT	19
5.1	Röforsbron i Arboga	19
5.1.1	Pilotprojekt	19
5.1.2	Inskanning av den ursprungliga bron	19
5.1.3	Händelser och utmaningar	20
5.2	Nya Slussen i Stockholm	22
5.2.1	Positiva effekter av BIM	22
5.2.2	Virtual Design Construction	22
5.2.3	Utmaningar med digitalisering i Nya Slussen	23
5.3	E4 Förbifart Stockholm	24
5.3.1	Upphandling	24
5.3.2	Hela Förbifart Stockholm i BIM	24
5.3.3	BIM som kontraktshandling	24
5.3.4	Fördelar med BIM i Förbifart Stockholm	25
5.3.5	Utmaningar med BIM i projektet	26
5.4	Skanska Survey i Norge	27
5.4.1	Laserskanningens utförande	28
5.4.2	Från skanning till modell	29
5.5	Hyundai Motor Goyang	30
5.5.1	Laserskanning vid mätning	31
5.5.2	Utvecklingsområden	32
6	DISKUSSION	33
6.1	Juridikens inverkan på BIM	33
6.1.1	Nyttor med att tillämpa BIM i byggprojekt	33
6.1.2	Utmaningar till följd av digitalisering	34
6.2	Den juridiska aspekten vid laserskanning	34
6.2.1	Brukandet av laserskannrar	35
6.2.2	Effektivitet och lönsamhet	35

6.3	Kombination av BIM, laserskanning och juridik	35
6.4	Metoddiskussion	36
7	SLUTSATS	37
7.1	Hur kan BIM och laserskanning användas i byggbranschen och hur kan en samverkan med entreprenadjuridiken se ut?	37
7.2	Vilka eventuella hinder finns det vid tillämpningen av dessa verktyg?	37
7.3	Kan BIM användas som kontraktshandling?	38
8	REFERENSER	39

Förord

Detta examensarbete är utfört vid Chalmers tekniska högskola och är den avslutande delen i högskoleingenjörsprogrammet Samhällsbyggnadsteknik. Omfattningen av rapporten är på 15 högskolepoäng och genomfördes under vårterminen 2020.

Vi vill rikta vår stora tacksamhet till vår kära handledare på Chalmers, Mikael Johansson för de resurser samt vägledning som vi fått under utförandet av denna rapport.

Göteborg, juni 2020

Diar Mezuri & Manfred Oppong

Beteckningar

2D – Tvådimensionell.

3D – Tredimensionell.

4D – Fyrdimensionell. Tidplan integrerad i befintlig 3D-modell.

5D – Femdimensionell. Kostnads kalkyl integrerad i befintlig i 3D-modell.

AB 04 – Allmänna Bestämmelser för bygg-, anläggnings- och installationsentreprenader. 04 indikerar på året utgåvan publicerades, 2004. Standardavtal som används vid utförandeentreprenad.

ABK 09 – Allmänna Bestämmelser för konsultuppdrag. 09 indikerar på året utgåvan publicerades, 2009. Standardavtal som används vid projekteringsuppdrag.

ABT 06 – Allmänna Bestämmelser för totalentreprenader avseende bygg-, anläggnings- och installationsarbeten. 06 indikerar på året utgåvan publicerades, 2006. Standardavtal som används vid totalentreprenad.

AMA – Allmän Material- och Arbetsbeskrivning. Innefattar koder, rubriker samt texter på hur arbetet skall utföras.

Algoritm – Instruktioner om vad som ska göras för att lösa ett problem eller utföra en uppgift.

As-built – Term som syftar till en konstruktions faktiska uppbyggnad efter den byggs färdigt.

As-designed – Term som syftar till en konstruktions planerade uppbyggnad innan den byggs.

BIM – Building Information Model, Building Information Modeling
Ett sätt att lagra och förmedla information genom digitala 3D-modeller.

CAD – Computed Aided Design.

Data – Obearbetad information som erhållits genom laserskanning.

Entreprenadform – Består av totalentreprenad och utförandeentreprenad.

Flygburen laserskanning – Laserskanning som sker genom flygburen laserskanner.

Globalt koordinatsystem – Utgår från jordens koordinatsystem, latitud och longitud.

IFC – Industry Foundation Classes. Neutralt filformat som möjliggör utbyte av datamodeller mellan olika programvaror.

Juridisk bindande – En rättslig överenskommelse mellan två parter.

Laser – Enfärgade ljusvågor som har en riktning, är i fas och har en stark intensitet.

Lokalt koordinatsystem – Ett koordinatsystem som skapas för en specifik plats med hjälp av en tillfällig skapad referenspunkt.

Mobila laserskanner – Skannrar som är kapabla att flyttas eller röra på sig under en pågående skanning.

Programvara – Datorprogram som är utformade till att utföra särskilda uppgifter.

Punktmoln – Rådata som består av punkter skapade från en laserskanner.

Scan-to-BIM – Processen från att laserskanna och erhålla data till att användas i BIM.

Scan-vs-BIM – Process som jämför den laserskannade datan med en BIM-modell.

Sinusvåg – En naturlig svängningsrörelse med konstant frekvens och amplitud.

Stationära laserskanner – Laserskannrar som är fixt vid en position under pågående skanning.

Terrester laserskanning – Laserskanning som sker genom markburen laserskanner.

Totalstation – Ett mätinstrument som använder sig av elektrooptik

Uppställningsplats – Den specifika platsen som en laserskanner står på när den skannar.

ÄTA-arbeten – Ändringsarbeten, Tilläggsarbeten och Avgående arbeten.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Nyttjandet av digitala hjälpmedel så som BIM och laserskanning blir allt mer aktuellt och används i större utsträckning i projekt inom byggbranschen. Användningen av BIM kan användas till många olika ändamål som exempelvis att det underlättar hantering av dokumentation och även ger en tydligare blick över konstruktionens uppbyggnad (Autodesk, 2018).

Tekniken för laserskanning har sedan länge varit känt inom många branscher. Ett exempel är vid kartering av stora landområden (WSP, u.å.). På den senaste tiden har även metoden intresserat byggbranschen då en fördel är möjligheten att kunna skanna en konstruktion i syfte att säkerhetsställa kvalitén.

Författarna ser även att de rådande entreprenadformerna utmanar användningen av digitala verktyg. Till exempel så finns det i dagsläget inga standardavtal för digitala leveranser som är juridiskt bindande vilket i sin tur problematiserar implementeringen av BIM (BIM Alliance, 2016).

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka hur väl de digitala verktygen laserskanning och BIM kan tillämpas i byggbranschen och hur väl de samverkar med entreprenadjuridiken.

1.3 Frågeställningar

Utifrån rapportens syfte har följande frågeställningar beaktats:

- Hur kan BIM och laserskanning användas i byggbranschen och hur kan en samverkan med entreprenadjuridiken se ut?
- Vilka eventuella hinder finns det vid tillämpningen av dessa verktyg?
- Kan BIM användas som kontraktshandling?

1.4 Avgränsningar

Rapporten kommer att behandla verkliga byggprojekt där ändamålet är att undersöka hur det fungerar rent praktiskt med att tillämpa BIM och laserskanning. Andra fokusområden som behandlas i rapporten är vilka utmaningar som finns med att använda dessa digitala hjälpmedel samt dess fördelar.

1.5 Metod

En litteraturstudie har genomförts inom områdena BIM samt laserskanning. Dessutom har området entreprenadjuridik behandlats i syfte att ge läsaren en tydligare bakgrundsbild av dess påverkan. Information kring dessa områden har hämtats från tidigare rapporter examensarbeten, hemsidor, böcker, avhandlingar och vetenskapliga

tidskriftsartiklar. I kombination med den erhållna informationen har även skribenternas tidigare förvärvade kunskaper använts. Detta har sin grund i undervisningen samt diskussioner med behöriga personer. För att få ett bättre grepp om undersökningsområdena så har även verkliga byggprojekt med koppling till både BIM och laserskanning analyserats.

2 BIM ur ett historiskt perspektiv

Building Information Model (BIM) har sina rötter i professorns Chuck Eastmans artikel *Building Description System* som publicerades år 1975 i AIA journalen (American Institute of Architects). Men redan på 60-talet fanns det en vision om hur den framtida arkitekten skulle arbeta vilket åskådliggjordes i ett stycke ur en forskningsrapport (1962) skriven av Douglas C. Englebart:

“The architect next begins to enter a series of specifications and data—a six-inch slab floor, twelve-inch concrete walls eight feet high within the excavation, and so on. When he has finished, the revised scene appears on the screen. A structure is taking shape. He examines it, adjusts it... These lists grow into an evermore-detailed, interlinked structure, which represents the maturing thought behind the actual design.”

Men det var inte förrän 1986 som det första CAD-programmet RUCAPS (Really Universal Computer-Aided- Production System) användes i ett verkligt projekt. Syftet var att det skulle assistera i arbetet med att renovera terminal tre på flygplatsen Heathrow i London (Eastman, Teicholz, Sacks & Liston, 2008). Termen ”Building Information Model” presenterades ursprungligen år 1992 i artikeln ”Modelling multiple views on buildings” av Van Nederveen och Tolman.

På senare tid har BIM övergått från att framstå som endast en representativ modell för en byggnad till att numera omfatta alla aspekter av byggnaden så som dess design, konstruktion och drift. Därmed kan det nu även betraktas som en aktivitet, alltså ”Building Information Modeling”, snarare än en endast en modell (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011). Byggbranschen digitaliseras i allt större utsträckning och BIM används nu i alla faser såsom planerings-, projekterings- och produktionsskedet.

2.1 Olika definitioner av BIM

Då många aktörer på marknaden tolkar och definierar BIM på olika sätt så kan det förekomma en viss tvetydighet om begreppets betydelse. Autodesk definierar BIM enligt följande: *“Building Information Modeling (BIM) is a process that begins with the creation of an intelligent 3D model and enables document management, coordination and simulation during the entire lifecycle of a project (plan, design, build, operation and maintenance).”* (Autodesk, 2020). Här beskrivs BIM som en process istället för en modell vilket är i linje med hur Eastman m.fl. (2011).

BIM kan också definieras enligt Granroth (2011) som *”BIM-modell är en virtuell modell av verkligheten. I modellen samlas och finns all information över byggnadens livscykel. Informationen kan bestå av den fysiska och logiska sammansättningen av objekten och byggnaden. Exempelvis byggdelar med informationsunderlag för olika analyser.”*. BIM klassas utifrån denna definition som en modell med tillhörande information.

För att ytterligare klargöra hur tolkningen av BIM varierar väljer författarna att också belysa Jongelings definition: *”BIM är all information som genereras och förvaltas under en byggnads livscykel strukturerad och representerad med hjälp av (3D) objekt där objekt kan vara byggdelar, men även mer abstrakta objekt såsom utrymmen”*. I denna definition har BIM beskrivits som en informationskälla vilket bevisar den

spridda uppfattningen i byggbranschen (Jongeling, 2008).

2.2 BIM i byggproduktionsskedet

Produktionsfasen är beroende av den information som skapats i det tidigare projekteringsskedet. Då många parter så som entreprenörer, underentreprenörer, byggleddare och besiktningsmän är involverade i produktionsprocessen är det viktigt att de samarbetar mot samma mål. Målet är att projektet ska överlämnas till förvaltaren med rätt kvalitet, inom överenskommen tid samt budget (Jongeling, 2008).

Underlaget för själva produktionen har traditionellt varit 2D-ritningar som byggarbetarna utgått ifrån när de arbetar. Ett förekommande problem med dessa ritningar är att de enkelt kan feltolkas vilket i sin tur leder till produktionsstopp, fel i utförandet och därmed bristande kvalitet. Detta resulterar i tvister mellan beställare och entreprenörer som i de flesta fall slår hårt på den drabbade parten i form av exempelvis extra kostnader. Vidare måste utrustning, maskiner, leveranser av material och arbetslag planeras vilket kräver att berörda discipliner kommunicerar med varandra på ett arbetseffektivt sätt. Kalkyler för mängden material sammanställs och arbetsresurser samordnas vilket baseras på de 2D-ritningar som tidigare framställts av de inblandande aktörerna (Jongeling, 2008).

Syftet med BIM är att det ska minimera antalet feltolkningar av bygghandlingen vilket kommer leda till att kollisioner på arbetsplatsen reduceras, exempelvis en pelare som kolliderat med ett ventilationsrör. Dessutom resulterar det i att en mer exakt beräkning av mängden material kan utföras. Därmed höjs kvalitén och ökar chansen till att de planerade målen uppnås (Jongeling, 2008). BIM innehåller inte bara en informationsbaserad 3D-modell utan innefattar dessutom både 4D som används för att få en uppskattning av hur lång tid det planerade projektet förväntas att ta samt 5D som ger den totala kostnaden av den lagrade informationen i modellen (Jensen, 2012).

2.3 BIM i förvaltningsskedet

När det kommer till användning av BIM i förvaltningen finns det många goda nyttor då modellen innehåller all relevant information om förvaltningsobjektet samt dess struktur. För att de som är ansvariga över själva förvaltningen ska kunna driva och förvalta entreprenaden så måste areahantering finnas till hands, vilket är något som finns tillgängligt i BIM-modellen. Där är all data samordnad gällande de olika ytornas utformning och hur de är lokaliserade i förhållande till varandra. I samband med möjligheten att gå in visuellt i modellen underlättar det för framtida ärenden som exempelvis renovering. Då all information om entreprenaden finns kopplad till modellen blir den ett funktionellt underlag för eventuella moderniseringar. Därigenom finns även möjligheten att utföra olika kalkyler samt analyser av byggnaden. (Lindström, Jongeling, & Nilsson, 2012).

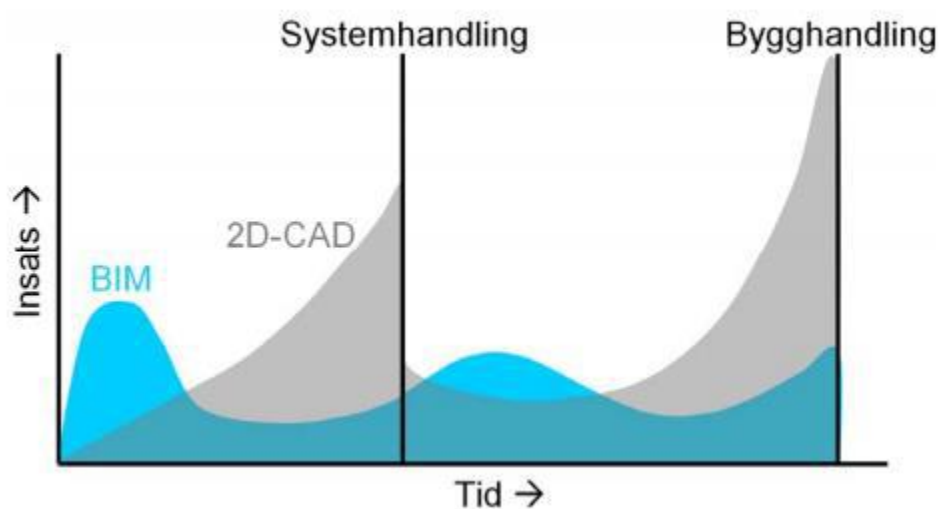
2.4 Fördelar med BIM

Tillämpningen av BIM är till stor nytta för alla aktörer som exempelvis innefattar installatörer, projektörer, byggare, fastighetsägare, samt myndigheter. Då projektörerna får möjligheten att bygga ett virtuellt hus så effektiviseras dels produktionen med

reducerade felaktigheter eftersom byggnaden nu är mer förståelig jämfört med tidigare underlag som baserats på 2D-ritningar (Brohn, 2010).

Tack vare BIM kan de involverade disciplinerna få en bättre bild av byggnaden samt dess omgivning vilket också resulterar i att entreprenörer kan få ännu fler analyser så som mängdning av material för tidiga kalkyler till ett lägre pris. Då kommunikation är en ytterst nödvändighet för att få till ett så bra byggprojekt som möjligt gäller det att alla berörda parter samarbetar. Detta är något som BIM bidrar till då alla aktörer i projektets början är tvungna till att tillsammans engagera sig för att konstruera en bra modell som sedan används från projektets början ända fram till att det blir tillgängligt för förvaltningsunderlag (Brohn, 2010).

Det är en stor skillnad på den totala arbetsinsatsen vid användning av BIM vid projektering i förhållande till 2D-CAD vilket illustreras i den kommande figuren.



Figur 1: Visar hur kurvorna för arbetet med BIM respektive 2D-CAD utformar sig över tid med hänsyn till dess arbetsbelastning (Jongeling, 2008).

Vidare har Jongeling (2008) i sin forskningsrapport lyft fram sekvenser från intervjuer med olika aktörer som han gjort vilket påvisar vilken nytta BIM faktiskt har. Följande presenteras några relevanta citat från beställare, entreprenör samt förvaltare.

Beställare: *"Det har gått snabbare för oss att få in hyresgäster eftersom man ser bättre hur resultatet blir"*

Entreprenör: *"Tiden på arbetsplatsen som läggs på hantering av konflikter på grund av fel i underlaget och missförstånd minskar med faktorn 10"*

Förvaltare: *"Man måste få en bra visualisering annars har man aldrig en chans att kvalitetssäkra och även administrera informationsmängden"*

Baserat på dessa uttalanden framgår effekten av att använda det utvecklade 3D-verktyget jämfört med den tidigare arbetsmetoden 2D-CAD. Exempelvis minimeras tidsförlusterna i byggprocessen samt att kvalitén på utförandet av entreprenaden ökar. Byggbranschen kommer att ha stor nytta med att använda sig av BIM i de olika

byggskedena men står även framför en rad utmaningar och måste därför fortsätta att utvecklas med tiden.

2.5 Utmaningar med BIM

Fördelarna med BIM är många sett till teorin men i praktiken finns det barriärer som saktar ner implementeringen. Med utveckling kommer också förändring som bland annat har en inverkan på projektörernas tidigare arbetssätt samt deras förhållningssätt till berörda aktörer. Då vissa delar som projekteringsskedet i byggprocessen effektiviseras så leder det till att projekten kan slutföras inom kortare tider. Detta kräver då i sin tur att olika discipliner så som arkitekter, beställare samt entreprenörer måste medverka i ett ännu tidigare skede vilket påverkar de tidigare arbetsrutinerna (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

Dock kan ett hinder vara att de olika aktörerna använder olika 3D-program som därmed försvårar överföringen av modellerna då de inte innehåller samma filformat. Genom att disciplinerna istället använder sig av standardiserade IFC-filformat så möjliggörs överflyttningen mellan de olika 3D-programmen (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

En annan utmaning är att den nya BIM teknologin kräver att företagen investerar i att lära upp sina medarbetare för att det ska kunna erhålla den kompetens som krävs i den nya arbetsmetodiken. Dessa investeringar kräver i sin tur ekonomiska uppoffringar vilket alla aktörer exempelvis inte har råd med att göra eller heller inte prioriteras då de anser att det inte lönar sig. Däremot måste även personalen vara villiga till att förändra de tidigare arbetsvanorna vilket också är en aspekt som måste beaktas, då inställningen till själva arbetet är oerhört viktig för att det ska bli ett bra resultat. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

3 Laserskanning

Laserskanning är en teknik som nyttjas för att få en tredimensionell översikt över ett objekt eller ett område. Tekniken har funnits sedan början på andra halvan av 1900-talet. Sedan dess har datortekniken utvecklats vilket medfört att behandling av all den data som insamlats kunnat bearbetas och gjort det möjligt att erhålla kvalitativa resultat (Modena, 2019). Terrester laserskanning är den typ av skanningsmetod som byggbranschen använder sig av för att samla in punktmoln från skannrarna och sedan visualisera molnet via en skärm för att därefter tolkas. Det finns även flygburna laserskanningar som är mer lämpliga för skanning av exempelvis större landområden (WSP, u.å.). I denna rapport kommer författarna att fördjupa sig inom byggbranschen, vilket innebär att laserskanning av hus och anläggning kommer att tas upp.

3.1 Användningsområden

Användningen av laserskanning tillämpas för att skanna av en plats eller ett objekt för att närmare kunna analysera den bild som erhållits. Inom byggbranschen används metoden för att bland annat upprätta handlingar som kan jämföras med ursprungliga handlingar (as-built och as-designed), ge förvaltaren eller ägaren underlag för drift och underhållsarbeten samt etablera en 3D-ritning från en befintlig byggnad som ännu inte har en. Laserskanning kan även tillämpas om behovet för rivnings- och restaureringsarbeten skulle uppstå, samt om- och tillbyggnadsarbeten (Reshetyuk, 2009).

Som tidigare nämnt kan laserskanning vara viktigt för förvaltningsstadiet då förvaltaren är ansvarig för allt underhåll som konstruktionen behöver. Under produktionen av byggnaden bygger entreprenören efter en ritning, en så kallad as-designed. Ändrade förutsättningar under produktion kan leda till avvikelser från den ursprungliga handlingen och slutprodukten kan frångå as-designed ritningen. Den faktiska slutprodukten kallas istället för as-built, och som namnet antyder på beskriver den husets verkliga design och utformning. Laserskanningen upprättar därefter en handling av det som faktiskt har byggts. På så vis blir förvaltaren mer varse om sitt hus när denne ska utföra underhåll (Trimble, 2013).

3.2 Tekniken

För att kunna införskaffa sig data i form av en 3D-modell från ett existerande utrymme, exempelvis ett rum i en byggnad, krävs det att tekniken är på plats för att kunna utföra den processen. Laserskanning eller Light Detection and Ranging (LiDAR) är en teknik som använder sig av laserstrålar till hjälp (Wang, Guo & Kim, 2019). Utrustningen emitterar en laserstråle mot ett objekt, till exempel en vägg, som sedan reflekteras tillbaka och därigenom kan ett avstånd tas fram beroende på hur lång tid det tar för laserstrålen att färdas. Med hjälp av en spegel som roterar och reflekterar laserstrålen åt olika håll kan ett punktmoln erhållas. Punktmolnet är en samling av alla punkter i rummet som laserstrålen har träffat och registrerat i ett 3D-perspektiv (Xiong, Adan, Akinci & Huber, 2013). Totalstationer är en typ av utrustning som används i byggbranschen för att bland annat mäta avstånd från en plats till en annan, men fördelen med laserskannrar är att de är mer precisa samt att mättiden är kortare. Den kan skapa upp till 1 000 000 punkter per sekund, beroende på vad för typ av teknik som nyttjas och vad för typ av modell det är på hårdvaran (Sanhudo m.fl., 2020).



Figur 2: Leica HDS7000 är en laserskanner med kapabiliteten att registrera 1 000 000 punkter per sekund (Confluence, u.å.).

3.3 Varianter

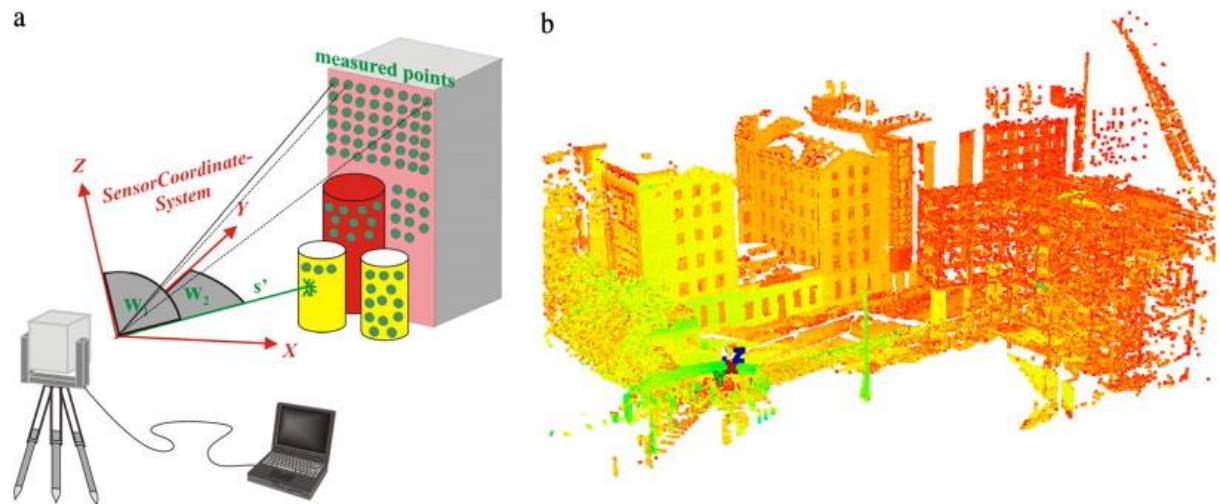
Det finns olika varianter på laserskannrar och hur de fungerar för att åstadkomma samma ändamål, nämligen att producera en 3D-vy över utrymmet eller objektet. Några exempel är fasförskjutning, time-of-flight, optisk triangulering, fotogrammetri, videogrammetri med mera (Dinins, Sanhudo, Martins & Ramos, 2020). Några exempel som är mer vanlig än de andra presenteras nedan.

Fasförskjutning är en metod som använder sig av lasertekniken, där strålen som emitteras istället är modifierad som en harmonisk rörelse, likt en sinusvåg. Den reflekterande vågen jämförs sedan med den emitterande vågen, där fasförskjutningen mellan vågorna mäts för att bestämma distansen till ett objekt (Boehler & Marbs, 2002). Tekniken är mer sofistikerad än pulstekniken och har därför en högre noggrannhet vad gäller felmarginaler, men på bekostnad av en minskad räckvidd. Figur 2 ovan är av denna typen.

Time-of-flight eller **pulsteknik** är den varianten som i huvudsak har beskrivits under rubriken Tekniken. Här mäts snarare tiden för den utsända laserstrålen från dess att den skickats iväg till att den reflekteras tillbaka. Med den kända hastigheten på ljuset och den registrerade tiden kan alltså sträckan räknas ut (Boehler & Marbs, 2002). Tillämpningen av denna metod är enklare än den med fasjämförelse. Däremot har oftast pulstekniken en längre räckvidd vid mätningar. Beroende på vad det är för typ av laserskanner och vilken tillverkare, kan den initiala kostnaden variera allt mellan 500 000 SEK till 1 000 000 SEK, alltså för utrustningen och eventuell tillhörande programvara från respektive tillverkare (Bosché, 2010).

Fotogrammetri och **videogrammetri** är inte en variant av laserskanning utan snarare en typ av laserskanner. Metoden för hur fotogrammetrin och videogrammetri fungerar är densamma, förutom att den ena använder sig av stillbilder, fotogrammetrin, och den andra tillämpar videoinspelning, videogrammetrin. Principen går ut på att filma eller

fota ett objekt från olika positioner och sedan överlappa bilderna med varandra med åtminstone 80%. Meningen är att konnektionspunkter, alltså gemensamma punkter från bilderna, kopplas ihop med hjälp av datorprogram för att skapa ett punktmoln (Ojamäe, 2017).



Figur 3: a) Visar hur en skanningsprocess kan gå till med stationär skanner. De gröna punkterna visar vart skannern har registrerat. b) Dessa punkter ingår i ett punktmoln som sedan skapar en 3D-perspektiv över objektet (Tang, Huber, Akinci, Lipman & Lytle, 2010).

3.4 Tillvägagångssätt

Vanligtvis sker laserskanning med hjälp av stationära laserskannrar. Även mobila laserskannrar nyttjas allt mer och mer just för att det är lättare och smidigare (Xiong, Adan, Akinci & Huber, 2013). Å ena sidan är laserskanning bättre rent teknologiskt jämfört med exempelvis en totalstation, då de har en högre noggrannhet, kortare skanningstid samt möjligheten till att automatisera skanningsprocessen. Å andra sidan innebär det att med en mer sofistikerad teknologi tillkommer också en komplexitet med brukandet och hur operatörerna använder utrustningen (Dinis, Sanhudo, Martins & Ramos, 2020). Den erforderliga utrustningen är dyr, det krävs oftast specialutbildade operatörer för att maximera lönsamheten. Dessutom måste skannrarna flyttas runt för att få en fri sikt till objektet, detta för att undvika hinder (Sanhudo m.fl., 2020).

Inledningsvis ställs den stationära laserskannern upp på dess uppställningsplats för att sedan skanna av den delen av objektet som skannern kan fånga upp. Det är därför laserskanning kräver att skannern flyttas till olika uppställningsplatser och därmed kan fånga alla ytor som behövs av objektet, även för att få en klar sikt till objektet. Varje punktmoln från respektive skanningsplats är kopplat till ett lokalt koordinatsystem i laserskannern. Efter att skanningen från alla uppställningsplatser är klar blir resultatet flera punktmoln som nu ska sammanfogas till ett punktmoln med hjälp av det globala koordinatsystemet. Denna process kallas för registreringsprocessen (Tang, Huber, Akinci, Lipman & Lytle, 2010). Detta för att punktmolnen ska hamna på rätt plats så att det slutgiltiga punktmolnet är en korrekt 3D-representation av objektet. En digitalkamera är oftast kopplad till en laserskanner som tar bilder av objektet som

laserskannern har registrerat, för att sedan sammanfoga bilderna med punktmolnet. Med en klarare och färgrik bild blir det en assistans vid modelleringen efteråt (Tang, Huber, Akinci, Lipman & Lytle, 2010).

Ytterligare ett steg mot effektiviseringen av skanningsprocessen är att placera mobila laserskannrar på byggarbetarnas hjälmar. Här ligger fokuset på att använda billigare utrustning och att insamla data på ett snabbare sätt med hjälp av så kallade 3D range cameras. Varje enskild kamera skannar av objekten som sedan fogas samman till ett punktmoln. Tekniken bygger på time-of-flight principen och är simplare än stationära laserskannrar. Fördelen är att distansen mellan kamera och objektet inte är långt tack vare dess placering på arbetarnas hjälmar som ständigt är nära konstruktionen, då kameran är anpassad för korta distanser (Pucko, Suman & Rebolj, 2018).

3.5 Den erhållna datan

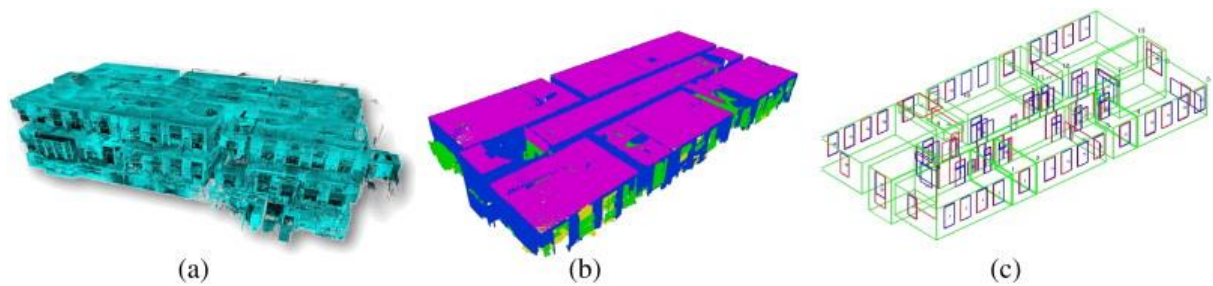
Meningen med att skanna ett utrymme eller ett objekt är bland annat för att kunna visualisera det inskannade för granskning. För att få en visuell bild behövs samarbete med BIM. Processen med att överföra data från en laserskanning till BIM kallas lämpligt nog scan-to-BIM. Det finns olika programvaror som är kapabla till att bearbeta punktmoln från en laserskanning till en färdig BIM-modell (Wang, Guo & Kim, 2019).

Några exempel på vilka programvaror som nämns är följande:

- Autodesk Revit
- Bentley
- Graphisoft ArchiCAD (Wang, Guo & Kim, 2019).

Omvandlingen från ett punktmoln behöver utföras av en person som har kompetens inom BIM. Detta är ett moment som innebär risker. Den manuella processen medför att risken för fel och misstag ökar. Dessutom är det mer kostsamt och tidskrävande än om omvandlingen sker på ett automatiskt sätt (Wang, Guo & Kim, 2019).

I en rapport förklarar författarna Xiong m.fl. (2013) metoden för hur en automatisk process går till. Principen går ut på att mata in data i en programvara i form av punktmoln. Punktmolnen är framtagna i olika 3D-vyer från olika uppställningsplatser i ett rum. Sedan identifieras och modelleras samtliga golv, tak, väggar samt rektangulära öppningar, så som fönster- och dörröppningar automatiskt utan mänsklig medverkan. Författarna påpekar att även om det inte resulterar i en fullständig BIM-modell har modellen de huvudsakliga ingredienserna, exempelvis geometrin. I en annan rapport lyfter skribenten fram precisionen och tiden för ett system som automatiskt jämför en 3D-modell med punktmoln från laserskanningar. Jämförelsen för ett punktmoln bestående av 650 000 punkter med en 3D-modell tog fem minuter. Modellen i sin tur bestod av 612 objekt där 80 procent av objekten igenkändes, vilket enligt rapporten är ett hyfsat bra resultat (Bosché, 2010).

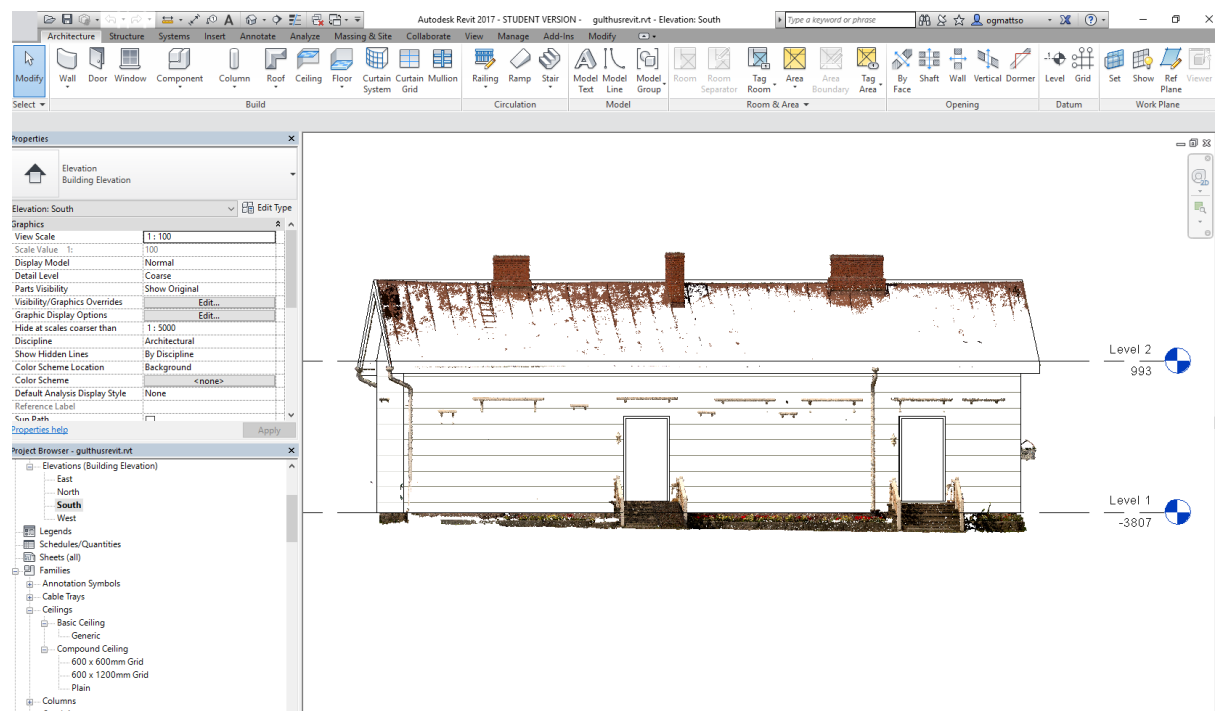


Figur 4: a) Ett registrerat punktmoln av en anläggning. Denna delas in i två faser. b) Här modelleras de olika byggnadsdelarna som väggar, golv och tak i respektive färger. c) Sedan identifieras fönster- samt dörröppningarna i väggarna (Xiong, Adan, Akinci & Huber, 2013).

3.6 Från punktmoln till 3D-modell i Revit

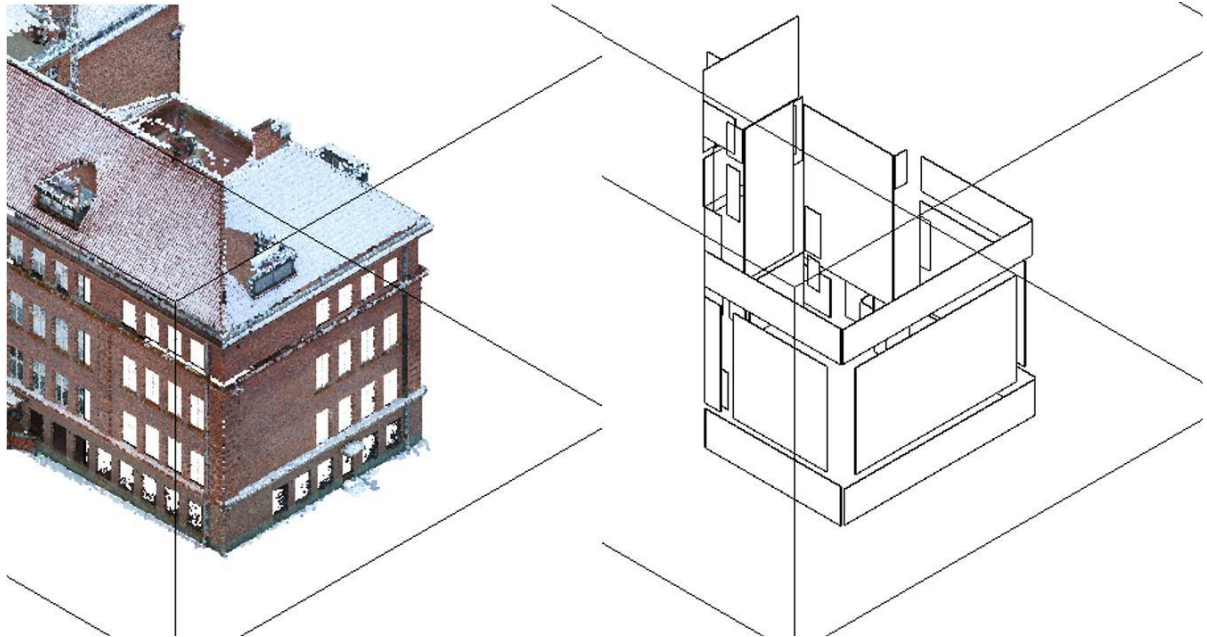
Olika programvaror arbetar med punktmolnen på olika sätt. Autodesk Revit exempelvis, är en av de programvaror som är kapabel till att konstruera byggnader från ett punktmoln med hjälp av manuell inverkan. Här finns möjligheten för programmet att utföra konstruktionen delvis automatiskt, men kräver främst manuellt arbete från en person som är van vid att arbeta med BIM.

Principen går ut på att modellera efter ett skapat punktmoln som återfinns i bakgrunden i programfönstret, samtidigt som dataoperatören för in byggnadsdelar som skall konstrueras enligt punktmolnet. Processen kan likna att kalkera en ritning. Det går alltså inte att redigera själva punktmolnet i Revit på grund av att den sparas som en separat fil och inte som en Revitfil. Dock finns möjligheten att beskära molnet och få ut olika vyer över byggnaden (Mattsson, 2017).



Figur 5: En vy av punktmolnet som visas i Revit med inställda höjder på byggnadens våningar (Mattson, 2017).

Det finns två tillägsprogram till Revit som bland annat hjälper till att utföra moment automatiskt, Pointcab4Revit och Scan to BIM. Programmen underlättar arbetet med att etablera en modell utifrån ett punktmoln. Detta genom dess funktion att igenkänna plana ytor som väggar och golv från punktmolnet, och sedan skapa dessa element automatiskt i Revit. Dataoperatören måste manuellt markera tre punkter på väggen i punktmolnet för att instruera programmet om vad som skall skapas. Därefter kan programmet skapa byggnadsdelarna automatiskt.



Figur 6: Vänster bild: Punktmoln över byggnaden. Höger bild: Programmet igenkänner de olika byggnadsdelarna och omvandlar dem till 3D-objekt i Revit (Mattson, 2017).

Olika programvaror arbetar med punktmolnen på olika sätt. Autodesk Revit exempelvis, är en av de programvaror som är kapabel till att konstruera byggnader från ett punktmoln med hjälp av manuell inverkan. Här finns möjligheten för programmet att utföra konstruktionen delvis automatiskt, men kräver främst manuellt arbete från en person som är van vid att arbeta med BIM.

3.7 Kopplingar till BIM

Det finns tidigare rapporter som undersöker laserskanning av byggnader, komponenter och utrymmen som med hjälp av laserskanningen granskar, utvecklar eller tar fram nya handlingar. Syftet varierar från att industrialisera byggbranschen till att effektivisera skedet under produktion och förvaltning samt minska kostnader. Data som samlats in behöver sedan bearbetas genom BIM för att kunna skapa en 3D-modell och därigenom analysera den. Innebörden med att dessa rapporter finns med i arbetet är för att belysa hur laserskanning kan nyttjas och driva digitaliseringen framåt. Nedan följer några exempel från tidigare rapporter.

3.7.1 A framework for dimensional and surface quality assessment of precast concrete elements using BIM and laser scanning

I detta arbete tar skribenterna upp utmaningarna med att upprätthålla kvalitén och de rätta dimensionerna på prefabricerade betongelement. Dessa kriterier granskas med hjälp av laserskanning och analyseras genom BIM. Till skillnad från platsgjuten betong är prefabricerade betongelement mycket tidseffektiv tack vare att prefabricerade element anländer färdigt till byggarbetsplatsen. Vid eventuella dimensionsfel eller skador på elementen innebär det extra kostnader och en tidsförlust med att ersätta eller reparera betongen. För att fortsätta upprätthålla tidsvinsten och hålla nere kostnaderna menar skribenterna att det är avgörande för betongelementen att de har dem rätta dimensionerna och är defektfria. Noggrannheten är god, med en felmarginal mellan två till sex millimeter över ett avstånd på 50 meter samt ger en hög densitet, upp till 960 000 punkter per sekund. Studien är experimentell och resultatet visar på att processen tar fem minuter och en manuell kontroll tar 20 minuter. Därför påstår skribenterna att laserskanning i kombination med BIM är en lösning (Kim, Cheng, Sohn & Chang, 2015).

3.7.2 The value of integrating Scan-to-BIM and Scan-vs-BIM techniques for construction monitoring using laser scanning and BIM: The case of cylindrical MEP components

Här påpekar skribenterna det växande behovet för en automatisk process som jämför den laserskannade 3D-modellen, det vill säga as-built, med den handling som ursprungligen tagits fram, as-designed. Arbetet fokuserar på att identifiera cylindriska MEP-komponenter (Mechanical Electrical Plumbing), exempelvis rör och kanaler, som avviker från det som har projekterats fram, till exempel om de korsar varandra på samma plan. Detta sker genom laserskanning och den genererade punktmolnen jämförs med as-designed som i sin tur visualiseras med hjälp av BIM. Dessutom poängterar rapporten att den automatiska processen behövs på grund av att mänskliga misstag kan ske under produktion eller genom miss vid projekteringen. Lika så är noggrannheten här bra, med felmarginal på omkring tre millimeter över en distans på 25 meter och en densitet på upp till 120 000 punkter per sekund. Metoden genomfördes på en riktig byggarbetsplats som ett experiment men behöver testas i mer komplexa scenarios innan användningen blir mer vid (Bosché, Ahmed, Turkan, Haas & Haas, 2015).

3.7.3 Automated recognition of 3D CAD model objects in laser scans and calculation of as-built dimensions for dimensional compliance control in construction

Denna rapport markerar vikten av att på ett effektivt sätt granska och kontrollera byggnaden under produktionsfasen. Texten nämner också att prestationen på en byggarbetsplats sammanfaller med hur tillgänglig och noggrann informationen är i en 3D-modell. Skribenten betonar därmed att det behövs en automatiserad igenkänning mellan 3D-modellen och data från laserskanningar som annars utförs manuellt, vilket är mer tids- och resurskrävande som i sin tur är mer kostsamt. Exempelvis tas Iterative Closest Point (ICP) upp som en metod, vilket är en algoritm. Algoritmen går ut på att minska avståndet mellan två punktmoln och föra samman dem. Detta utförs för att notera eventuella skillnader mellan punktmolnen. Här tillhandahåller laserskanningen i princip lika god noggrannhet som de två tidigare, alltså med en avvikelse på 12

millimeter över en distans på 100 meter. Avståndet mellan punkterna i punktmolnet blir tre millimeter när skanningen sker från 50 meters håll. Metoden är användes vid byggnation av en stålstomme som indikerade på ett nytt sätt att utvärdera en byggnation (Bosché, 2010).

3.7.4 *Indoor 3D reconstruction from point clouds for optimal routing in complex buildings to support disaster management*

I den här rapporten tar skribenterna upp fall där stora utrymmen såsom sjukhus och köpcenter har utdaterade utrymningsplaner i form av 2D-ritningar, främst på grund av ombyggnationer och renoveringar. Ett förslag som presenteras i rapporten är att återskapa en 3D-modell genom att laserskanna samtliga utrymmen i ett sjukhus och köpcenter med hjälp av en så kallad Mobile laser scanning (MLS), som innebär att laserskannrarna är mobila under pågående skanning. Den mobila laserskanningen skapar punktmoln som är ostrukturerad data. Resultatet visar att 95% av rummen återskapades korrekt. 95% av alla väggar, golv och tak lyckades tas med skanningen och 91% av dessa skannades korrekt. Även 90% av alla dörrar detekterades. Tidsåtgången varierade allt mellan 3 och 10 minuter, beroende på omfattningen. Därför introducerar rapporten dessutom ett fullständigt arbetssätt över hur en 3D-modell tas fram från punktmolnen samt skapar detaljerade vyer över byggnaden. Anledningen till detta är för att underlätta för en utrymning vid en potentiell krishantering. Arbetet genomfördes med hjälp av data från en multibyggna och är i en tidig fas i sin utveckling (Nikoohemat, Diakité, Zlatanova & Vosselman, 2020).

3.8 As-designed och as-built utan laserskanning

As-designed är begreppet på den handling som arbetas fram av projektörer och används som bygghandling under produktion. Väl under produktion kan justeringar av konstruktionens uppbyggnad uppkomma som avviker från as-designed, alltså bygghandlingen. För att förvaltaren eller ägaren ska få en korrekt handling över den faktiskt byggda konstruktionen krävs en as-built, det vill säga en relationshandling (Bosché, Ahmed, Turkan, Haas & Haas, 2015). I denna rapport har laserskanning presenterats som ett alternativ till att upprätta en as-built, relationshandling. Men i vanliga fall skapas en relationshandling oftast i samband med en areamätning av entreprenaden. Berörda arbetare mäter exempelvis avståndet mellan två väggar för att sedan jämföra avståndet med det som finns i bygghandlingen, as-designed (Areakorrekt, u.å.). Överensstämmer inte avstånden med varandra vidarebefordras avvikelser till projektören som i sin tur får revidera i bygghandlingen. Samtliga revideringar i bygghandlingen resulterar i en relationshandling som direkt representerar den verkliga konstruktionen. Förvaltaren erhåller sedan en relationshandling av det som faktiskt har byggts.

4 Entreprenadjuridik

Under avsnittet entreprenadjuridik kommer de vanligaste standardavtalen som tillämpas inom byggbranschen att behandlas. I detta avsnitt presenteras AB 04 och ABT 06.

4.1 AB 04 – Allmänna Bestämmelser för bygg-, anläggnings- och installationsentreprenader

Det finns i huvudsak två entreprenadformer som används i Sverige: utförandeentreprenad och totalentreprenad (Deli, 2017). Dessa bestämmelser har framställts av aktörer inom byggbranschen så som byggherrar och entreprenörer. Aktörerna är medlemmar i en förening som heter Bygghandets Kontraktskommitté, BKK. Utförandeentreprenaden är den som kallas för AB 04 och 04 avslöjar det årtal som denna utgåva publicerades (Bygghandets kontraktskommitté, u.å.).

I och med en utförandeentreprenad är det beställaren av entreprenaden som ansvarar för projekteringen medan den upphandlade entreprenören endast har ansvaret att utföra arbetet på ett sådant sätt som beställaren har bestämt.

4.2 Rangordningsregeln

I AB 04 kap 1 § 3 finns en lista över olika kontraktshandlingar som består av uppgifter rörande entreprenaden. Listan består av 13 olika typer av handlingar och är hierarkiskt ordnad för att den ska vara till hjälp för att prioritera den högst rankade uppgift som återfinns i handlingarna (Deli, 2017). Alltså, skulle det visa sig att i en och samma handling eller i flera handlingar finns motsäggande uppgifter är det den högst rankade uppgiften som gäller.

Förslagsvis, om det framgår på Ritningar att fasaden ska vara blå samtidigt som det står under Beskrivningar att den ska målas rött, gäller uppgifterna under Beskrivningar. Anses uppgifterna istället vara lika prioriterade kan det bli svårt att avgöra vilken som är gällande. Därför kan entreprenören enligt den så kallade lägstakostnadsregeln räkna ut vilken av uppgifterna som medför lägst kostnad för entreprenören själv och kan därmed välja det billigaste alternativet. Listan nedan visar i vilken ordning handlingarna hanteras (Deli, 2017).

AB 04 Kap 1 § 3

1. kontrakt
2. ändringar i AB 04 som är upptagna i sammanställning i administrativa föreskrifter
3. AB 04
4. beställning
5. anbud
6. särskilda mät- och ersättningsregler
7. à-prislista eller prissatt mängdförteckning

8. kompletterande föreskrifter för entreprenaden lämnade före anbudets angivande

9. administrativa föreskrifter

10. ej prissatt mängdförteckning

11. beskrivningar

12. ritningar

13. övriga handlingar

4.3 ABT 06 – Allmänna Bestämmelser för totalentreprenader avseende bygg-, anläggnings- och installationsarbeten

ABT 06 är den entreprenadformen som tillämpas vid en totalentreprenad, vilket innebär att den kontrakterade entreprenören även står för genomförandet av projekteringen och att utföra själva arbetet på entreprenaden. Entreprenören har dessutom ett funktionsansvar till följd av entreprenadformen. Det betyder att entreprenören har i ansvar att se till att det som ska utföras fungerar på ett tillfredande sätt samt att funktionens ändamål uppfylls. Det är den här skillnaden som är den mest grundläggande mellan utförandeentreprenad och totalentreprenad (Deli, 2017).

I ABT 06 finns det också en lista likt den i AB 04 över de olika handlingar som talar om vilken uppgift som gäller. Listan är anpassad för totalentreprenader och har således ett annat utseende i jämförelse med AB 04. Det finns sju typer av handlingar i ABT 06:s lista istället för de 13 handlingar som finns i AB 04. Listan nedan visar i vilken ordning handlingarna hanteras (Deli, 2017).

ABT 06 Kap 1 § 3

1. kontrakt

2. ändringar i ABT 06 som är upptagna i sammanställning i administrativa föreskrifter

3. ABT 06

4. beställning

5. anbudshandlingar

6. förfrågningsunderlag

7. övriga handlingar

4.4 ÄTA-arbeten

Begreppet ÄTA-arbete innebär ändringsarbeten, tilläggsarbeten och avgående arbeten i en redan upphandlad entreprenad. Med ändringsarbeten syftas ändringar av det ursprungliga planerade upplägget rörande entreprenörens ansvar för entreprenaden. Exempelvis kan det handla om förändrade tillvägagångssätt för hur olika arbeten ska utföras eller ändring av valet på materialtyp (Deli, 2017).

Tilläggsarbeten är arbete som utöver det överenskomna arbete vilket entreprenören ansvarar för, adderas till entreprenörens omfattning. Det betyder att entreprenören behöver åta sig att genomföra fler arbetsmoment än avtalat och som inte avviker betydande mycket från kontraktssarbetena.

Till sist finns avgående arbeten som helt enkelt går ut på att beställaren gör en avbeställning på ett arbete som en entreprenör har till sin skyldighet att slutföra. Det medför att det avgående arbetet längre inte ligger hos entreprenörens åtaganden (Deli, 2017).

4.5 Gränsdragning

Beställning av ÄTA-arbeten anses vara knepig då gränsdragningen mellan vad som är ÄTA-arbeten och vad som inte är ÄTA-arbeten är suddig. Å ena sidan finns *”detaljarbeten som enligt kap. 1 § 1 andra stycket, utan att vara särskilt angivna i kontraktshandlingarna uppenbarligen är avsedda att utföras utan tillägg till kontraktssumman.”*. Alltså att det finns arbeten som ska utföras och ligger med i entreprenörens ansvar trots att det inte framgår i avtalet, vilket inte ska ses som ÄTA-arbete. Å andra sidan finns *”arbeten som antingen inte står i omedelbart samband med kontraktssarbetena eller arbeten som – i och för sig står i omedelbart samband med kontraktssarbetena men – är av väsentligt annan natur än dessa.”*. Med andra ord går det heller inte kategorisera arbeten som avviker allt för mycket från det ursprungliga åtagandet hos entreprenören som ett ÄTA-arbete (Deli, 2017).

Det menas att minsta lilla avvikelse från det kontrakterade arbetet inte per automatik innebär en fråga om ÄTA-arbeten. Det kan vara så att det ändå ingår i entreprenörens ansvar att utföra arbetet, som exempelvis tillhörande detaljarbeten. Även om arbetet är av en helt annan natur anses det heller inte som ett ÄTA-arbete, exempelvis att en stomentreprenör ska utföra en takentreprenörs uppgifter (Deli, 2017).

4.6 BIM Alliance

BIM Alliance är en ideell förening som verkar för ett bättre samhällsbyggande och till sin hjälp använder de BIM som sitt främsta verktyg. På grund av att de Allmänna Bestämmelser inte ännu har uppdaterats för att behandla de digitala processerna som nyttjas inom byggbranschen, har BIM Alliance tagit fram villkorsbilagor. Villkorsbilagan ger de digitala handlingarna den juridiska statusen och ska komplettera handlingarna med hur de digitala leveranserna ska gå till. Till exempel vem som får redigera i modellen och vad för information som ska överlämnas. Trafikverket tillsammans med branschens aktörer, bland annat Svenska Byggbranschens utvecklingsfond (SBUF) har producerat riktlinjerna för juridiken. Beställare och entreprenör kan därigenom avtala hos vem ansvaret ska ligga samt hur och av vem den digitala leveransen får modifieras (BIM Alliance, 2018).

4.6.1 Villkorsbilagor

Totalt finns det två villkorsbilagor. Den ena villkorsbilagan gäller för entreprenadupphandlingar och kompletteras till uppdragskontrakt enligt AB 04 och den andra villkorsbilagan gäller för projekteringsuppdrag och kompletteras till uppdragskontrakt enligt ABK 09. För att ge läsarna en uppfattning om bilagornas

struktur och användning så presenteras bilagornas respektive innehåll enligt nedan (BIM Alliance, 2018).

Villkorsbilaga Entreprenad:

1. Allmänt
2. Leveransspecifikation av tillhandahållen digital information
3. Leverans och mottagningskontroll av tillhandahållen digital information
4. Entreprenörens nyttjanderätt av tillhandahållen digital information
5. Beställarens ansvar för tillhandahållen digital information
6. Övrigt

Villkorsbilaga Projekteringsuppdrag:

1. Allmänt
2. Allmän information om den digitala leveransen
3. Leveransspecifikation av digital information
4. Leverans och mottagningskontroll av digital information
5. Beställarens nyttjanderätt av levererad digital information
6. Konsultens ansvar för levererad digital information
7. Arkivering av levererad digital information
8. Övrigt

4.6.2 Problematik kring avtal och upphandling

Det är viktigt att kraven på BIM är tydliga i avtalet mellan berörda parter då det annars kan ställa till med problem vid upphandling av digitala leveranser. Ett tänkbart scenario kan vara att en beställare vid en konsultupphandling erfordrar att all projektering skall göras i 3D. Beställaren glömmer dock att ställa samma krav på entreprenörens potentiella konsulter. Risken med detta är då att det planerade arbetssättet kan påverkas eftersom entreprenörens konsulter kanske inte har den arbetskunskapen som krävs, vilket i sin tur kan drabba hela projektet (BIM i staten, 2014).

Eftersom standardavtalen ännu inte blivit anpassade för digitala leveranser så blir det en nödvändighet att komplettera dessa med villkorsbilagor. BIM Alliance har tillsammans med andra aktörer genomfört förstudien *BIM – påverkan på affär och avtal*, som i sin tur betonar att standardavtalen måste uppdateras gällande omfattningen av "Begreppsbestämningar med anmärkningar". Detta då avtalen saknar termer som exempelvis digitala informationsmodeller. Med hänsyn till att BIM är ett nytt sätt att arbeta så behöver nya termer definieras för att upprätthålla en god kommunikation mellan parterna (BIM Alliance; Byggherrarna; Installatörsföretagen; Svenska Teknik & Designföretagen; Sveriges Byggindustrier, 2016).

Vidare påpekar förstudien att rangordningsreglerna i standardavtalen även bör inkludera BIM-modellen. Förstudien nämner även att standardavtalen behöver kompletteras med både äganderätt och nyttjanderätt till BIM-modellen för att eventuellt kunna använda modellen som kontraktshandling. (BIM Alliance; Byggherrarna; Installatörsföretagen; Svenska Teknik & Designföretagen; Sveriges Byggindustrier, 2016).

5 Resultat

I detta avsnitt kommer tidigare och pågående byggprojekt att behandlas. Avsnittet behandlar bakgrunden till varför projekten arbetar med BIM och laserskanning, hur de använder dessa verktyg, vad för nyttor de har funnit med verktygen samt eventuella utmaningar. Fem projekt beskrivs nedan, Rölforsbron i Arboga, Nya slussen i Stockholm, E4 Förbifart Stockholm, Skanska Survey i Norge samt Hyundai Motorstudio Goyang i Seoul, Sydkorea.

5.1 Rölforsbron i Arboga

Rölforsbron är en bro belägen i Arboga, Sverige och är en anläggning som har ett så pass högt bevarandevärde att den återfinns i Trafikverkets plan över broar med ett högt bevarandevärde (Vägverket, 2005). Bron byggdes 1919 och efter nästan 100 år i bruk bestämde sig Trafikverket för att konstruera en exakt kopia av den ursprungliga bron. Målet var alltså att byta ut bron på grund av dess undermåliga skick men samtidigt bevara det tidigare utseendet. I och med ombyggnationen av Rölforsbron och med tanke på att projektets storlek var passande, hade Trafikverket i avsikt att utföra detta arbete med hjälp av enbart BIM från de tidiga skeden som förfrågningsunderlaget till förvaltningen. Skanska blev den upphandlade entreprenören (Trafikverket, 2013).

5.1.1 Pilotprojekt

Aldrig tidigare har det genomförts ett anläggningsprojekt som helt baserats på BIM, alltså i alla skeden från projektering till förvaltning (Trafikverket, 2013). Det är en 3D-modell som är den juridiska handlingen vilket tagits fram av WSP genom programmet Tekla Structures som i sin tur tillhandahöll modellen till Skanska inför produktionen.

Genom att utgå från att modellen ska vara den juridiska handlingen var de tvungna att bifoga villkorsavtal för att betona den juridiska statusen som modellen innehar (Trafikverket, 2013). Skälet till förtydligandet är att en 3D-modell inte från början har en juridisk status i Allmänna Bestämmelser (Deli, 2017). I samband med att modellen har erhållit sin nödvändiga status fick den samma status som Beskrivningar. Det står också att om det skulle vara några motstridigheter i en eller flera handlingar som har samma status, då gäller den handling som medför lägst kostnad för entreprenören (Deli, 2017).

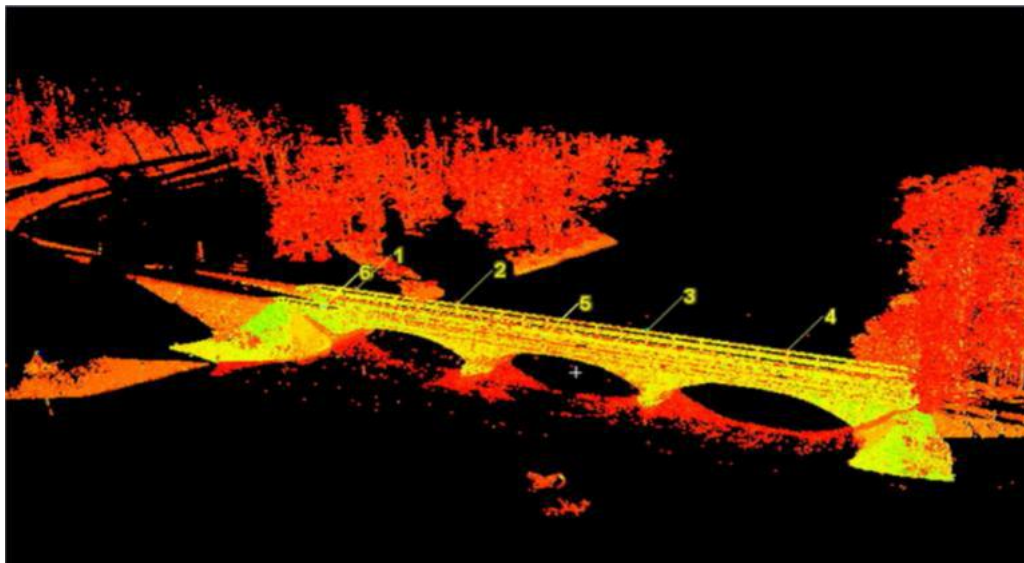
5.1.2 Inskanning av den ursprungliga bron

Med anledning av den tilltänkta kopia av den föregående bron inledde WSP som står som projektets projektör med att laserskanna in den gamla bron. Den data som erhållits genom skanningen användes för att ta fram ett underlag vid upphandlingen. Rapporten från Trafikverket förklarar även att BIM anlände sent till projektet och på grund av detta användes aldrig modellen som ett understöd för konstruktörens beräkningar av bron. Beräkningarna grundade sig istället på en 2D-ritning som togs fram i början av projektet (Trafikverket, 2013).

Väl under produktionen skannades även armeringsskiktet in. Det stora skälet till detta är att det gynnar förvaltningsskedet där förvaltaren i efterhand kan se exakt vart

armeringen är placerad. Det anses vara ett gediget underlag vid en eventuell nästkommande restaurering. Så här uttrycker sig Joakim Holtbäck om laserskanning:

”Inom Rölforsprojektet gjorde vi försök med att skanna in form, armering och färdiga ytor. Utvecklingen inom området sker ständigt och bara under Rölforsprojektets gång förfinades utrustningen. Vi ser potential att skanna in data som ger bra underlag för framtida förvaltning. Bygga om, bygga till. Reparationer – var ligger armeringsjärnen. Skanningen kan också fylla en funktion i verifiering och kontroll. Likaså kan verkligt utfall redovisas, relation men även inom mängdning och uppföljning.” (Trafikverket, 2013).



Figur 7: Den ursprungliga bron uppbyggd av ett punktmoln genom laserskanning (Trafikverket, 2013).

5.1.3 Händelser och utmaningar

Eftersom projektets karaktär var av ett helt nytt slag samt att det var ett pilotprojekt för applicering av BIM i alla skeden, var det därför viktigt att samtidigt analysera och dra slutsatser över det nya arbetssättet i samband med BIM. Rapporten lyfte fram några punkter efter Rölforsbrons färdigställande och en av dem var hur mycket information som skulle finnas kopplat till modellen. Detta för att inte onödigt mycket information ska uppta utrymme eller förvirra medarbetare över vilken information som är relevant (Trafikverket, 2013).

En annan utmaning är hur dessa modeller ska arkiveras, förvaltas och förvaras. En presumtiv idé som föreslås är att det i framtiden ska förvaltas av en modellförvaltare (Trafikverket, 2013). Detta skulle i sin tur innebära att en ny nisch öppnas upp inom byggbranschen som anses ligga efter i digitaliseringen. Men då krävs det att fler aktörer i branschen är villiga att utveckla och arbeta mer med BIM och dess potential.

”Multi-user-läge” är det läge som projektgruppen i Rölforsbron kallar det för och som innebär att personer i projektet kan jobba med modellen samtidigt. Detta sades kunna effektivisera informationsbytet men som aldrig kom i bruk på grund av tekniska

problem (Trafikverket, 2013). Men en möjlig nackdel med multi-user är att risken ökar för att den ständigt uppdateras. Användare får svårare koll på om modellen som denne arbetar i är den uppdaterade versionen eller inte.

Ett pilotprojekt innebär att nya metoder implementeras för att effektivisera processen och driva utvecklingen framåt inom digitalisering. Det är därför vanligt att oförväntade förutsättningar uppstår med de nya metoderna och projektet kan vara bra för lärdom och vidareutveckling till nästa projekt. En innovation som tas upp i rapporten är direktinmatning av modellen till maskinstyrningsenheten som exempelvis en påmaskin har, förutsatt att maskinen är utrustad med GPS. Genom detta kan de rätta koordinaterna tas ut utan att manuellt arbete utträttas och på så vis eliminera misstag. Tekla är projektets programvara och programmets begränsning är att den inte är kapabel till att kommunicera med alla maskinstyrningsenheter. Följden blir att projektgruppen föreslår en standard för öppna format (Trafikverket, 2013).

En annan utmaning är hur fördelarna med BIM ska kunna sättas i praktik. Vanligtvis finns inte monteringsjärnen med i en 2D-ritning, de läggs in efteråt av entreprenören själv så att järnen ska passa armeringen. Här menar istället projektören att dessa utrymmen ska finnas med i modellen från början så att leverantören av armering vet hur mycket som ska levereras. Innebörden blir att entreprenören i ett tidigare stadie ska förmedla till projektören hur de vill ha järnen så att dessa kan läggas in i modellen. Det framgår dessutom i rapporten att arbetssättet i förhållande till BIM behöver utvecklas (Trafikverket, 2013).

5.2 Nya Slussen i Stockholm

Ett av de största stadsomvandlingsprojekten i Sverige är pågående byggnationen av den Nya Slussen i Stockholm. Den ursprungliga Slussen stod färdig 1642 med funktionen att separera det färska vattnet i sjön Mälaren från det förorenade vattnet i Östersjön (Foster and Partners, 2020).

Slussen utgör en förbindelse mellan Södermalm och Gamla stan i Stockholm och har efter dess tillkomst byggts om fyra gånger. Den senaste renoveringen av Slussen, den så kallade Klöverblads-Slussen invigdes år 1935 och har på sistone utsatts för omfattande påfrestningar så som exempelvis vittrande betong samt rostande armering. Därmed har en femte ombyggnation tagit fart vilket innebär att Slussen ska rivas för att sedan byggas om på nytt (Skanska, 2020). Projektet av den Nya Slussen baseras helt och hållet på digital 3D-modellering vilket innebär att de involverade aktörerna kommer att arbeta mot samma modell (Däckfors, u.å.).

Beställaren av den Nya Slussen är Stockholms stad och de har beslutat att de två största entreprenaderna i projektet ska ske utan pappersritningar där Skanska är den upphandlade entreprenören. Eftersom 3D-modellerna i detta projekt är juridiskt bindande så innebär det att byggnationen av Slussen inte kommer utgöras av pappersritningar.

5.2.1 Positiva effekter av BIM

Då detta ännu inte är ett standardiserat arbetssätt i byggbranschen så väljer Stockholm stad att bepröva det med anledning till övervägande förbättringar inom vissa arbetsområden. Dessa förbättringar innefattar ökning av både effektivitet och kvalitet samt en reduktion av antalet behövande kontroller (Nohrstedt, 2017). Utöver det blir inköpen smidigare att hantera då framtagningen av den exakta mängden material som behövs i projektet effektiviseras. Dessutom underlättas det administrativa arbetet med hjälp av de digitala modellerna vilket annars skulle kräva en hantering av cirka 20 000 pappersritningar med hänsyn till projektets omfattning. Två involverade medarbetare från respektive part uttrycker sig så här:

Mätschef Johan Jönsson från Skanska: *”Tidigare fick vi knappa in koordinater från ritningarna för hand för att få in dem i instrumentet. På det här sättet undviker vi en källa till fel, att man helt enkelt knappar in fel koordinater”*

VDC-strateg David Möller från Stockholms stad: *”I stället för att sitta och mäta på ritningar hur mycket betong eller armeringsjärn som krävs så kan datorn beräkna det och vi kan lita på att det stämmer”* (Nohrstedt, 2017).

Dessa påståenden påvisar den effekt ett virtuellt byggande verkligen har och vilken vinst det ger i form av exempelvis minimering av fel i produktion samt tidsbesparing vid beräkning av den erforderliga mängden material i projektet.

5.2.2 Virtual Design Construction

Då BIM kan ge uppfattningen om att digitaliseringen endast omfattar modellerna i sig så har de i projektet av den Nya Slussen istället utgått från begreppet Virtual Design

Construction (VDC). Detta eftersom termen VDC ger en tydligare bild på hela byggprocessen då beteckningen både avser projekteringen såväl som produktionen av entreprenaden (Nohrstedt, 2017).

VDC har många fokusområden i projektet av den Nya Slussen, ett urval av dessa presenteras enligt följande:

- 3D-Samordning & 3D-visualisering
- Granskning, modellbaserad
- 3D-Armering
- Upphandlingar, modellbaserad
- Simulering tidplan, 4D
- Kalkyl, 5D
- Produktionsanpassning
- Framtida tillämpningar

En avgörande orsak till att VDC kommit till god användning i projektet är för att det kan användas till många olika ändamål (Stribeck, 2017). Detta lägger dock stor tyngd på att de involverade aktörerna måste ha en god kommunikation sinsemellan för att undvika fel i projekterings- och produktionsskedet.

5.2.3 Utmaningar med digitalisering i Nya Slussen

Vidare innebär den drivna digitaliseringen i projektet att det även kommer att finnas utmaningar. Eftersom en omfattande del av arbetet nu är modellbaserad måste tid och energi läggas på att anhörig personal får den utbildning som krävs för att förstå arbetsprocesserna kring hur modellerna hanteras. En annan utmaning är att ersätta de traditionella leveranserna av ritningar och beskrivningar med samma information som tidigare fast med hjälp av en ny informationsbärare. Ytterligare en utmaning i projektet av den Nya Slussen är att alla beslut som tas måste grunda sig i modellerna då de är juridiskt bindande. Därmed är det alltså inte möjligt att projektera i 2D-CAD för att det exempelvis är bråttom med att få iväg en leverans (Stribeck, 2015).

5.3 E4 Förbifart Stockholm

Det byggs just nu en ny förbifart av E4:an väster om Stockholm vilket är klassat som ett av Sveriges hittills största infrastrukturprojekt. Då det i dagsläget endast finns en väg, Essingeleden, som leder trafiken genom Stockholm så behöver det byggas en ny väg för att underlätta för rådande trafiksystem. Denna nya väg har en total distans på 21 kilometer varav ungefär 18 kilometer är belägen i tunnel. Förbifart Stockholm har som syfte att fungera som en länk mellan norra och södra Stockholm och hjälper till att förbättra framkomligheten för dess resenärer. Projektet påbörjades 2006 och förväntas vara klar 2030 (Trafikverket, 2019).

5.3.1 Upphandling

De entreprenader som ska byggas är bergtunnlar, konstbyggnader, vägar samt installationer. Entreprenadformerna i projekt Förbifart Stockholm utgörs av både totalentreprenader och utförandeentreprenader. Antalet kontrakterade entreprenörer är många vilket är en nödvändighet på grund av projektets omfattning (Trafikverket, 2020). En av de upphandlade entreprenörerna är Skanska och arbetet som ska utföras är enligt en totalentreprenad (Skanska, 2020).

5.3.2 Hela Förbifart Stockholm i BIM

Då projektet krävde ett effektivare arbetssätt beslutade Trafikverket under år 2012 att BIM skulle tillämpas och har därmed haft en betydande roll inom projektering, upphandling samt byggandet av entreprenaderna (Trafikverket, 2019).

Projektet klassas därför numera som ett BIM-projekt och kräver därmed i sin tur att arbetsrutinerna måste anpassas efter de omständigheterna som digitaliseringen medför. Trafikverket försåg därför sin personal med nödvändig utbildning och ställde nya krav vid upphandlingen av entreprenörer. Dessa nya krav innebär att kontraktshandlingarna utgörs av 3D-modeller och att projekteringen av Förbifart Stockholm enbart sker i BIM (Niland, 2015).

Då upphandlingen av Skanska helt och hållet baseras på digitala modeller så skapar det nya förutsättningar för projektet. För Skanska innebär det att de måste anpassa sina tidigare arbetssätt till den rådande digitaliseringen. Men för Skanskas del är detta inget bekymmer då de är vana vid att arbeta i BIM (Skanska, 2020).

5.3.3 BIM som kontraktshandling

I projekt Förbifart Stockholm utgörs kontraktshandlingarna av 3D-modeller. För att få en bättre förståelse för hur entreprenadupphandlingar är utformade så lyfts ett exempel fram på hur en totalentreprenad i detta projekt är upphandlad enligt ABT (Niland, 2015). Innehållet i förfrågningsunderlaget består av följande handlingar:

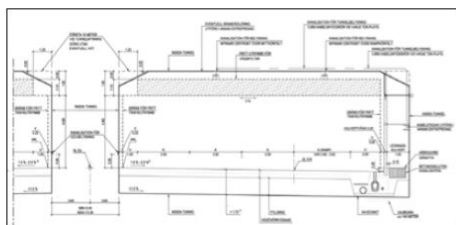
- OBT, Objektspecifik teknisk beskrivning
- RFA, Redogörelse för anläggningsmodell
- Modeller (anläggningen som ska byggas)
- Ritningar

- RFA, Redogörelse för anläggningsmodell
- Modeller (befintliga förutsättningar)

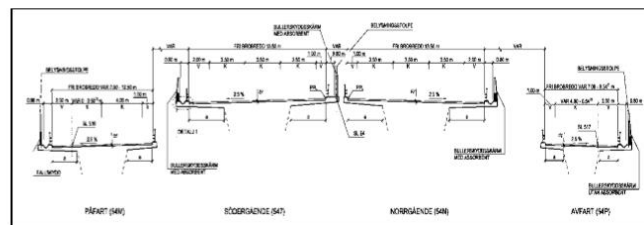
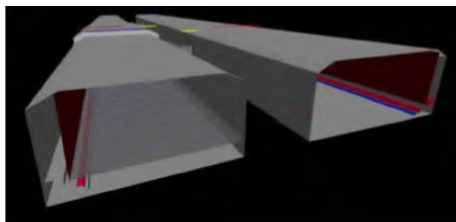
Att helt övergå från traditionella ritningsunderlag till digitala modeller som i sin tur är juridiskt bindande bygghandlingar innebär stora förändringar för projektet. Företaget kan dra stor nytta i och med denna omfattande övergång, men det finns även arbetsområden som behöver utvecklas i takt med den rådande digitaliseringen.

5.3.4 Fördelar med BIM i Förbifart Stockholm

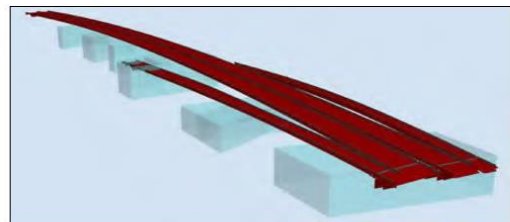
Det finns flera goda möjligheter med att projektet är baserat på 3D-modeller. Med hänsyn till projekteringen får nu de involverade projektörerna en bättre uppsikt över entreprenaden och kan med hjälp av den utvecklade teknologin göra nödvändiga revideringar under projektets process (Wihlborg, 2016). För att tydliggöra de förbättringar som digitala modeller medför i projektet till skillnad från traditionella 2D-ritningar så kan följande illustration beaktas.



2D compared to 3D



2D compared to 3D



Figur 8: Visar en jämförelse av 2D-ritningar och 3D-modeller (Niland, 2015).

Vidare har BIM ett stort inflytande inom många arbetsområden i Förbifart Stockholm och dessa innefattar:

- Insamling av förutsättningar (geoteknik, mark, befintligheter)
- Konceptuell projektering (systemval)
- Förfrågningsunderlag för entreprenadupphandling
- Arbetshandlingar
- Teknisk samordning
- Uppföljning byggproduktion
- Visualiseringar
- Förvaltningshandlingar

Då 3D-modeller förbättrar informationshanteringen av projektet så är Ulf B Eriksson, BIM-ambassadör och teknisk chef för Förbifart Stockholm hos Trafikverket, övertygad om att det kommer bidra till en reduktion av de kostnader som uppstår till följd av ÅTA-arbeten (Juell-Skielse, 2011).

För att de involverade aktörerna i projektet ska kunna kommunicera på ett effektivt sätt så behöver all information om byggnationen finnas tillgänglig. Med hjälp av databaser och digitala 3D-modeller blir det möjligt att samla den väsentliga informationen via en gemensam IT-plattform. Detta leder i sin tur till en förbättrad samordning och kommunikation bland de medverkande parterna (Trafikverket 2019).

En annan aspekt är att tillämpningen av BIM sänker kostnaderna då den lagrade informationen om projektet kan återanvändas i de olika skedena i hela byggprocessen. Byggarbetarna får på så vis möjligheten att få en visuell uppfattning om vad som ska byggas, vilket reducerar risken för oönskade kollisioner av byggnadsdelar vid produktion av byggnationen. Användandet av BIM gynnar även förvaltare som är ansvariga för drift och underhållet av entreprenaden då all relevant information enkelt kan överföras mellan aktörerna (Trafikverket, 2019).

5.3.5 Utmaningar med BIM i projektet

Jesper Niland, teknikchef i Förbifart Stockholm sammanfattar i sin presentation (2015) utmaningarna av att använda BIM enligt följande:

- Detaljeringsgraden i modeller – insikten i vad som behövs
- Avsaknaden av standarder för klassifikation av objekt för anläggningsbranschen
- Behov av att använda verktygsneutrala cad-format som offentlig beställare

Vidare antyder Göran Blomberg, datasamordnare för stora projekt hos Trafikverket, att övergången från 2D till 3D ger upphov till svårigheter då BIM kräver nya tankesätt hos både projektörer och konstruktörer.

En annan svårighet i projektet är att systemen som de arbetar i inte är utrustat med de nödvändiga AMA-koder som behövs. Trafikverket måste därför ta fram de efterfrågade koderna, vilket i sig är ett både omfattande men även betungande arbete för de berörda (Juell-Skielse, 2011).

Dessa barriärer är tillsammans tecken på att det finns områden som behöver utvecklas för att byggbranschen ska kunna ta vara på de möjligheter som digitaliseringen medför. Det kommer att krävas stora uppoffringar från samtliga aktörer i form av tid, pengar och resurser för att på sikt ta sig an de hinder som i dagsläget existerar.

5.4 Skanska Survey i Norge

För att få en uppfattning om hur laserskanning utförs i verkliga projekt så väljer skribenterna att även utgå ifrån ett examensarbete, *Metoder för laserskanning av hus* (2012), där två studenter, Andersson och Johansson gjort ett studiebesök i Norge hos Skanska Survey. Tanken med studiebesöket var att de skulle närvara vid en skanning och se hur det fungerade praktiskt.

Det som laserskannades var ett hus från 1700-talet som ingick i ett renoveringsprojekt. Avsikten med skanningen var att producera 2D-ritningar som sedan skulle överlämnas till arkitekten. Utöver det behövdes även den inskannade datan för att granska renoveringen. I korta drag behövde huset lyftas bort då grundmuren behövde restaureras. Därefter skulle huset lyftas tillbaka till dess ursprungliga plats och i samma skick som den var innan (Andersson & Johansson, 2012).

Skanningen av huset gjordes med produkten Leica ScanStation C10. Ett urval av dess funktioner som är praktiska vid tillämpningen presenteras enligt följande:

- Integrerad realtidsvideo med zoom
- 3D-visning av skannade mål i displayen
- Grafiska ikoner underlättar inlärnigen
- Högupplöst digitalkamera
- Integrerat batteri
- Kompatibel med standard mätningstillbehör
- Integrerad datalagring
- Trådlös fjärrstyrning (Leica Geosystems, 2011).



Figur 9: Illustration av Leica ScanStation C10 (Leica Geosystems, 2019).

Författarna av denna rapport har i fyra steg förklarat hur laserskanningen av huset utförts. Dessa steg omfattas av: etablering, skanning, bearbetning av data samt tillverkning av ritningar och modeller.

5.4.1 Laserskanningens utförande

Vid etableringen så inleds genomförandet av laserskanningen med att placera skanningen i ett bekant referenssystem som innefattas av ett nationellt koordinatsystem eller byggarbetsplatsens koordinatsystem. För att etableringen skulle vara möjlig behövdes tre prismor med anslutning till en GPS mätas in i terrängen innan skanningen kunde verkställas. Därefter upprättas en totalstation vid laserskannerns första position 1001 med stöd av prismorna vilket åskådliggörs på figuren nedan (Andersson & Johansson, 2012).



Figur 10: Visar olika positioner där skannern varit uppställd vilket förtydligas med hjälp av beteckningar (Andersson & Johansson, 2012).

S1 (andra position) och S2 (slutposition) representerar de planerade positioner som laserskannern mäter vilket också sker med hjälp av de etablerade prismorna. Positionerna sammanställs sedan i ett USB-minne och överförs därefter till skannern som lokaliserats vid 1001. Härmed är laserskannern nu tillgänglig för bruk då både skannern och totalstationens koordinater överensstämmer. Punkterna 1001, S2 och S1 kommer därmed tillämpas som bekanta bakåtoobjekt samt uppställningsplatser (Andersson & Johansson, 2012).

Skanningen påbörjas genom att via skannerns bildskärm anger en bestämd position för skannern och ett bekant bakåtoobjekt. En måltavla ersätter sedan prismet vid S2 och tillämpas som ett bakåtoobjekt. Därefter justeras riktningen på skannern manuellt med siktet inställt på måltavlan. I och med detta kan laserskannern genomföra en kalkylering med syftet att fastställa samt bekräfta koordinaterna till centrumpunkten.

En mätning sker nu av området inom tidsramen av några minuter då skanningen precis påbörjats. När den första skanningen intill 1001 är utförd så lokaliserar skannern intill S2. Måltavlan byter nu plats från S2 till 1001 som i sin tur sedan används som bekant bakåtoobjekt. Skannern utför likt föregående en kalkylering av måltavlan innan området

mäts in. Nu när två skanningar är utförda så placeras måltavlan vid position S3 för att genomgå samma typ av kalkylering och är även laserskannerns sista och tredje position. När de erforderliga uppställningarna är utförda så är det dags att bearbeta den inskannade datan (Andersson & Johansson 2012).

5.4.2 Från skanning till modell

Det första som behöver göras efter att skanningen genomförts, är att överföra den inskannade datan till en dator genom ett USB-minne. Därefter skall filen öppnas i en mjukvara som kan behandla punktmoln vilket i detta projekt var Leica Cyclone samt Cyclone REGISTER. Alla uppställningar som utförts under skanningen behöver inte sammanfogas tack vara Leicas senaste programvara och utfördes istället i samband med själva skanningen. Ett punktmoln blir nu synligt i Cyclone och dess placering i det angivna referenssystemet är också felfritt. Däremot så bearbetas varje uppställning som enskild inskannad data. Då bearbetningen kan vara omfattande så finns UNIFY till hjälp vilket är en procedur som genomförs för att sammansätta och tunna ut befintliga uppställningar. Med hänsyn till skanningens avsikt så utförs nödvändiga procedurer i mjukvaran Cyclone. Det finns många olika valmöjligheter. Ett exempel är att exportera hela punktmolnet för att i ett senare skede använda det i avsikt att producera en komplett 3D-modell (Andersson & Johansson, 2012).

I det här fallet så framställdes ritningar med hjälp av Bentleys program, Microstation. I sin tur använder Microstation ett annat program som komplement, nämligen Cloudworx. Mjukvarorna Leica Cyclone och Cloudworx samarbetar med varandra i syfte att sedan tillverka kompletta ritningar i både 2D och 3D format. De filformat som Cloudworx bearbetar kan användas för olika ändamål och används i plural. Det finns exempelvis filformat som visar punktmolnet under framställandet av ritningarna. Punktmolnet visas då i bakgrunden när ritningarna skapas. Projektet visade på att denna process kan utföras av en person som redan är bekant med att arbeta i ett CAD-program för att kunna skapa de ritningar och modeller som efterfrågas i projektet (Andersson & Johansson, 2012).

5.5 Hyundai Motor Goyang

Hyundai Engineering & Construction (Hyundai E&C) är en globalt verkande entreprenör som har sitt huvudsäte i Seoul, Sydkorea. Hyundai Motorstudio Goyang är ett byggnadskomplex som beställdes av Hyundai Motor Group och som byggdes med inledning år 2013 av Hyundai E&C som entreprenör. Byggnaden är till för utställningar av bilar och anläggningen är unik på så sätt att dess fysiska utformning inte är traditionell, alltså med lodräta väggar och typiska tak. Hyundai Motorstudio Goyang präglas av mängder av vinklar, ett konsoltak som till synes svävar i luften och en ytterfasad som består av glasväggar. År 2016, tre år senare, slutfördes projektet och byggnaden stod färdig. Den ursprungliga budgeten för projektet beräknades ligga på 120 miljoner amerikanska dollar. Men denna prislappen ökades slutligen till 170 miljoner USD på grund av ÅTA-arbeten som dessutom förlängde arbetet med fem månader. BIM underlättade de ÅTA-arbeten som uppstod under produktionen markant (Eastman, Teicholz, Sacks & Lee, 2018).



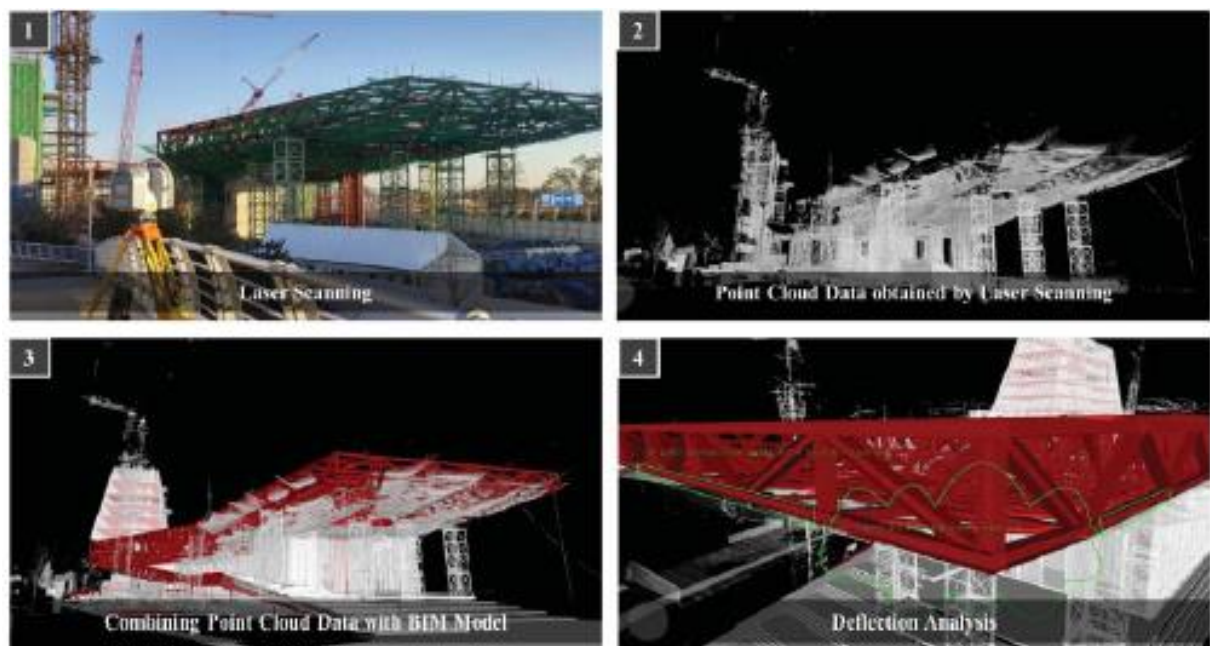
Figur 11: En vy över Hyundai Motorstudio Goyang (Eastman, Teicholz, Sacks & Lee, 2018).

Två viktiga punkter som Hyundai Motor Group lyfte fram vid projekteringen var dels att kvalitén på den färdigställda entreprenaden ska vara hög, dels att uppnå trendsättande design på konstruktionen. Dessa mål verkar realistiska, bland annat för att entreprenörens systerbolag, Hyundai Architects & Engineers (HDA), var den upphandlade arkitektfirman (Eastman, Teicholz, Sacks & Lee, 2018). Som generalentreprenör i detta projekt är Hyundai E&C ansvariga för att upphandla underentreprenörer som exempelvis VVS, betong- och stålarbetare med mera (Deli, 2017). Generalentreprenören och underentreprenörerna samarbetade i ett tidigt stadie tillsammans med arkitekten vid projekteringen. Detta för att kunna vara med och

påverka hur monteringen ska ske, vilket i sin tur förutsättningarna för ett väl utfört arbete (Eastman, Teicholz, Sacks & Lee, 2018).

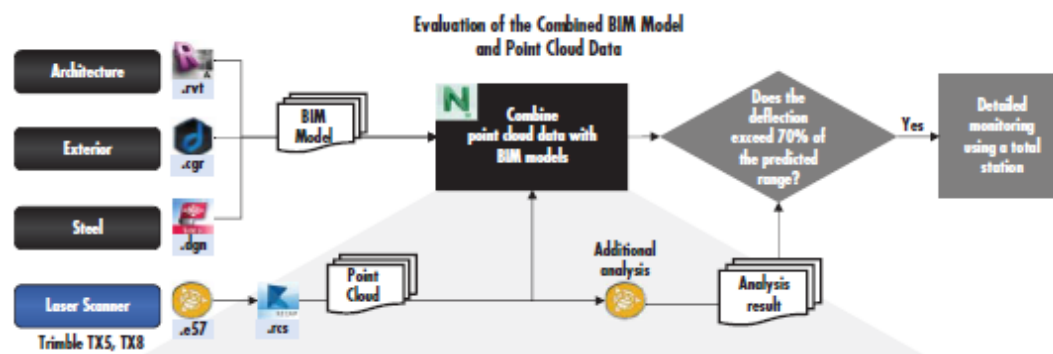
5.5.1 Laserskanning vid mätning

Projektet var ett pilotprojekt som skulle applicera BIM genom hela byggnadsverkets livscykel och använda laserskanning i produktion. Syftet med laserskanningen var att under produktionsfasen kontrollera kvalitén på byggnationen och stålstommen. Arbetarna mäter ständigt hur stålstommen beter sig under byggnation vid pålastning, där risken för böjning av balkar och pelare finns. På grund av juridiska skäl får inte laserskanningen användas som det enda mätinstrumentet och därför kompletterades mätningen med totalstationer (Eastman, Teicholz, Sacks & Lee, 2018).



Figur 12: 1) Förberedelse för det som ska skannas. 2) Punktmoln efter skanningen av stålstommen. 3) Sammanfogning sker mellan punktmolnet och 3D-modellen från BIM. 4) Avvikelse från 3D-modellen kan nu noteras (Eastman, Teicholz, Sacks & Lee, 2018).

Trimble TX5 och TX8 var de laserskannrar som brukades i projektet. Det krävdes totalt 40 olika uppställningsplatser. Varje uppställningsplats behöver 20 minuter för att utföra skanningen, vilket sammanlagt resulterade i två dagars skanningstid av stålstommen. Laserskanningen användes först för att registrera hur mycket stålstommen böjs. En tolerans på 50 till 100 millimeter sattes vid projekteringen. Indikerar laserskannern att 70 procent av toleransen uppnåtts, användes istället en totalstation för att bekräfta resultatet. Efter skanning förs det skapade punktmolnet över till programvaran Trimble RealWorks som sedan sammanfogas och jämförs med den projekterade 3D-modellen. Här kan projektörer och samordnare visuellt se avvikelser och fel (Eastman, Teicholz, Sacks & Lee, 2018).



Figur 13: Arbetsprocessen som förklarar hur 3D-modellen och punktmolnet fogas samman. Beroende på resultatet från laserskanningen sätts en totalstation in för bekräftelse av resultatet (Eastman, Teicholz, Sacks & Lee, 2018).

5.5.2 Utvecklingsområden

Anledningen till att laserskannrar överhuvudtaget används i detta projekt, är tack vare flexibiliteten att snabbt skanna av ett område från en önskad uppställningsplats med endast en skanning. Bortsett från de juridiska skälen finns det brister i att använda laserskanning. Ett av problemen var att det inte fanns någon standard för hur tekniken skulle tillämpas. Även registreringsprocessen i projektet är en anledning till laserskannrarnas osäkerhet. Detta på grund av att processen för att sammanfoga de olika punktmolnen från respektive uppställningsplats sker manuellt. (Eastman, Teicholz, Sacks & Lee, 2018).

6 Diskussion

Här framför författarna diskussioner kring resultaten från de fem behandlade byggprojekten. Dessutom diskuteras metoden för rapportens utförande i syfte att belysa metodens möjliga påverkan på slutsatserna.

6.1 Juridikens inverkan på BIM

De analyserade byggprojekten i rapporten tyder på att det är praktiskt möjligt att använda BIM som en kontraktshandling. Då det idag inte finns en nationell standard som byggföretagen kan använda sig av vid själva upphandlingen så måste ersättningsvillkorsbilagor tillämpas för att belysa 3D-modellens juridiska status.

I projektet av Röförsbron baserades hela byggprocessen på digitala modeller där arbetet i de olika skedena utfördes i BIM. För att detta skulle fungera i praktiken bifogades villkorsavtal som i sin tur var juridiskt bindande. Modellerna fick härmed samma status som Beskrivningar i AB. Författarna anser dock att det kan vara problematiskt, att för varje enskilt projekt, förhandla huruvida vilken status den tillämpade modellen skall inneha. Särskilt eftersom det vidare kan leda till missförstånd och tvister bland de involverade parterna. Detta hade undvikits menar författarna ifall det funnits en aktuell juridisk standard för användningen av de digitala modellerna.

6.1.1 Nyttor med att tillämpa BIM i byggprojekt

Genom att utgå ifrån digitala modeller som gällande bygghandlingar så underlättas flertalet arbetsområden i byggprocessen. I analysen av de byggprojekt som använt sig av BIM kan många fördelar belysas. Projektet av Nya Slussen i Stockholm är ett praktiskt exempel på de förbättringar som tillkommit med att tillämpa BIM. Då det är många inköp som behöver genomföras med hänsyn till projektets omfattning så är det extra viktigt att beräkna mängden material med stor noggrannhet. Detta var något som användningen av 3D-modeller kunde hjälpa till att underlätta, vilket var högt uppskattat av en berörd medarbetare för Stockholms stad som var verksam i projektet.

Fortsättningsvis, i projekt Förbifart Stockholm har användningen av BIM resulterat i en bättre översikt av entreprenaden som skall byggas, vilket har hjälpt till att göra de ändringar som krävs i projektet. Ett annat arbetsområde som förbättrades i projektet var sättet att hantera information. Det i sin tur minskar de kostnader som uppstår till följd av ÄTA-arbeten mellan de aktuella beställarna och entreprenörerna.

Enligt författarnas åsikt är det viktigt att byggbranschen inser de faktiska nyttorna som en digitalisering innebär. Endast då kan företagen ta steget till att investera i nya arbetssätt som oftast kräver omfattande resurser. Om värdet av digitaliseringen inte kan begripas av de rådande aktörerna i branschen så kommer övergången från en analog byggprocess till en digital att fördröjas.

Andra fördelar som BIM medförde i projekt Förbifart Stockholm var att gynna de yrkesarbetare vars uppgift är att bygga entreprenaden då de fick en visuell uppfattning av det hela. Det leder vidare till en reducering av antalet feltolkningar, vilket minimerar andelen oönskade kollisioner mellan byggnadsdelar som kan inträffa på arbetsplatsen.

Användandet av digitala modeller är även gynnsamt för förvaltare då den relevanta informationen enkelt kan överföras i byggprocessens olika skeden mellan aktörerna.

6.1.2 Utmaningar till följd av digitalisering

Något som förekommer naturligt med förändringar av tidigare tillämpade arbetssätt är utmaningar av olika slag. En utmaning i projektet av Røförsbron var att det fanns kunskapsbrist på hur de aktuella modellerna skulle arkiveras, förvaltas samt förvaras. Utöver det var en annan utmaning att Tekla som var den programvaran som användes i projektet, inte kunde kommunicera med de befintliga maskinstyrningsenheterna. Författarna anser att dessa utmaningar skapar barriärer som hindrar företagen från att dra den faktiska nyttan av att tillämpa digitala verktyg. Genom att lägga ner tid och resurser på att utveckla den aktuella tekniken så kommer användningen av digitala verktyg i olika byggprojekt att optimeras.

I projekt Förbifart Stockholm var en utmaning att nya tankesätt uppstått på grund av den omfattande övergången från 2D till 3D hos både projektörer samt konstruktörer. Till följd av det uppstår svårigheter med de nya arbetsrutiner som tillkommer. Författarna resonerar att det kommer vara tufft till en början för alla berörda i byggbranschen, i och med den omfattande omväxlingen men att det på sikt kommer gynna de aktuella aktörerna då fördelarna väger tyngre än utmaningarna.

Projektet av den Nya Slussen hade också en del utmaningar. En genomgripande utmaning var att eftersom arbetet helt baserades på digitala modeller så var kunskapen hos personalen inte längre i linje med det som behövdes. För att åtgärda detta så behöver både tid och energi läggas ned i form av utbildning till den befintliga personalen. Författarna anser dock att det kan vara betungande för de drabbade parterna eftersom tiden för att hinna med projektet ibland kan vara begränsad. Dessutom räcker de ekonomiska resurserna inte alltid till för att förse medarbetarna med de nödvändiga förutsättningarna som ett projekt kräver.

6.2 Den juridiska aspekten vid laserskanning

Av de fem behandlade byggprojekten är det tre av dem som använder sig av laserskanning. I dessa tre rapporter framgår det inte att juridiken och dess skrivelser direkt hindrar appliceringen av laserskanning. Skanska Survey Norge diskuterar kring hur arbetet med laserskanning går tillväga från etablering av utrustningen inför en skanning till en färdig ritning.

Røförsbron nämner villkorsavtal för att kunna statuera en digital handling i form av en 3D-modell som den juridiskt bindande handlingen. Sannerligen, genom laserskanning kan en digital modell erhållas och är nödvändig om det inte finns en existerande modell över en befintlig konstruktion. Därför ska en standard för hur processen kring hanteringen av digitala modeller upprättas. Om en juridisk standard inte finns så menar författarna att syftet med att skapa en 3D-modell förminskas.

I projektet med Hyundai Motorstudio Goyang i Seoul, Sydkorea, påpekar skribenterna Eastman, Teicholz, Sacks & Lee i BIM Handbook (2018) att på grund av de juridiska grunderna kunde inte enbart laserskanning användas för mätning av stålstrukturen. Totalstation var tvungen att komplettera laserskanningarna. Dock fick projektgruppen

välja att laserskanna stommen och jämföra den ursprungliga handlingen, as-designed, med punktmolnet från laserskanningen, as-built, i kvalitetsyfte.

6.2.1 Brukandet av laserskannrar

Det praktiska tillvägagångssättet för att laserskanna ett objekt diskuteras flitigt. Inför, under och även efter laserskanningen krävs oftast utbildade och skickliga operatörer för att få fram ett adekvat resultat. Det kostar i sin tur pengar och är tidskrävande och eftersom bearbetningen från punktmoln till BIM-modell genomförs manuellt blir benägenheten större för att misstag och fel uppkommer. Därför anser författarna av detta examensarbete att en automatiserad process skapas för att ta fram ritningar från ett punktmoln och för att jämföra as-designed med as-built handlingar. Detta skulle innebära minskad arbetsbörda och kortare arbetstid. Däremot måste företag själva vilja driva fram användningen av laserskannrar gällande utbildningen av personal för att skannrarna ska vara ett hjälpmedel och inte en komplicerad process.

6.2.2 Effektivitet och lönsamhet

Samtidigt som byggbranschen digitaliseras och effektiviseras i större utsträckning får det inte hända på bekostnaden av lönsamheten, som är grunden till att branschen går runt. Med det sagt, måste aktörer se en möjlighet med nya tekniska lösningar i längden för att de överhuvudtaget ska tänka sig att ta del av innovationer. Aspekter som tid och kostnad avgörande faktorer för huruvida laserskanning kan användas. Den initiala kostnaden får anses vara hög, alltså mellan 500 000 – 1 000 000 SEK, för en teknik som varken är välkänd inom branschen och som inte heller har ett högt användarantal. Däremot får kostnaden ses som en investering som ger framgångsrika projekt i skepnad av enklare arbetsprocesser, utifrån att automationen av bearbetningen är tillgänglig.

Aspekten med tiden är en kluven fråga då det å ena sidan går fort att skanna av ett objekt och mata in den erforderliga datan. Å andra sidan behövs tid för att manuellt bearbeta all data som dessutom medför en osäkerhet kring resultatet. Därmed är det av stor vikt att arbetssättet med laserskanning utvecklas ytterligare för att attrahera aktörer inom branschen och därigenom få konkurrenskraftiga priser på laserskannrar. Laserskanning är en metod som har fördelen att på en kort tid skanna in data med hög noggrannhet. Tekniken har inom en viss utsträckning använts och nyttjats inom branschen för vissa ändamål men är dock långt ifrån att vara ett vedertaget alternativ. Utmaningar som ligger framför ses främst att vara användarvänligheten, bearbetning av data och automatisering av processen samt att aktörer ska ställa sig positivt innovationen.

6.3 Kombination av BIM, laserskanning och juridik

Ett sammanhang som inkluderar BIM, laserskanning och juridik innebär stora utmaningar men författarna ser samtidigt en potential i samarbetet med dessa tre aspekter. Ett tänkbart scenario vid exempelvis en ombyggnation skulle kunna vara att en befintlig byggnad saknar en digital 3D-representation. Därmed finns det ett incitament för att laserskanna byggnaden i syfte att skapa en digital modell. Därefter erhålls ett punktmoln som med hjälp av BIM kan framställa den efterfrågade modellen av byggnaden. Projektörer och konstruktörer har nu möjligheten att använda BIM-modellen för att göra sina beräkningar samt utforma den nya byggnaden i 3D. Efter att nödvändiga revideringar utförts ska modellen vara kapabel att användas som en

juridiskt bindande bygghandling för att möjliggöra produktionen av ombyggnationen. Standardavtalen bör därför inkludera BIM-modellen bland de befintliga rangordningsreglerna så att den får en permanent juridisk status. Under själva produktionen kan laserskanning återigen användas men denna gången för att upprätthålla kvalitén på byggnaden och säkerställa att den framtagna bygghandlingen efterföljs. Detta kommer följaktligen att reducera de tvister som kan uppstå mellan beställare och entreprenörer i fråga om ÄTA-arbeten. Byggbranschen är i dagsläget inte anpassad för att fullt ut kunna kombinera de tre aspekterna BIM, laserskanning och juridik. Dock finns det goda möjligheter menar författarna att ändå med hjälp av utvecklad teknologi och juridiskt kompletterande villkorsbilagor genomföra liknande arbeten som scenariot ovan. Därmed är det av stor vikt enligt författarna, att de rådande aktörerna förstår värdet av att använda digitala hjälpmedel för att de ska vilja bidra till den nödvändiga utvecklingen.

6.4 Metoddiskussion

Detta examensarbete grundar sig helt på en litteraturstudie som dels behandlar de teoretiska aspekterna av de digitala verktygen, BIM och laserskanning, samt hur dessa har tillämpats i verkliga byggprojekt. Även juridikens inverkan har beaktats i syfte att analysera dess begränsningar på digitala handlingar samt att ge läsaren en bättre förståelse för hur juridiken är uppbyggd. Informationen som arbetet baseras på utgörs av rapporter, presentationer och böcker. Det har i sin tur både fördelar och nackdelar med att utföra ett sådant här typ av arbete.

Författarna ser brister i att enbart grunda arbetet på en litteraturstudie eftersom det inte presenterar en bred bild av undersökningsområdet. Förslagsvis hade intervjuer med erfarna personer inom byggbranschen varit en utgångspunkt. Här kan den mest aktuella informationen fås och dessutom erhålla respondenternas åsikter kring hur de uppfattar de digitala verktygens funktion.

Vidare anses också att studiebesök av projekt med laserskanning skulle anordnats. Detta för att ge författarna en djupare insikt över hur en laserskanner ser ut och hur skanningen går tillväga. BIM är ett mer bekant område då författarna har jobbat med program som Revit, Solibri och Tekla. Därför är det inte lika nödvändigt att närvara i ett praktiskt moment av hur BIM fungerar. Med hänsyn till förutsättningarna, hade studiebesöken och intervjuerna genomförts så anser författarna att slutsatsernas karaktär därmed inneburit en större tyngd.

7 Slutsats

Nedan redogörs examensarbets slutsatser utifrån de tre frågeställningarna.

7.1 Hur kan BIM och laserskanning användas i byggbranschen och hur kan en samverkan med entreprenadjuridiken se ut?

Byggprocessen har många moment som innebär tidskrävande arbeten. Traditionellt har förfrågningsunderlagen bestått av ritningar. Nu har beställare möjligheten att, med hjälp av BIM, skapa en 3D-modell av det som ska byggas vilket underlättar för entreprenörer att ge ett rimligt anbud. Det som skall räknas fram inför anbudet är bland annat mängden material. I och med att entreprenörerna använder sig av BIM, resulterar det i en mer exakt kostnad för projektet. Vidare kan även modellen visuellt visa i projekteringsfasen eventuella kollisioner mellan olika byggnadsdelar. I sin tur är det möjligt att direkt i modellen åtgärda de problem som syns, istället för att det upptäcks under produktionsfasen.

Då berörda discipliner har möjligheten att arbeta mot en och samma modell genom hela byggprocessen, så förbättras kommunikationen mellan parterna. Laserskanning används vid produktionsfasens slut för att upprätta en as-built handling som säkerställer att rätt information om entreprenaden kommer till förvaltaren. Därmed hjälper det även förvaltaren att sköta driften och underhållet under förvaltningsfasen. I de fall där befintliga byggnader inte har en aktuell 3D-modell kan laserskanning producera en modell som kan understödja vid exempelvis om- och tillbyggnationer.

För att möjliggöra en samverkan mellan de tre aspekterna, BIM, laserskanning och entreprenadjuridik krävs det att standardavtalen uppdateras med avseende på BIM-modellens frånvaro i rangordningsreglerna.

7.2 Vilka eventuella hinder finns det vid tillämpningen av dessa verktyg?

Författarna har upptäckt att det finns hinder med den digitaliserande utvecklingen. Något som verkligen har uppfattats ha en negativ inverkan på tillämpningen av BIM som en bygghandling är juridikens begränsningar. En aspekt är frånvarandet av en juridisk standard för att kunna leverera en digital handling som ska vara juridisk bindande. För att komplettera denna brist så används det i dagsläget villkorsbilagor som ger den digitala handlingen en juridisk status. Avsaknaden av en standard kan hindra aktörer inom branschen från att nyttja en modell som en bygghandling.

Vidare menar författarna också att laserskanning är en så pass ny metod att det kan verka avskräckande för byggföretag att tillämpa. En viss problematik ligger i den utbredda okunskapen om hur laserskanning brukas. Dels är det svårt för en oerfaren person att använda verktyget, dels är laserskannrar dyra och därför måste företag se en lönsamhet med laserskanning. För att det skall vara möjligt för befintliga aktörer att bruka digitala hjälpmedel som exempelvis BIM, så måste de ekonomiska resurserna räcka till för att utbilda berörd personal. Det utgörande hindret är huruvida respektive företag står inför att ha råd med de kostnaderna eller inte.

7.3 Kan BIM användas som kontraktshandling?

Efter att sista frågeställningen behandlats, mynnar slutsatsen ut i att frånvarandet av en standard inte hindrar BIM från att kunna användas som en juridiskt bindande kontraktshandling. Dock visar arbetet på att det endast med hjälp av kompletterande villkorsbilagor är möjligt att genomföra detta.

8 Referenser

- Andersson, N., Johansson, V. (2012). *Metoder för laserskanning av hus*. (Examensarbete) Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola. Hämtad från <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/161255.pdf>
- Areakorrekt. (u.å.). *Relationsritning och relationshandling*. Hämtad 2020-06-08 från <https://www.areakorrekt.se/relationsritning/>
- Autodesk. (2018). *Fördelarna med BIM – inte bara design*. Hämtad 2020-05-04 från <https://www.autodesk.se/solutions/building-information-modeling/overview/value>
- Autodesk. (2020). *What are the benefits of BIM?*. Hämtad 2020-02-28 från <https://www.autodesk.com/solutions/bim/benefits-of-bim>
- Brohn, C.E. (2010). *BIM: ByggnadsInformationsModeller för byggmästare*. Hämtad från <https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/78628fa7-2640-4ab6-b367-9ab9ea2fce7f/FinalReport/SBUF%2012256%20Slutrapport%20BIM%20för%20byggmästare%20Handbok.pdf>
- BIM Alliance. (2017). *IFC (Industry foundation classes)*. Hämtad 2020-05-10 från <https://www.bimalliance.se/verktyg-och-stoed/standarder/datamodell/ifc-industry-foundation-classes/>
- BIM Alliance. (2018). *Avtalsmallar*. Hämtad 2020-03-23 från <http://www.bimalliance.se/verktyg-och-stoed/hjelpmedel-ochproduktstoed/avtalsmallar/>
- BIM Alliance; Byggherrarna; Installatörsföretagen; Svenska Teknik & Designföretagen; Sveriges Byggindustrier. (2016). *BIM - påverkan på affär och avtal*. SBUF. Hämtad 2020 05-19 från https://www.bimalliance.se/library/2886/bim_paverkan_pa_affar_och_avtal_foerstudierapport_rev_a_7_april_2016.pdf
- BIM i staten. (2014). *Riktlinje: BIM i projekt*. BIM Alliance. Hämtad 2020-05-19 från https://www.bimalliance.se/library/2272/riktlinjer_bim_i_projekt.pdf
- Boehler, W., & Marbs, A. (2002). *3D scanning instruments*. Mainz: University of Applied Sciences. http://i3mainz.de/sites/default/files/public/data/p05_Boehler.pdf
- Bosché, F. (2010). Automated recognition of 3D CAD model objects in laser scans and calculation of as-built dimensions for dimensional compliance control in construction. *Advanced Engineering Informatics*, 24, 107-118. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2009.08.006>
- Bosché, F., Ahmed, M., Turkan, Y., Haas, C. T., & Haas, R. (2015). The value of integrating scan-to-BIM and scan-vs-BIM techniques for construction monitoring

using laser scanning and BIM: The case of cylindrical MEP components. *Automation in Construction*, 49. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.014>

Byggandets kontraktsskommitté. (u.å.). *En effektivare byggprocess*. Hämtad 2020-03-18 från <http://foreningenbkk.se/>

Byggipedia. (2020). *Vad är AMA?*. Hämtad år 2020-04-23 från <https://byggipedia.se/byggprocessen/juridik/vad-ar-ama/>

Confluence. (u.å.) *Leica HDS7000*. Hämtad 2020-04-05
<https://confluence.qps.nl/dm/laser-scanning-leica-hds7000-50hz-20-17793903.html><https://confluence.qps.nl/dm/laser-scanning-leica-hds7000-50hz-20-17793903.html> [BILD]

Deli, R. (2017). *Kommersiella entreprenadavtal i praktiken*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.

Dinis, F. M., Sanhudo, L., Martins, J. P., & Ramos, N. M. M. (2020). Improving project communication in the architecture, engineering and construction industry: Coupling virtual reality and laser scanning. *Journal of Building Engineering*, 30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101287>

Eastman, C. (1975). Building Description System. *American Institute of Architects*.
<https://usmodernist.org/AJ/AJ-1975-03.pdf>

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons, Inc.

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

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Lee, G. (2018). *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers and contractors and facility managers*. John Wiley & Sons, Inc.

Englebart, D. C. (1962). *Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework*.
http://www.hypertel.org/index.php/Augmenting_Human_Intellect

Foster and Partners. (2020). *New Slussen Masterplan*. Hämtad 2020-03-26 från <https://www.fosterandpartners.com/projects/new-slussen-masterplan/>

Granroth, M. (2011). *BIM - ByggnadsInformationsModellering: orientering i en modern arbetsmetod: lärobok*. Stockholm: Arkitektur och samhällsbyggnad, Kungliga Tekniska högskolan.

Helenius. (u.å.). *Slussen – en dröm för drivna ingenjörer*. Hämtad 2020-03-28 från <http://www.helenius.se/kunder-tjanster/slussen-artikel/>

- Jensen, M. (2012). *Implementering av byggnadsinformationsmodellering i byggproduktionen*. (Examensarbete) Växjö: Linnéuniversitetet. Hämtad från: <http://lnu.diva-portal.org/smash/get/diva2:530999/FULLTEXT01.pdf>
- Jongeling, R. (2008). *BIM istället för 2D-CAD i byggprojekt: En jämförelse mellan dagens byggprocesser baserade på 2D-CAD och tillämpningar av BIM*. Luleå Tekniska Universitet. Hämtad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:998274/FULLTEXT01.pdf>
- Juell-Skielse, M. (2011). BIM i största byggprojekten. *Omvärldsbevakning*. <https://omvarldsbevakning.bygggtjanst.se/artiklar/2011/oktober/bim-i-storsta-byggprojekten/>
- Kim, M-K., Cheng, J.C.P., Sohn, H., & Chang, C-C. (2015). A framework for dimensional and surface quality assessment of precast concrete elements using BIM and 3D laser scanning. *Automation in Construction*, 49, 225-238. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.07.010>
- Leica Geosystems. (2011). *Leica ScanStation C10 Allt-i-ett laserscanner för alla applikationer*. Hämtad 2020-04-27 från http://w3.leica-geosystems.com/downloads123/hds/hds/ScanStation%20C10/brochures/Leica_ScanStation_C10_Brochure_sv.pdf
- Leica Geosystems. (2019). *Leica Scanstation C10*. Hämtad 2020-04-27 från <https://cpe.leica-geosystems.com/mx/scanstation-c10.html> [Bild]
- Lindström, M, Jongeling, R & Nilsson, G. OpenBIM. (2012). *BIM visar vägen, exempel på tillämpningar*. Malmö 2012. ISBN: 978-91-637-0561-8
- Mattson, O. (2017). *Från punktmoln till 3D-modell* (Examensarbete). Vasa: Lantmäteriteknik, Yrkehögskola. Hämtad från https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/125211/Mattsson_Oskar.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR0XgqpJ1JPPBol3D8oaNZdvweR2LgiRiLYEIsroD38DIDwBTI878nMVFus
- Modena. (2019). *History of 3D scanners*. Hämtad 2020-02-24 från <https://www.modena.co.za/history-of-3d-scanners/>
- Nikooheemat, S., Diakit , A. A., Zlatanova, S., & Vosselman, G. (2020). Indoor 3D reconstruction from point clouds for optimal routing in complex buildings to support disaster management. *Automation in Construction*, 114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103109>
- Niland, J. (2015). *BIM i projekt Förbifart Stockholm* [PowerPoint-presentation]. Hämtad från <https://position2030.se/wp-content/uploads/sites/34/2019/03/Position-2030-Jesper-Niland-BIM-i-F%C3%B6rbifart-Stockholm-190319-M7.pdf>
- Nohrstedt, L. (2017). Slussen byggs utan ritningar. *NyTeknik*. <https://www.nyteknik.se/bygg/slussen-byggs-utan-ritningar-6840537>

- Ojamäe, A. (2017). *Bildbaserad skanning och laserskanning av kulturhistoriska byggnader* (Examensarbete). Gävle: Lantmäteriteknik, Högskolan i Gävle. Hämtad från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1217788/FULLTEXT01.pdf>
- Pucko, Z., Suman, N., & Rebolj, D. (2018). Automated continuous construction progress monitoring using multiple workplace real time 3D scans. *Advanced Engineering Informatics*. 38, 27-40. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2018.06.001>
- Reshetyuk, Y. (2009). *Self-calibration and direct georeferencing in terrestrial laser scanning* (Doctoral thesis, Trita-TEC-PHD, ISSN 1653-4468; 09-001). Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan. Tillgänglig: <urn:nbn:se:kth:diva-9879>
- Sanhudo, L., Ramos, N. M. M., Martins, J. P., Almeida, R. M. S. F., Barreira, E., Simoes, M. L., & Cardoso, V. (2020). A framework for in-situ geometric data acquisition using laser scanning for BIM modelling. *Journal of Building Engineering*, 28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.101073>
- Skanska. (2020). *Förbifart Stockholm*. Hämtad år 2020-04-20 från <https://www.skanska.se/vart-erbjudande/vara-projekt/215486/Forbifart-Stockholm>
- Skanska. (2020). *Slussen, Stockholm*. Hämtad 2020-03-27 från <https://www.skanska.se/vart-erbjudande/vara-projekt/171042/Slussen%2c-Stockholm>
- Stribeck, J. (2017). *SLUSSEN, BIM-PROJEKTERING FÖR MODELLBASERAD PRODUKTION* [PowerPoint-presentation]. Hämtad från <https://docplayer.se/109462544-Slussen-bim-projektering-for-modellbaserad-produktion-digitalebygg-no-johan-stribeck-vdc-ansvarig-tikab.html>
- Stribeck, J. [Symetri]. (2015, 15 maj). *Symetri BIM Forum 2015 - Johan Stribeck, Tikab* (sv) [Videofil]. Hämtad 2020-04-03 från <https://www.youtube.com/watch?v=Ms3OH0R93ck>
- Tang, P., Huber, D., Akinci, B., Lipman, R., & Lytle, A. (2010). Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned points clouds: A review of related techniques. *Automation in Construction*. 19(7), 829-843. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.06.007>
- Trafikverket. (2013). *Rapport BIM i projekt Röforsbron Arboga, Västmanlands län*. Eskilstuna: Trafikverket.
- Trafikverket. (2019). *BIM – framtidens arbetssätt*. Hämtad 2020-04-19 från <https://www.trafikverket.se/nara-dig/Stockholm/vi-bygger-och-forbattrar/Forbifart-stockholm/bim/>
- Trafikverket. (2019). *Om E4 Förbifart Stockholm-projektet*. Hämtad 2020-04-18 från <https://www.trafikverket.se/nara-dig/Stockholm/vi-bygger-och-forbattrar/Forbifart-stockholm/Om-projektet/>

Trafikverket. (2020). *Upphandling och entreprenader i E4 Förbifart Stockholm*. Hämtad 2020-04-18 från <https://www.trafikverket.se/nara-dig/Stockholm/vi-bygger-och-forbattrar/Forbifart-stockholm/Upphandling/>

Trimble. (2013). *Laser scanning for an integrated BIM*. U.o.: Trimble

<https://www.tekla.com/de/trimble-5d/laser-scanning-for-bim.pdf>

Vägverket. (2005). *Nationell plan för bevarandevärda broar*. Borlänge: Vägverket

https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10414/RelatedFiles/2005_151_nationell_plan_for_bevarandevarda_broar.pdf

Van Nederveen, G. A., Tolman, F. P. Modelling multiple views on buildings.

Automation in Construction, (1). doi:[https://doi.org/10.1016/0926-5805\(92\)90014-B](https://doi.org/10.1016/0926-5805(92)90014-B)

Wang, Q., Guo, J., & Kim, M-K. (2019). An application oriented scan-to-BIM

framework. *Remote sensing*, 11(3), 365. doi: <https://doi.org/10.3390/rs11030365>

Wihlborg, A. (2016). Förbifart Stockholm satsar på BIM och digital projektering.

Framtidens Infrastruktur. <http://framtidensinfrastruktur.se/artikel/forbifart-stockholm-satsar-pa-bim-och-digital-projektering/>

WSP. (u.å.). *Laserskanning*. Hämtad 2020-02-23 från [https://www.wsp.com/sv-](https://www.wsp.com/sv-SE/tjanster/laserskanning)

[SE/tjanster/laserskanning](https://www.wsp.com/sv-SE/tjanster/laserskanning)

Xiong, X., Adan, A., Akinci, B., & Huber, D. (2013). Automatic creation of

semantically rich 3D building models from laser scanner data. *Automation in Construction*, 31, 325-337. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.10.006>

Bilagor

Villkorsbilaga Entreprenad

https://www.bimalliance.se/library/4243/bilaga_diglev_entrepenad_ifyllningsbar-1.pdf

Villkorsbilaga Projekteringsuppdrag

https://www.bimalliance.se/library/4244/villkorsbilaga_projektering_ifyllningsbar-1.pdf