Informationsförluster i byggprocessen

- orsaker, konsekvenser och lösningar

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet samhällsbyggnadsteknik

ANANYA PETTERSSON
ISAK SJÖQUIST

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
AVDELNINGEN CONSTRUCTION MANAGEMENT

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2024
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

Informationsförluster i byggprocessen

Orsaker, konsekvenser och lösningar

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

ANANYA PETTERSSON
ISAK SJÖQUIST

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Construction Management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2024

Informationsförluster i byggprocessen

- orsaker, konsekvenser och lösningar

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

ANANYA PETTERSSON

ISAK SJÖQUIST

© ANANYA PETTERSSON & ISAK SJÖQUIST, 2024

Examensarbete ACEX20
Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Chalmers tekniska högskola 2024

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 2024

Informationsförluster i byggprocessen

- orsaker, konsekvenser och lösningar

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik

ANANYA PETTERSSON

ISAK SJÖQUIST

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Construction Management
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

I dagens byggprocess i Sverige är informationshanteringen bristfällig och kommunikationssvårigheter förekommer. Byggnadsprojekt omfattas av stora mängder information som ska samordnas av flera olika aktörer. Effektiva informationsflöden är avgörande för att säkerställa lyckade resultat. Därför undersöker detta examensarbete hur information förloras, vilka konsekvenser det får samt identifierar lösningar för att minska informationsförluster.

För att nå målet med arbetet utfördes en litteraturstudie som ger en bakgrund till ett traditionellt ritningsbaserat byggande, jämfört med ett modellbaserat byggande. Båda arbetssätten utgår från en digital 3D-modell, där det ritningsbaserade arbetssättet senare i byggprocessen använder pappersritningar som primära bygghandlingar. Detta anses skapa informationsförluster då objektsinformation ur digitala modeller inte kan överföras till pappersritningar, samt att flera olika informationskällor skapas.

En kvalitativ studie genomfördes där projektörer intervjuades för att få en inblick i hur information hanteras i byggprocessen. Tillsammans med litteraturstudien kunde slutsatsen dras att de största problemen med informationshantering beror på det traditionella arbetssättet där förtroendet för modeller avtar under produktionsfasen. Detta leder till dubbla arbetsprocesser där flera olika informationskällor skapar osäkerhet kring pålitligheten då all information ur modeller inte kan förmedlas på pappersritningar.

När det finns osäkerheter eller saknas information i bygghandlingar ökar risken för felaktigheter som leder till ändringsarbeten. Detta bidrar till ökade kostnader, förseningar och materialspill. Om dessa problem inte kan åtgärdas på grund av förbrukad budget eller tidsbrist kvarstår felen när byggnaden är färdigställd. Informationsflödet kan effektiviseras med en modell- och informationsbaserad byggprocess genom att användas som den enda informationskällan i projekt samt genom möjligheten att implementera objektsinformation. Däremot anses okunskap hos olika aktörer kring möjligheter med detta arbetssätt motarbeta en utveckling då det ritningsbaserade arbetssättet upplevs bekvämligt. Därmed behöver kunskapen hos aktörer, främst hos personer i beslutsfattande positioner, ökas för att skapa förändring.

Nyckelord: informationsförluster, digital utveckling, Building Information Modeling, BIM, modellbaserat byggande, kommunikation

Information Loss in the Construction Process

- Causes, Consequences and Solutions

Degree Project in the Engineering Programme
Civil and Environmental Engineering

ANANYA PETTERSSON

ISAK SJÖQUIST

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

ABSTRACT

In today's construction process in Sweden, information management is poor and communication difficulties occur. Construction projects involve large amounts of information to be coordinated by several different stakeholders. Efficient information flows are crucial to ensure successful outcomes. Therefore, this thesis investigates how information is lost, what the consequences are and identifies solutions to reduce information loss.

A literature study was conducted that provides a background to traditional drawing-based construction, compared to model-based construction. Both methods are based on a digital 3D model, where the drawing-based method later in the construction process uses paper drawings as primary construction documents. This is considered to create information losses as object information from digital models cannot be transferred to paper drawings, and several different sources of information are created.

Designers were interviewed to gain insight into how information is managed in the construction process. Together with the literature study, it could be concluded that the main problems with information management are due to the traditional way of working where trust in models decreases during the construction phase. This leads to duplicate work processes where several different sources of information create uncertainty about reliability as not all information from models can be conveyed on paper drawings.

When there are uncertainties or missing information in construction documents, the risk of errors leading to changes increases. This contributes to increased costs, delays and material waste. If these issues cannot be resolved due to budget or time limitations, the errors persist once the building is completed. The flow of information can be enhanced with a model- and information-based process by using it as the only source of information in projects and by the possibility to implement object information. However, ignorance among various stakeholders about the possibilities of this way of working is considered to counteract development as the drawing-based way of working is perceived as comfortable. Thus, the knowledge of stakeholders, especially those in decision-making positions, needs to be increased to create change.

Key words: information loss, digital transformation, Building Information Modeling, BIM, model-based construction, communication

Innehåll

SAMMANFATTNING I
ABSTRACT II
INNEHÅLL III
FÖRORD V
BETECKNINGAR VI

1 INLEDNING 1
1.1 Syfte 1
1.2 Frågeställningar 1
1.3 Avgränsningar 1

2 METOD 2
2.1 Litteraturstudie 2
2.2 Kvalitativ studie 2
2.3 Metoddiskussion 3

3 BAKGRUND 4
3.1 Informationsförluster i byggprocessen 4
3.1.1 Överlämningar av pappershandlingar 4
3.1.2 Flera olika informationskällor 5
3.1.3 Datainteroperabilitet mellan mjukvaror 5
3.1.4 Ostrukturerad och otillgänglig information 6
3.2 Ritningsbaserad byggprocess 7
3.2.1 Skapande av ritningar 7
3.2.2 Ritningsbaserad granskningsprocess 7
3.2.3 Risker och utmaningar med en ritningsbaserad byggprocess 8
3.3 Modellbaserad byggprocess 8
3.3.1 Fördelar med BIM 9
3.3.2 Utmaningar med BIM 11
3.3.3 BIM i produktion 11
3.3.4 Modellbaserad granskningsprocess 12
3.3.5 BIM begränsas av parallella arbetsflöden 13
3.4 Common Data Environment (CDE) 14
3.5 Modellbaserade byggprojekt 15
3.5.1 Röforsbron 15
3.5.2 Thames Tideway Tunnel 15
3.5.3 Celsius 15

4 RESULTAT 17
4.1 Orsaker till informationsförluster 17

4.1.1 Pappersritningar 17
4.1.2 Otillgänglig och icke-spårbar information 18
4.1.3 Okunskap hos aktörer 19
4.1.4 Bristande kommunikation 20
4.2 Strategier för att minska informationsförluster 20
4.2.1 En modell- och informationsdriven byggprocess 21
4.2.2 Common Data Environment 24
4.2.3 Kategoriserade kravställningar 25
4.2.4 Användning av mjukvaror 25
4.2.5 Ökad kunskap hos aktörer 26
4.2.6 Förbättrad kommunikation 28

5 DISKUSSION 29
5.1 Ritningsbaserat arbetssätt 29
5.2 Utveckling mot en modell- och informationsdriven byggprocess 29
5.3 En enda informationskälla och datainteroperabilitet 30
5.4 Dokumenterad och spårbar information 31
5.5 Kommunikationsmetoder 32

6 SLUTSATS 33
6.1 Vilka typer av informationsförluster finns i byggprocessen? 33
6.2 Vad får informationsförluster i för konsekvenser? 33
6.3 Hur kan informationsförluster i byggprocessen minskas? 34
6.4 Förslag på framtida studier 34

7 REFERENSER 35

8 BILAGOR 38

Förord

Detta examensarbete omfattar 15 högskolepoäng och avslutar vår högskoleingenjörsutbildning inom samhällsbyggnadsteknik vid Chalmers tekniska högskola. Arbetet utfördes under vårterminen 2024 vid institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik på avdelningen Construction Management.

Vi vill rikta ett stort tack till vår examinator Mattias Roupé, avdelningen för Construction Management på Chalmers tekniska högskola, för all vägledning och rådgivning under arbetets gång. Ett stort tack ges även till vår handledare Kristian Sjöstedt, WSP, för hans engagemang och enormt stöd på vägen. Slutligen vill vi tacka samtliga respondenter som tog sig tiden att delta i vår intervjustudie och delade sina erfarenheter kring ämnet.

Göteborg, maj 2024

Ananya Pettersson & Isak Sjöquist

Beteckningar

ABK 09 *Allmänna bestämmelser för konsultuppdrag* – standardavtal i byggbranschen för konsultuppdrag.

API *Application Program Interface* – protokoll för att överföra data mellan olika mjukvaror och system.

BIM *Building Information Modeling (byggnadsinformationsmodellering)* – process för att digitalt samla information på ett och samma ställe genom hela byggprocessen.

CM *Construction Management* – företag som assisterar byggherren vid delad entreprenad

RFP *Rumsfunktionsprogram* – specificerar funktionskrav för alla rum i en byggnad

1 Inledning

Bygg- och anläggningsbranschen ligger efter i jämförelse med andra industrier när det kommer till att hantera information genom hela processen av en produkt (Borrmann, 2018). Projekt i byggbranschen har ofta stora mängder data att hantera och involverar vanligen flera olika aktörer som ska samarbeta (Davies & Harty, 2013). Trots detta dominerar skapandet av ritningar och även processer där både Building Information Modeling (BIM) och pappersritningar används samtidigt. BIM är en process för att hantera information hela livslängden för en byggnad (Svensk byggtjänst, 2021). Mycket tyder på att byggbranschen skulle dra stor nytta av att digitaliseras (Davies & Harty), 2013). BIM har möjlighet att spela en betydande roll i utvecklingen genom att ersätta pappersritningar med ett modell- och informationsbaserat byggande.

1.1 Syfte

Syftet med studien är att undersöka hur och varför information förloras i byggprocessen. Rapporten identifierar arbetssätt som bidrar till informationsförluster och behandlar konsekvenserna av dessa. Vidare avser arbetet att hitta lösningar för hur informationsförluster kan minskas.

1.2 Frågeställningar

Följande frågeställningar har formulerats för att besvara syftet:

- Vilka typer av informationsförluster finns i byggprocessen?
- Vad får informationsförluster i byggprocessen för konsekvenser?
- Hur kan informationsförluster minskas i byggprocessen?

Genom att besvara dessa frågeställningar kan en djupare förståelse uppnås för de utmaningar som finns inom informationshantering i byggbranschen. Det skapar rum för att hitta potentiella lösningar, vilket är av stor betydelse för att främja effektivitet, kvalitet och hållbarhet inom byggsektorn.

1.3 Avgränsningar

Rapporten behandlar främst informationsförluster i byggnadsprojekt, men där det som behandlas i detta arbete anses kunna appliceras på anläggnings- och infrastrukturprojekt. Det beror på att respondenterna från intervjustudien endast arbetar med byggnadsprojekt.

Arbetet avser att få ett perspektiv om hur personer med projekteringserfarenhet ser på problem med informationshantering och därmed görs inga intervjuer med andra typer av aktörer. Studien fokuserar primärt på hur problemet ser ut i den svenska byggbranschen.

2 Metod

I detta avsnitt beskrivs metoderna som användes för att samla in data till bakgrunden. Dessutom presenteras metoden för hur den kvalitativa studien genomfördes, etiska riktlinjer och metoddiskussion.

2.1 Litteraturstudie

Arbetet består av en litteraturstudie där relevant information samlats in löpande under hela studiens gång. Datainsamlingen omfattade huvudsakligen vetenskapliga artiklar som är relevanta för informationshantering inom byggsektorn. Teorin hämtades med hjälp av sökningar på Google, Google Scholar och Scopus. Genom noggranna sökningar och urval säkerställdes det att den inhämtade informationen var av hög kvalitet och bidrog till att belysa ämnet på ett mångsidigt och djupgående sätt.

2.2 Kvalitativ studie

En kvalitativ studie med semistrukturerade intervjuer genomfördes. I en semistrukturerad intervju förbereds grundfrågor i förväg som ställs till samtliga respondenter (Adeoye-Olatunde, 2021). Under intervjun skapas det rum för individuella följdfrågor som anpassas till respondentens svar. Detta ger plats för mer djupgående förståelse och möjlighet till nya insikter.

Val av respondenter grundades på att få så relevant och djupgående information som möjligt från projektörer ur olika disciplin som arbetar dagligen i byggbranschen. Detta gjordes för att få en mångsidig och omfattande förståelse av informationshantering i byggprocessen. Även personer med omfattande erfarenhet inom BIM och informationssamordning intervjuades. För att svaren ur intervjustudien inte ska påverkas av okunskap kring ämnet sattes ett krav på att respondenterna behöver ha minst fem års erfarenhet i byggbranschen. Respondenterna som intervjuades var en mjukvaruleverantör med projekteringserfarenhet, VVS-konstruktör, projektledare, BIM-samordnare samt och BIM-strateg.

De semistrukturerade intervjuerna genomfördes i fysiska möten på respondentens arbetsplats. En av intervjuerna gjordes digitalt via Microsoft Teams. Intervjuerna spelades in för att sedan transkriberas. Alla intervjuer sammanfattades separat för att ge en överblick över hur resultatet skulle struktureras. Efter detta sammanställdes resultatet i ett eget kapitel. I rapporten anonymiseras respondenterna av etiska skäl genom att inte nämna intervjupersonernas namn eller koppling till arbetsplats. Endast respondenternas nuvarande roll och antal års erfarenhet i branschen beskrivs.

En diskussion gjordes sedan där bakgrunden och intervjustudien jämförs för att hitta likheter och skillnader. Slutligen skrevs en slutsats där frågeställningarna och syftet besvarades.

2.3 Metoddiskussion

Intervjustudien utfördes med relativt få deltagare och därmed en liten variation. Några av de tillfrågade respondenterna ville ej delta och på grund av tidsbrist fanns det inte möjlighet att genomföra fler intervjuer. Om fler personer hade intervjuats hade ett mer nyanserat resultat fåtts som således ökar pålitligheten.

Den kvalitativa studien genomfördes mestadels med projektörer från konsultföretag inom byggbranschen, vilket riskerar att ge ett vinklat resultat. Konsultföretag fakturerar ofta sina kunder per timme och strävar på så sätt att fakturera så många timmar som möjligt. Således finns det en risk att konsultföretagen uppmärksammar åsikter och metoder som är positiva till arbetssätt som möjliggör till fler timmar att fakturera för. Detta är något som kan leda till att vissa konsekvenser inte tas upp och att hela sanningen inte kommer fram. Några av de som intervjuades arbetar med BIM och är därför sannolikt positivt inställda

För att få ett bredare deltagarurval hade personer ur fler discipliner kunnat intervjuats. Intervjuer med yrkesarbetare och olika aktörer, såsom beställare och förvaltare, hade också bidragit till en större variation och bättre förståelse av ämnet. Resultatet hade på så sätt blivit mindre vinklat och tydliga mönster hos de olika aktörerna hade blivit lättare att se. För att nå ut till fler personer och därmed få fler svar hade även enkäter kunnat genomföras.

3 Bakgrund

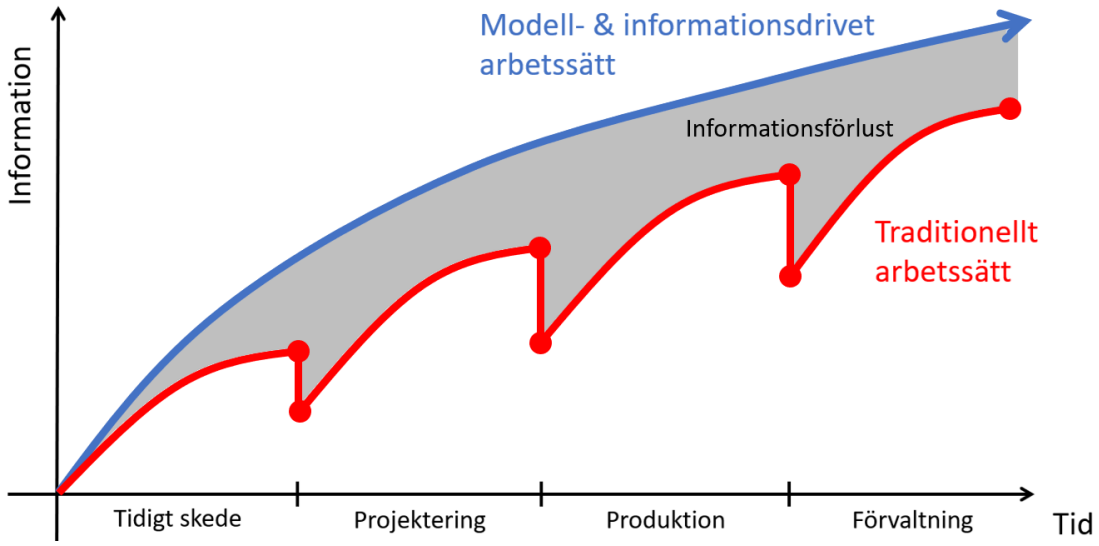
Detta kapitel behandlar olika anledningar till att informationsförluster sker i byggprocessen samt vilka följder det kan få för att ge förståelse för ämnet. Avsnittet jämför även skillnader i överlämning av information på ett ritningsbaserat sätt och modellbaserat sätt. Vidare tas det upp hur Building Information Modeling (BIM) och Common Data Environment (CDE) kan påverka informationsflödet i byggprocessen.

3.1 Informationsförluster i byggprocessen

Nedan följer en introduktion av vanliga orsaker till informationsförluster. Dessa är överlämningar av pappershandlingar, användandet av flera olika informationskällor, problem med datainteroperabilitet mellan mjukvaror och ostrukturerad samt otillgänglig information.

3.1.1 Överlämningar av pappershandlingar

Det traditionella sättet att lämna vidare ritningar har sedan länge varit bygghandlingar i pappersform, både när det gäller 2D-ritningar och tekniska beskrivningar, men även mängdförteckningar och andra dokument (Borrmann, 2018). Det görs mellan olika personer genom hela livscykeln för ett byggnadsprojekt: i förstudien, projekteringen, produktionsfasen samt förvaltningsskedet, men främst mellan dessa skeden (Gaunt, 2017). När handlingar överlämnas till andra aktörer och övergår från digital form till pappersform tappas värdefull information. Förlusterna av information sker främst vid övergångarna mellan de olika skedena (se figur 3.1).



Figur 3.1. Informationsförluster i byggprocessen på grund av avvikelser i informationsflödet (baserad på Borrmann, 2018)

Informationsförluster genom pappershandlingar beror till stor del på att objektsinformation som skrivs in i byggnadsdelar i en modell inte kan överföras till pappersritningar (Gaunt, 2017). Denna data syftar på information som inte visualiseras i modeller, utan listas i en förteckning när användaren öppnar det valda objektet i en mjukvara. Ritningar består av linjer, mått och symboler för att kunna

visualisera olika delar av en byggnad, där objektsdata inte kan överföras från modellen till ritningar på ett praktiskt sätt (Jongeling, 2008). Denna information måste i sådana fall bli bilagor till ritningarna, vilket riskerar att bli stora mängder information som är omständligt att hantera. Så fort fysiska ritningar och dokument börjar hanteras förloras möjligheten att tillämpa BIM (Gaunt, 2017).

3.1.2 Flera olika informationskällor

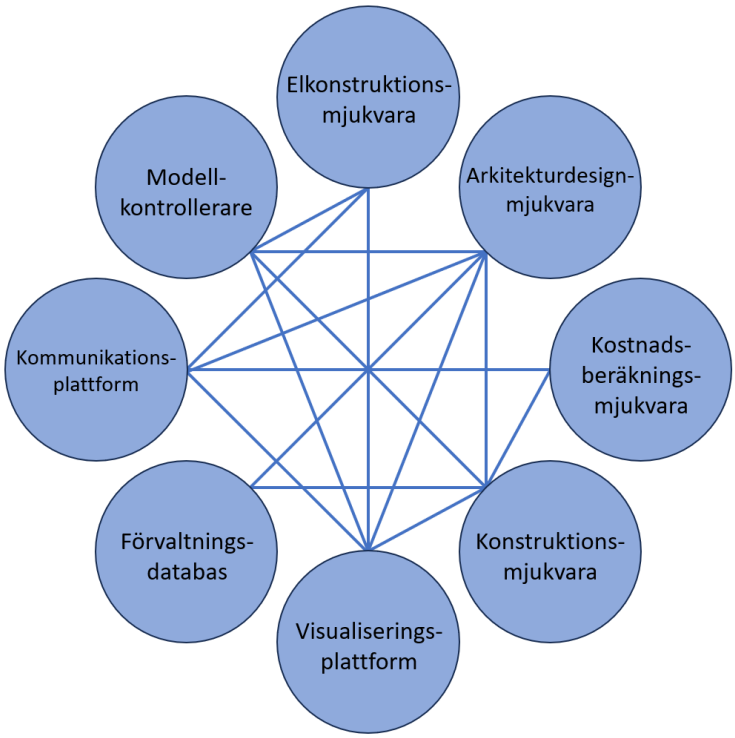
Det förekommer att flera olika informationskällor skapas och används under ett projekts gång (Gaunt, 2017). Vid granskningar under projekteringsfasen skapas 2D-ritningar där det inte är ovanligt att projektören fortsätter arbeta med modellen under tiden. På så sätt uppstår flera olika versioner som inte längre bär samma information. Detta riskerar att resultera i felaktiga versioner vid informationsöverlämningar och oklarheter kring vilken version som aktuell.

Det är problematiskt när flera olika Common Data Environments (CDE) används (Jaskula, 2024). Om dessa CDE:er inte kommunicerar med varandra fungerar de som olika informationskällor. Detta är något som kan leda till brister i informationen, minskad pålitlighet, inaktuella versioner av dokument samt dubbelarbete. Det försämrar också spårbarheten av dokument som har överförts. Att arbeta i flera olika databaser liknar ett pappersbaserat arbetssätt, då dokument skickas mellan olika plattformar och aktörer i stället för att ha en gemensam databas (Soman & Whyte, 2020).

3.1.3 Datainteroperabilitet mellan mjukvaror

Varje disciplin har olika mjukvaror som lämpar sig för olika typer av modellering (Lai & Deng, 2018). Datainteroperabilitet handlar om att kunna dela och föra över data mellan olika mjukvaror. Traditionellt sett har det funnits en begränsning i kommunicering av data mellan olika mjukvaror och gränssnitt. Detta beror delvis på att mjukvaror använder olika metoder för att skapa information, vilket kan förhindra möjligheten till importering och exportering av filer.

Dagens byggprojekt kan vara stora och komplexa där det traditionella arbetssättet inte klarar av den ökade datamängden och informationsutbytena som måste göras (Lai & Deng, 2018). Det beskrivs som att flera ”informationsöar” skapas, där alla öar inte kan kommunicera med varandra på ett gemensamt sätt (se figur 3.2). Det är därför nödvändigt att ha ett gemensamt gränssnitt för att kunna kommunicera data mellan olika typer av mjukvaror.



Figur 3.2. Traditionell datainteroperabilitet mellan olika mjukvaror (baserad på Lai & Deng, 2018)

Soman & Whyte (2020) anser att det behövs gemensamma filformat. Annars riskerar data att tappas på vägen. PDF-filer är inte tillräckliga då implementerad objektsdata inte kan exporteras på ett praktiskt sätt till denna filtyp. När olika mjukvaror inte kan kommunicera med varandra ökar risken för dubbelt arbete eftersom det som skapades i ena mjukvaran kan behöva skapas eller manuellt föras in i ett annat program.

3.1.4 Ostrukturerad och otillgänglig information

Informationsdelning mellan personer görs ofta genom ostrukturerade informationskanaler såsom möten och e-post (Soman & Whyte, 2020). Detta skapar en begränsning i vilka som kan ta del av informationen som dessutom inte dokumenteras på ett strukturerat sätt. Endast de som närvarar vid möten eller inkluderas i e-posttrådar får tillgång till den delade informationen. Därmed riskerar information att råka återskapas eller bearbetas av en annan person som inte var inkluderad i informationskanalen, vilket minskar produktiviteten.

Soman & Whyte (2020) beskriver även att användningen av CDE:er medför svårigheter. CDE:er finns till för att data och dokument ska vara tillgängligt och spårbart. Trots att många projekt har en CDE så väljer personer att i stället använda e-post föra att kommunicera och föra över dokument. Användare upplever att mjukvarorna ofta är för långsamma eller komplicerade att använda. Därför väljer personer att i stället använda e-post för att kommunicera och föra över dokument.

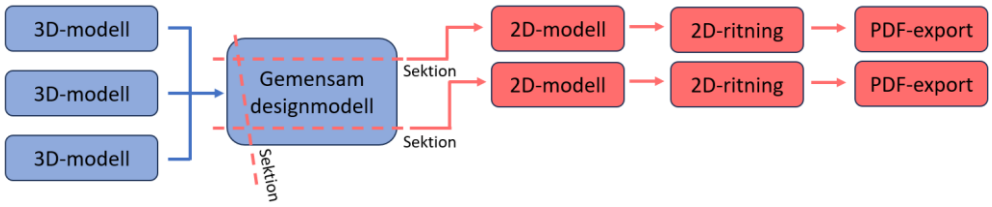
3.2 Ritningsbaserad byggprocess

I dagens byggprocess brukar sällan enbart ritningar användas, utan det brukar vara en kombination av pappersritningar och en digital modell (Gaunt, 2017). Traditionellt är 2D-ritningar bygghandlingar som är juridiskt bindande (Påsse et al., 2022). 2D-ritningar används fortfarande som primärkälla för informationshantering i produktionsfasen (Solidworks, 2015).

3.2.1 Skapande av ritningar

Traditionellt skapas pappersritningar ur en 3D-modell, där olika sektioner och vyer tas ut för att sedan exporteras till 2D-ritningar (Gaunt, 2017). Varje disciplin konstruerar sin 3D-modell som sedan slås ihop till en gemensam designmodell (se figur 3.3). Modellen granskas där ändringar som uppkommer åtgärdas för att sedan granskas på nytt (se kapitel 3.2.2). Därefter läggs fokus på att producera 2D-ritningar med kommentarer.

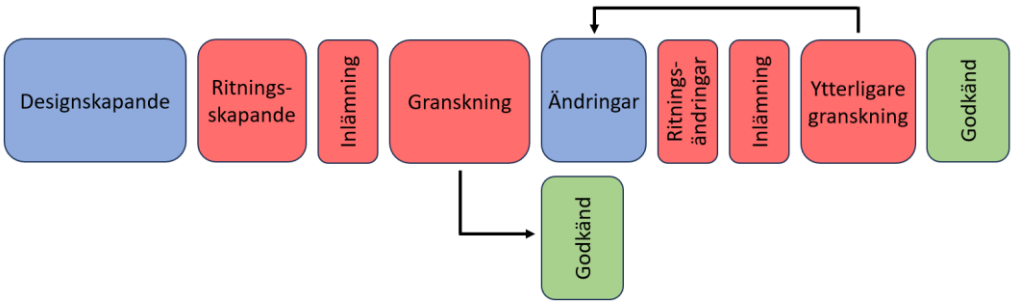
Denna traditionella överlämningsmetod med ritningar minskar tiden som kan läggas på designen av en byggnad (Gaunt, 2017). Ofta ger kunden inte kommentarer eller sina åsikter förrän när ritningar har skapats. Ändringar som uppkommer så sent tar därför lång tid att genomföra.



Figur 3.3. Det traditionella sättet att överlämna ritningar, där ritningsskapandeprocessen visas i rött (baserad på Gaunt, 2017)

3.2.2 Ritningsbaserad granskningsprocess

När en design av en byggnad är klar skapas ritningar som sedan skickas till granskning (Gaunt, 2017) (se figur 3.4). Om visualiseringen anses vara tillräcklig och all nödvändig information är inkluderad går processen vidare till det slutgiltiga godkännandet och kan stämplas som bygghandling. Vid behov av ändringar görs dessa först i designmodellen, varpå nya ritningar skapas som sedan skickas på granskning igen för att inleda en godkännandeprocess på nytt.



Figur 3.4. En ritningsbaserad granskningsprocess. Utveckling av designmodellen visas i blått och ritningsskapandeprocessen i rött (baserad på Gaunt, 2017)

Att göra ändringar på ritningar tar således ofta lång tid och kräver fler dokument, vilket kan vara svårt att organisera (Solidworks, 2015). Detta försvårar informationshanteringen under produktens livscykel.

3.2.3 Risker och utmaningar med en ritningsbaserad byggprocess

Ritningar bidrar till att flera olika informationskällor skapas (Gaunt, 2017). Så fort en ritning skapas ur en modell finns två olika informationskällor. Om en projektör fortsätter att arbeta med en modell och gör ändringar som påverkar det som visualiseras på ritningen så förmedlar källorna olika information, förutsatt att ritningen inte ändras. Det förekommer att projektörer ofta fortsätter arbeta med modellen efter att vissa delar har skickats på granskning. På så sätt finns det en risk med att skapa ritningar ur en modell.

Koder, beteckningar och objektsinformation som implementeras i olika byggnadsdelar i modeller kan inte överföras till ritningar på ett automatiskt eller praktiskt sätt (Jongeling, 2008). Denna information måste läggas till manuellt, men där endast den nödvändigaste informationen får plats. I modeller finns det ingen begränsning i hur mycket data som kan implementeras.

Aibinu & Papadonikolaki (2019) menar att skapandet av ritningar är det mest tidskrävande momentet i en byggprocess där det för en nybyggnation av ett flerbostadshus med 40 lägenheter tog upp 41 % av projekteringstiden. Det gör det till en ineffektiv och kostsam process där tiden som läggs på skapande av ritningar minskar tiden en projektör kan lägga på att designa en välgjord modell (Gaunt, 2017).

På 2D-ritningar kan det vara svårt för mottagaren att bearbeta informationen som förmedlas (Solidworks, 2015). Personen behöver själv försöka visualisera hur produkten kommer se ut i 3D, vilket kan vara svårt och kan leda till att brister uppstår. En pappersritning i 2D kan inte bära lika mycket information som en 3D-modell kan. Kvalitets- och noggrannhetsbrister är dessutom vanligt förekommande, vilket leder till fler produktionsfel och mer materialspill.

För att kunna skapa tillverkningsritningar behöver fabrikören detaljerade ritningar att utgå ifrån (Sacks et al., 2018). Om dessa ritningar är inkorrekta eller baserade på andra ritningar som innehåller brister blir tillverkningsritningarna i sin tur felaktiga. Detta resulterar i tidskrävande och kostsamma åtgärder om felen inte upptäcks i tid. Således blir fabrikstillverkning svårare och mycket av tillverkningen måste ske på plats när alla förutsättningar är kända.

3.3 Modellbaserad byggprocess

En modellbaserad byggprocess innebär att BIM används som den enda informationskällan genom hela byggprocessen (Disney et al., 2022c). Under projekteringsfasen kräver det att modeller bär all information genom att integrera objektsinformation i varje objekt (Disney et al., 2023). I kontraktshandlingar är modellen juridiskt bindande och inga pappersritningar skapas och skickas till byggarbetsplatsen.

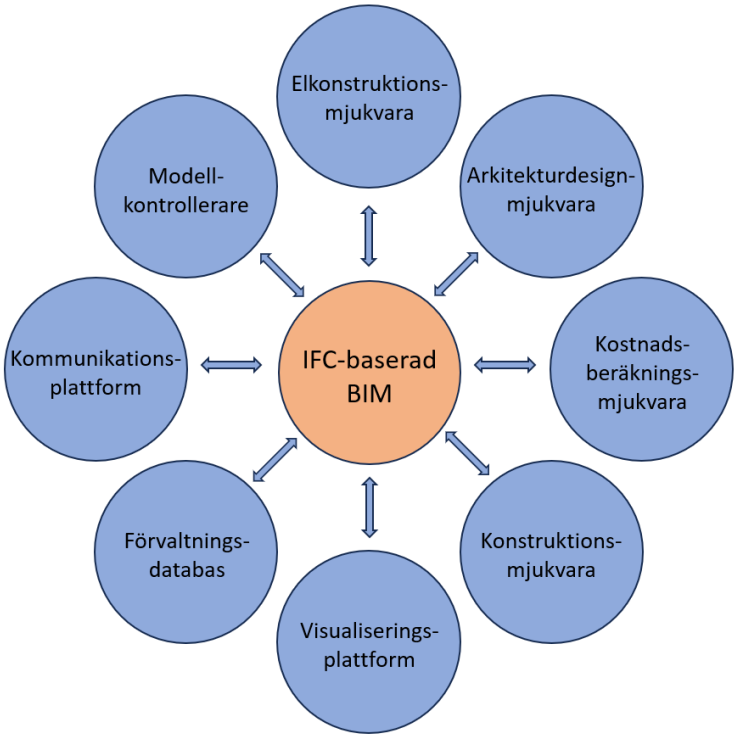
Med pappersritningar behöver arkitektens noggrannhet inte vara perfekt, utan kan ha brister och till och med ibland *”fuska lite grann”* (Disney et al., 2022a). Engagemanget för att skapa en korrekt modell och använda den genom hela byggprocessen blir på så sätt större redan från början (Gaunt, 2017). Detta kan få bukt med ökade kostnader, förseningar och stämningar som riskerar att ske med användandet av pappersritningar. Framför allt kommer ett modellbaserat byggande resultera i färre oklarheter vid informationsövergångar på grund av att kravet att leverera ritningar upphör.

Genom detta arbetssätt blir BIM en digital tvilling av det som byggs (Disney et al., 2023). Denna typ av byggprocess kommer dessutom ställa högre krav på ledande aktörer (Disney et al., 2022b). Brooks et al. (2022) menar däremot att det inte finns många verkliga exempel där BIM har använts som den enda informationskällan genom hela byggprocessen.

3.3.1 Fördelar med BIM

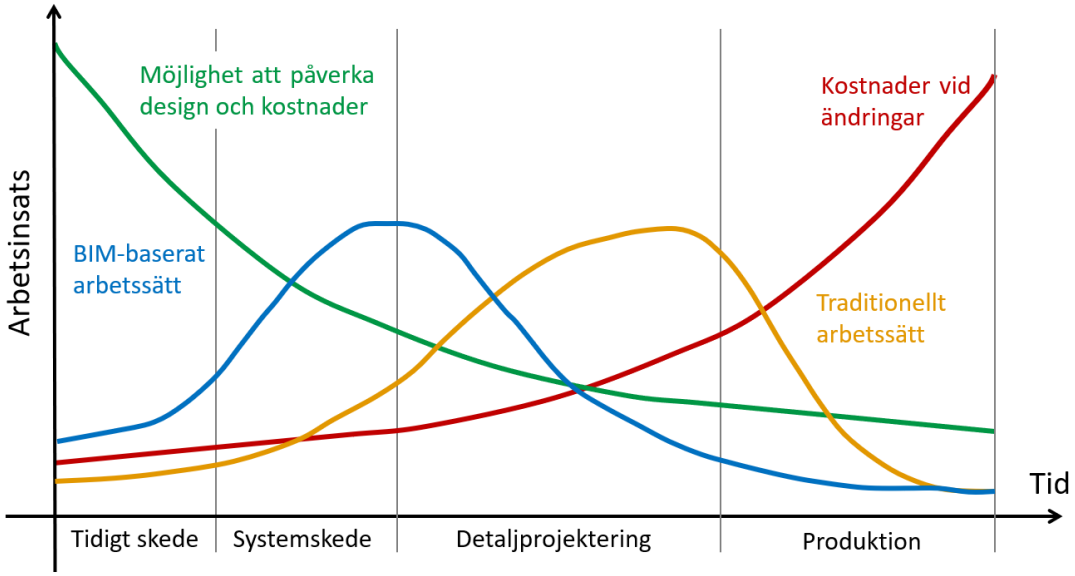
BIM är ett stort steg framåt från traditionellt användande av CAD och medför många tekniska fördelar, såsom förbättrad samordning mellan discipliner och ökad produktivitet inom byggbranschen (Ghaffarianhoseini et al., 2017). Genom att möjliggöra dataöverföring och integrering av olika mjukvaror samt att kunna använda avancerade verktyg för modellering och simulering är BIM en viktig teknologi för design, producering och underhåll av byggnader.

Genom BIM har en standard för datautbyte skapats där filformatet IFC (Industry Foundation Classes) har utvecklats (Ghaffarianhoseini et al., 2017). I IFC-filer kan geometri visualiseras och objektsinformation implementeras, vilket underlättar för datautbyte mellan olika mjukvaror. IFC är ett öppet format som är kompatibelt med flera olika CAD-program (BIM Alliance, u.å.) och möjliggör på så sätt för datainteroperabilitet mellan flera olika typer av programvaror. Genom detta minimeras antalet ”informationsöar” (Lai & Deng, 2018) (se figur 3.5).



Figur 3.5. BIM-baserad datainteroperabilitet mellan olika mjukvaror genom filformatet IFC (baserad på Lai & Deng, 2018)

Planering med BIM innebär en större arbetsinsats tidigare i projektet i jämförelse med en traditionell process (Borrmann, 2018). Tidigt i projekt är möjligheten att påverka designen och kostnader som störst och minskar därefter under projektets gång (se figur 3.6). I det traditionella arbetssättet görs det mesta av design- och teknikarbetet i detaljskedet, vilket leder till att ändringar är svårare och dyrare att genomföra. Med BIM blir ändringarna lättare att genomföra och har inte lika stor kostnadspåverkan.



Figur 3.6. Skillnaden mellan ett BIM-baserat arbetssätt och traditionellt arbetssätt för möjligheten att påverka designen samt kostnader vid ändringar under projektets gång (baserad på Borrmann, 2018)

Inom informationshantering möjliggör BIM omfattande datainsamling och integration under designprocessen (Ghaffarianhoseini et al., 2017). För att uppnå ett effektivt samarbete mellan olika disciplin och yrkesgrupper kommer vidareutbildning behövas för att kompetensen ska vara tillräcklig (Gaunt, 2017). BIM minskar risken för konflikter och gör att användare kan upptäcka samband mellan komponenter samt identifiera krav som ställs (Ghaffarianhoseini et al., 2017). Detta medför att alla discipliner kan se sin del i förhållande till hela projektet. BIM-verktyg tillåter att data från olika yrkesgrupper samordnas och samarbetar effektivt inom modellen, vilket möjliggör en mer heltäckande och korrekt representation av byggprojektet.

Ytterligare fördelar finnes inom de ekonomiska aspekterna av BIM-användning. BIM har visat sig skapa höga ROI-värden (Return on Investment) och motverkar förseningar (Ghaffarianhoseini et al., 2017). Det finns både kortsiktiga och långsiktiga ekonomiska fördelar, däribland minimering av personalomsättning, färre fel i dokumenthantering och minskade konstruktionskostnader. Genom att kontinuerligt uppdatera modellen kan aktörer hålla sig inom budgetramar och vara medvetna om kostnadskonsekvenserna under designprocessen.

4D BIM avser visualisering av en 3D-modell samt tidsplanering, vilket är ett viktigt verktyg för samordning och kommunikation (Ghaffarianhoseini et al., 2017). Mängder, material och komponenter kan specificeras automatiskt och underlättar för just-in-time-leveranser av byggnadsmaterial direkt till byggarbetsplatsen. Detta minimerar väntetider och optimerar resursanvändningen. Med 4D BIM visualiseras inte bara modellen, utan förser även med kravställningar genom hela projektet. Efter ett färdigställande av en byggnad kan BIM-verktyg underlätta för fastighetsskötare i det dagliga arbetet och förberedelser för underhåll.

3.3.2 Utmaningar med BIM

Gaunt (2017) poängterar att det finns en utmaning i att övertyga personer i beslutsfattande positioner att implementera ett arbetssätt som baseras på BIM. Kompetensnivån behöver höjas hos alla inblandade parter så att modellinformationen kan granskas korrekt. Entreprenörer riskerar även att ha en negativ inställning och därför är det viktigt att projektkulturen förändras tidigt genom forum för viktiga projektfrågor som kan diskuteras och komma överens om lösningar.

Bristfälliga kunskaper om BIM kan vara ett hinder vid implementeringen av ett modellbaserat byggande (Ahmadi & Arashpour, 2020). Modeller behöver modelleras med högre kvalitet och om engagemanget från discipliner är lågt riskerar det att inte vara tillräckligt detaljerat senare för entreprenören i produktionsfasen. Vissa arbetsgivare ser upplärningstiden och kostnaderna för BIM som för höga jämfört med traditionella metoder, vilket också leder till minskad implementering då det anses som en för stor risk. Dåliga standarder i branschen och brist på vinstgarantier blir ytterligare orsaker till att det inte används till sin fulla potential.

3.3.3 BIM i produktion

Projektörer behöver förbereda för modellbaserade överlämningar till produktionen där modeller behöver vara tillräckligt bra modellerade och innehålla objektsinformation för att vara till nytta för produktionsledningen och yrkesarbetare (Disney et al., 2023).

Projektörers inställning bör vara att leverera produktionsanpassad information genom att fundera på vilken information som är viktig för entreprenören så att produktionen kan arbeta så effektivt som möjligt.

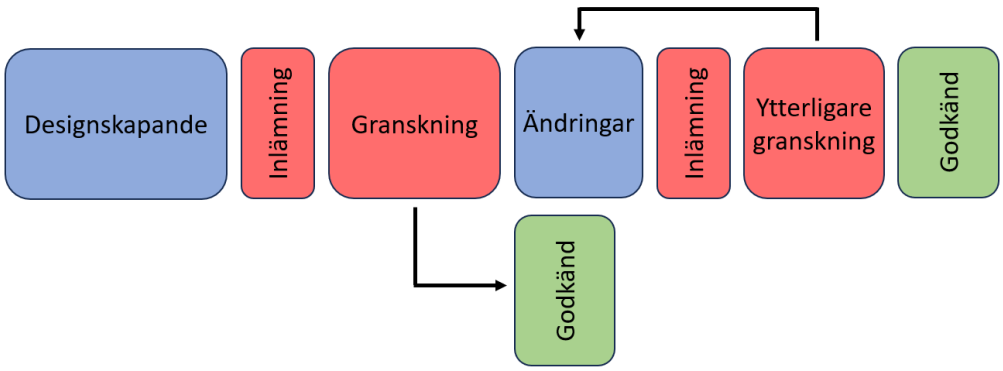
3D-vyer, sektioner och mått måste kunna skapas på byggarbetsplatsen utifrån mjukvaror som visualiserar en modell med LOD 350, MMI 350 eller MMI 400 (Disney et al., 2023). LOD står för Level of Development och handlar om olika objekts geometriska tydlighet och objektinformationens pålitlighet (BIM Forum, 2023). LOD 350 innebär att objekt visualiseras grafiskt i en modell där dess egenskaper såsom storlek, form, position och riktning kan mätas i förhållande till intilliggande objekt. Största skillnaden mellan MMI (Model Maturity Index) och LOD är att LOD fokuserar mer på de geometriska specifikationerna och att MMI lägger mer fokus på att kontrollera och utveckla designprocessen (BIM Corner, 2021). MMI 400, till skillnad från MMI 350, kräver att entreprenören verifierar kvaliteten på modeller och objekt.

Inför produktionen ska modellen, objektsinformation, mängder och information i databaser finnas i en BIM-baserad molnplattform som entreprenörens enda informationskälla (Disney et al., 2023). Genom molntjänsten får entreprenörer de senaste versionerna från projektören som uppdateras automatiskt. Detta arbetssätt hjälper projektledningen att se framstegen som görs och underlättar att hantera problem som uppstår. Att skapa 3D-vyer och sektioner, utföra checklistor, ta ut mått och mängdavtagning ska vara tillgängliga verktyg på mobila enheter för yrkesarbetare.

Med hjälp av BIM på byggarbetsplatsen kan hanteringen av brister och felaktigheter som upptäcks underlättas (Disney et al., 2023). Yrkesarbetare kan skapa ärenden och ta egna foton som sedan laddas upp tillsammans med text som beskriver problemet. Ärendet kategoriseras och skickas vidare till rätt person som ansvarar för att lösa felet. Produktionsanpassad information i ett gemensamt gränssnitt med möjlighet till att skicka frågor, feedback, felaktigheter och uppdateringar till produktionsledningen eller discipliner resulterar i en mer integrerad och effektivare kommunikation. Handläggningstiderna blir kortare då behovet att använda e-post eller telefon för att kommunicera minskar.

3.3.4 Modellbaserad granskningsprocess

Granskningar är ett nödvändigt moment som behöver ske kontinuerligt tillsammans med kunden (Gaunt, 2017). Vid granskning av en modell behöver inte några ritningar uppdateras, utan alla ändringar görs direkt i modellen (se figur 3.7). Detta är en stor fördel jämfört med en ritningsbaserad granskningsprocess, där modellgranskningar är mer tidseffektiva.



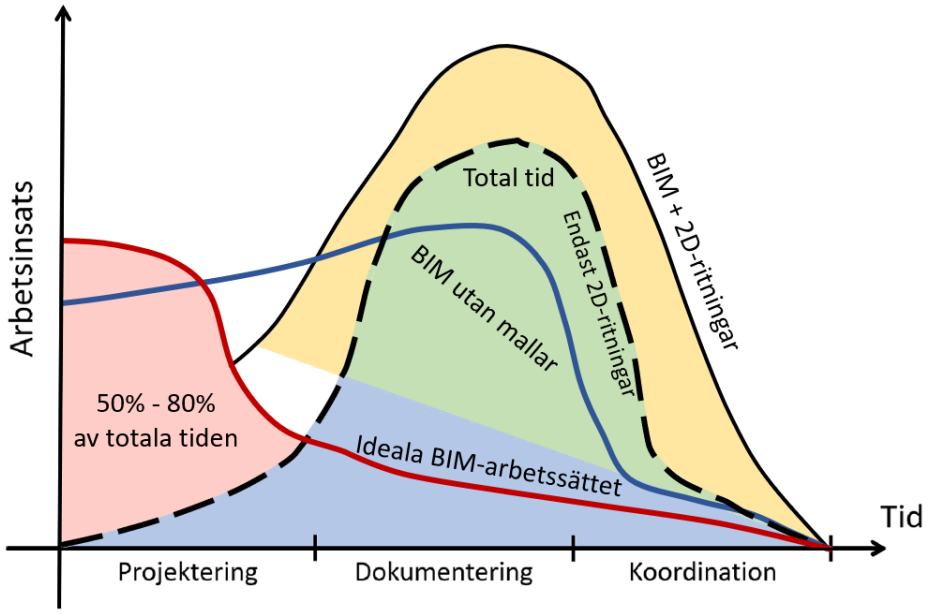
Figur 3.7. Granskningsprocessen vid ett modellbaserat byggande (baserad på Gaunt, 2017)

En digital informationsmiljö bidrar till högre kvalitet vid överlämningen av information som resulterar i ett minskat behov av omfattade ändringar (Solidworks, 2015). Det ger i sin tur ger betydande kostnadsbesparingar. Kostnader för frekventa ändringar och uppdatering av ritningar minimeras genom en enda informationskälla.

3.3.5 BIM begränsas av parallella arbetsflöden

Idag används BIM till största delen under projekteringsfasen där det även skapas pappersritningar parallellt utifrån modellen. Detta leder till dubbla arbetsflöden med olika informationskällor (Disney et al., 2022a). I detta skede slutar modellen att uppdateras och visar inte längre tydligt vad som avses att byggas (Påsse et al., 2022). Detta medför att förtroendet för modellen försvinner i produktionsfasen, vilket är kostsamt och ökar risken för fel och brister (Disney et al., 2022a).

Aibinu & Papadonikolaki (2019) anser att användning av BIM parallellt med ett ritningsbaserat arbetssätt riskerar att vara det mest ineffektiva arbetssättet (se figur 3.8). Däremot att endast arbeta med BIM utan standarder och mallar är inte mer effektivt, utan standarder och mallar krävs. Användandet av BIM på rätt sätt kan ge betydande tids- och kostnadsbesparingar på lång sikt.



Figur 3.8. Det ideala sättet att arbeta med BIM jämfört med BIM utan mallar, ett 2D-ritningsbaserat byggande samt en kombination av dessa två (baserad på Aibinu & Papadonikolaki, 2019)

Den största anledningen till att BIM inte används i den uträckning som den skulle kunna göra beror på bristfälliga kunskaper (Påsse et al., 2022). Förståelsen om vad som kan tas ut ur modellen och vad BIM kan användas till är ofta begränsad. Detta skapar problem senare i projekt då aktörer inte har kunskap om vad informationen kan användas till. Aktörer behöver lära sig att BIM inte bara används till att visualisera, utan att det också är en modell som hanterar stora mängder data.

Disney et al. (2022a) menar att branschen behöver komma ifrån dessa parallella arbetsflöden genom att implementera en modellbaserad byggprocess. Förtroendet för modellen kommer öka när arbetskraften skiftar från att skapa pappersritningar till att lägga mer tid på att åtgärda designfel. Med en juridiskt bindande modell i alla faser som den enda källan för informationshämtning kommer produktiviteten öka.

3.4 Common Data Environment (CDE)

Common Data Environment är en digital plattform som används för att organisera information i ett projekt (Preidel & Borrmann, 2016). Syftet är att endast behöva använda en informationskälla (Jaskula et al., 2024). Det finns en internationell standard för CDE:er, ISO 19650, som har format flera programvaror.

De involverade personerna i ett byggnadsprojekt når projektets CDE genom en molnbaserad tjänst där samtliga aktörer kan lagra data och filer (Preidel & Borrmann, 2018). Molnlagringen möjliggör att informationen som lagras är av den senaste versionen, vilket kräver större manuellt ansvar att kontrollera med lokala filsystem. Genom att centralisera datalagring minimeras på så sätt risken för flera olika informationskällor används. Huvudmodeller kan lagras tillsammans med samtliga discipliners individuella delmodeller, databaser och tillhörande dokument som behövs i projektet för att hålla hög tillgänglighet.

3.5 Modellbaserade byggprojekt

Det finns få byggnadsprojekt där BIM har använts som den enda informationskällan genom hela byggprocessen (Brooks et al., 2022). Röforsbron, Thames Tideway Tunnel och Celsius är tre projekt där visionen från beställaren tidigt i projekten har varit att arbeta på ett modellbaserat sätt.

3.5.1 Röforsbron

Sveriges första modellbaserade byggprojekt blev Röforsbron som byggdes 2013 över Arbogaån (Disney et al., 2022b). Tidigt i projektet bestämdes det att modellen skulle ha högre prioritet än ritningarna i kontraktshandlingarna. Mjukvaran Tekla BIMsight användes under produktionen och begränsade arbetet på grund av att de funktioner som behövdes inte fungerade tillräckligt bra (Byggvärlden, 2012). Yrkesarbetare kunde inte få ut exakta mått och objektsinformation ur modellen på de surfplattor som användes för att visualisera modellen (Disney et al., 2022b). Lösningen var att placera en ingenjör på byggarbetsplatsen som skapade mått, sektioner och vyer åt yrkesarbetarna samt tog fram objektsinformation. Denna information levererades i form av skärmbilder som laddades upp till en gemensam plattform där yrkesarbetarna kunde nå informationen. Att yrkesarbetarna själva inte kunde få ut information från modellen tog upp mer tid än beräknat och mer resurser krävdes på byggarbetsplatsen. För att ett modellbaserat byggande ska fungera under produktionen behöver informationen för yrkesarbetare vara lättillgänglig och lätthanterlig.

3.5.2 Thames Tideway Tunnel

När avloppssystemet Thames Tideway Tunnel i London påbörjades var målsättningen ett modellbaserat projekt där ritningar inte behöver tillverkas (Gaunt, 2017). Projektören tyckte att skapandeprocessen för ritningar var ineffektiv och därför bestämdes det att information skulle hämtas direkt from BIM-modellen – vilket ansågs vara unikt (Disney et al., 2022c). Däremot begränsades BIM-användningen redan i projekteringsfasen då ritningarna blev juridiskt bindande för projektet. På så sätt blev det inte tillräckligt att projektören skapade en modell, utan ritningar behövde också tillverkas. Det medförde en parallell process med tillverkning av 2D-ritningar vid sidan av det modellbaserade arbetssättet, vilket kräver en större arbetsinsats och minskar hela syftet med BIM.

3.5.3 Celsius

I Celsius prioriterades BIM högre än de traditionellt juridiskt bindande 2D-ritningar som kontraktshandlingarna (Disney et al., 2022b). Alla involverade aktörer använde sig av BIM under samtliga faser. Yrkesarbetare i produktionen kunde genom BIM erhålla relevant information med hjälp av mjukvaran StreamBIM som är kompatibel med mobilenheter, surfplattor och datorer. I StreamBIM kan användare skapa egna produktionsorienterade vyer som anpassas efter individens behov. Ur modellen kunde mått och objektsinformation tas ut. Under projektets gång utnyttjade entreprenörerna StreamBIMs funktion att dokumentera fel som kräver åtgärder genom att ta foton med mobiltelefoner och ladda upp direkt i applikationen. Dessa ärenden kan skickas direkt till den projektör som ansvarar för att hitta en lösning på problemet.

Celsius är baserat på implementeringen av Total BIM: en metodik som avviker från traditionella pappersritningar och i stället förlitar sig enbart på BIM som huvudkälla för information och dokumentation (Disney et al., 2022b). Total BIM-konceptet gjorde att projektet höll tidsramen och landade inom budget.

4 Resultat

I detta kapitel sammanfattas svaren från respondenterna i intervjustudien. Resultatet är indelat i orsaker till informationsförluster och strategier för att minska informationsförluster. Tabell 4.1 visar bakgrundsinformation om respondenterna.

Respondent	Nuvarande roll	Antal år i byggbranschen
R1	Mjukvaruleverantör	11 år
R2	BIM-samordnare	6 år
R3	VVS-konstruktör	9 år
R4	Projektledare	40 år
R5	BIM-strateg	22 år

Tabell 4.1. Information om de respondenter som deltog i intervjustudien.

4.1 Orsaker till informationsförluster

Respondenterna påpekade fyra huvudsakliga orsaker till informationsförluster. Det handlar om att information är otillgänglig samt ej spårbar, aktörer saknar kunskap om byggnadstekniska lösningar och möjligheter med digital utveckling, pappersritningar används som de huvudsakliga bygghandlingarna samt kommunikativa problem.

4.1.1 Pappersritningar

Samtliga respondenter som intervjuades var överens om att ritningar är ett problem som leder till stora informationsförluster. Ritningar är begränsade till linjer, former, pilar, symboler och korta förklaringstexter. I förklaringstexterna är det bara den mest nödvändiga informationen som kan tas med. Det medför att objektsinformation som integreras i byggnadsdelar i modeller förloras vid överlämningar av pappersritningar. En respondent beskriver att *”det går inte att nyttja informationen från projektören fullt ut med ritningar”* (R5, BIM-strateg). Då byggnadsprojekt handlar om stora mängder information och data krävs fungerande metoder för att motverka förluster.

I många fall kan ritningar inte visualisera det som avses att byggas tillräckligt bra. Hur olika komponenter är placerade i förhållande till andra komponenter är inte alltid tydligt nog med klassiska 2D-ritningar. Det kan framför allt bli rörigt när mycket installationer och teknik projekteras.

> Ofta skapas en ritning som visar all el-konstruktion för ett område i en byggnad och en annan ritning som visar hur VVS-konstruktionen är ritad, men det behövs även en tredje ritning som visar hur el- och VVS-konstruktionen hänger ihop. Modeller visualiserar allt detta mycket bättre. (R3, VVS-konstruktör)

Det behövs flera ritningar för att ge entreprenören en tydlig bild där modellen anses vara ett bättre alternativ. Entreprenören behöver även *”en kognitiv förmåga för att förstå hur 2D-ritningar visualiserar något som ska byggas i tre dimensioner”* (R3, VVS-konstruktör). Visualisering med 3D-modellering är det naturliga sättet att förstå hur objekt är placerade. När sjukhus byggs brukar sjukhuspersonal involveras för att bedöma om det som har projekterats fungerar för deras verksamhet. För dessa personer kan det vara svårt att förstå hur slutresultatet blir utifrån ritningar.

Att skapa ritningar tar väldigt lång tid för projektörer. Flera av respondenterna beskriver ritningsskapande som ett onödigt moment då det är en kostsam process som tar lång tid och där informationen som kan överlämnas är begränsad. *”I vissa fall hinner en nyskapad ritning för ett ändringsarbete bli inaktuell innan den har hunnit komma fram till byggarbetsplatsen på grund av att ytterligare en ändring har hunnit begäras”* (R1, mjukvaruleverantör). På så sätt skapas ett tidsglapp där yrkesarbetare riskerar att hinna utföra en felaktig uppgift innan den korrekta informationen har nått fram på grund av att ritningsskapande är en långsam process.

Nuförtiden används modeller ofta i produktion, men där ritningar fortfarande existerar och har högre prioritet i kontraktshandlingarna. Projektörer lägger ofta mycket tid på modeller där *”ritningsskapandet vid sidan av blir ett dubbelt arbete”* (R3, VVS-konstruktör). I produktionsfasen blir det en kompromiss där modellen tappar mer och mer fokus och ritningar används i stället. Ritningsskapande är en ineffektiv process som inte skapar något värde, utan bidrar till att information förloras mellan aktörer.

Hos många aktörer finns det en osäkerhet kring om det finns möjlighet att använda andra handlingar än ritningar som bygghandlingar. Svaren från intervjustudien pekar på att det beror främst på att det inte finns så många svenska projekt där ritningar har varit lägre rangordnat i kontraktshandlingarna än exempelvis en modell. Denna juridiska osäkerhet tvingar projektören att skapa ritningar som är detaljerade och läsbara, vilket är tidskrävande. Flera aktörer anses dessutom vara bekväma i det traditionella arbetssättet. *”Folk gör som i tidigare projekt, det som är bekvämt”* (R5, BIM-strateg). På så sätt är få villiga att förändra sina arbetsmetoder.

4.1.2 Otillgänglig och icke-spårbar information

Vid långa byggnadsprojekt är det vanligt att personer som är involverade byts ut på olika sätt. Det kan exempelvis bero på att människor byter jobb eller att en aktör ersätts. Det beskrivs som *”utmanande att behålla all information när folk byts ut under ett projekts gång”* (R3, VVS-konstruktör). All information i ett projekt finns inte dokumenterad, utan en hel del kunskap finns enbart i människors hjärnor. Många företag har rutiner för dokumentering, men ofta blir det ett personligt ansvar som inte alltid fungerar.

Information behöver vara spårbar för att överenskommelser och beslut ska vara lätta att hitta. När beslut som har tagits tidigare ses över riskerar bristfälliga beslutsunderlag att begränsa förståelsen till endast de personer som var deltagande vid beslutstagandet.

> Om man fattar ett beslut och håller fast vid det under projektets gång är det inga problem. Men så fort man börjar titta tillbaka och omvärdera beslut, vilket projektering till stor del handlar om, blir spårbarheten ofta ett stort problem. Det skapar ineffektivitet när man får börja om. (R5, BIM-strateg)

Anledningar bakom beslut dokumenteras sällan, vilket leder till en osäkerhet kring beslut som har tagits. Det är heller inte vanligt att alternativa lösningar dokumenteras. På så sätt skapas tvivel kring varför beslutet togs skapas och beslutsprocessen riskerar att göras om från noll, vilket gör att mycket tid går åt spillo.

4.1.3 Okunskap hos aktörer

I många fall finns det bristande kunskaper hos beställare, fastighetsägare och förvaltare. *”Ju tidigare man kommer och ju senare man går i processen, desto mer ovana är dessa aktörer”* (R5, BIM-strateg). Det är ett vanligt förekommande problem att beställare saknar förståelse för vilka byggnadstekniska lösningar de faktiskt behöver för att deras verksamhet ska fungera.

> När en datorhall för många år sedan skulle projekteras hade beställaren ett krav på en exakt temperatur på 20 grader, plus minus noll. Efter ett bra tag kom det fram att datorernas livslängd inte började försämras förrän vid 27 grader och teknik för att hålla enbart 20 grader kostar jättemycket att projektera och drifta. (…) Hade beställaren specificerat ett krav på 20 grader plus minus fyra grader hade alla inblandade sparat mycket tid. (R4, projektledare)

Projektörer behöver lägga onödigt mycket tid på att utreda vilka behov en kund faktiskt har. Det finns förståelse för fastighetsägare som ska bygga en fabrik för första gången, men det finns många exempel på återkommande kunder som saknar kunskap om tekniska behov för sin verksamhet. Detta är något som resulterar i att projektören i många fall får skulden för brister som påverkar en verksamhet där det har projekterats korrekt enligt kravställningar och anvisningar från beställaren.

I de fall då nya krav tillkommer sent i projekt från beställaren riskerar projektören att inte hinna med att utföra ändringarna ordentligt. Ju längre projekteringen går, desto svårare är det att genomföra ändringar. Det behövs tas hänsyn till fler discipliner, samt att många komponenter som har projekterats påverkar varandra. På så sätt behöver ingenjörer vara försiktiga med sena ändringar då *”det riskerar annars att leda till ännu fler ändringar om man inte kontrollerar riktigt ordentligt”* (R3, VVS-konstruktör). I vissa fall *”ruinerar [ändringar] fullständigt allt som har gjorts innan”* (R4, projektledare). Detta orsakar således ändringar i tidplanen och bidrar till ökade kostnader.

Risken ökar för brister i byggnader då ändringarna inte hinner slutföras korrekt eller kontrolleras tillräckligt på grund av tid eller budget. *”En brist i varje rum”* (R5, BIM-strateg). Alla byggnader innehåller brister och det är oundvikligt att bygga helt felfria byggnader, men det måste alltid vara högt eftersträvansvärt att motverka brister.

Aktörer saknar ofta kompetens kring utvecklingsmöjligheter och nyttor med BIM och olika tekniska medel. Personer i beslutsfattande positioner säger sig vara positivt inställda till digital utveckling, men agerar inte i enlighet med vad de säger. Det är vanligt förekommande att digital utveckling förknippas med höga kostnader och att de är komplicerade att implementera i en verksamhet. Detta medför att aktörer blir bekväma i sina traditionella arbetssätt.

Det beskrivs även om ett särskilt motstånd i branschen kring en modellbaserad byggprocess. En intervjuperson beskriver att *”Då det är beställaren som bestämmer blir beställaren ofta bromsklossen på grund av låg förståelse”* (R4, projektledare). I de fall då beställaren accepterar ett modellbaserat arbetssätt krävs en helt komplett modell utan brister.

> De beställare som vill ha en modell genom hela processen vill ofta ha en helt perfekt modell utan minsta lilla kollision och det kostar jättemycket att göra en modell som är 100 procent i stället för 95 procent. En modell som är 95 procent felfri funkar gott och väl då yrkesarbetarnas kompetens täcker upp för de sista 5 procenten, men att projektera de sista 5 procenten är onödig perfektion som kostar en massa ingenjörstimmar. (R4, projektledare)

Att rita upp alla detaljer i en modell tar lång tid och skapar inte värde för entreprenören i produktionsfasen. Förutsatt att projektören har förståelse för vilken information yrkesarbetare behöver på plats behöver inte modeller vara helt perfekta.

4.1.4 Bristande kommunikation

Kommunikation mellan personer i byggbranschen sker på olika sätt, bland annat genom e-post, telefonsamtal, analoga möten, digitala möten, fråga-svar-tjänster och verbala möten. Det finns ofta rutiner för dokumentering genom mötesprotokoll och enskilda anteckningar, men trots detta uppstår oklarheter och information glöms bort.

Vid fysiska möten riskerar information som inte skrivs ned att glömmas bort och det förekommer att personer ibland uttrycker sig på oklara sätt där mottagaren missförstår. På möten är det inte alltid personer med tillräcklig kompetens som deltar, vilket påverkar när informationen ska förmedlas vidare till personer som inte deltog. Telefonsamtal dokumenteras sällan heller.

Kommunikation med e-post blir lätt ostrukturerat. Det finns ett personligt ansvar i att sortera inkorgar så att e-postmeddelanden hamnar i rätt mapp. Sorteringen är en manuell process som försvåras av att projektnummer, projektnamn och syfte inte alltid skrivs i ämnesraden. En ostrukturerad inkorg i samband med många e-postmeddelanden resulterar lätt i att meddelanden försvinner. Tillgängligheten är låg då informationen begränsas till mottagarna. Meddelanden i textform medför vissa tolkningssvårigheter då mottagaren inte ser något kroppsspråk och inte kan höra några betoningar på ord.

Sedan coronapandemin har arbete hemifrån blivit mer vanligt vilket har lett till att antalet digitala möten har ökat. Även under dessa möten kan det vara svårt att uppfatta om mottagaren förstår och det finns ett behov att ställa specifikt riktade kontrollfrågor. Det förekommer att vissa personer inte har webbkameror påslagna och kan på så sätt slippa undan ansvar genom sin anonymitet.

4.2 Strategier för att minska informationsförluster

För att minska informationsförluster föreslogs användning av ett modell- och informationsdrivet byggande, en gemensam CDE och tydliga kategoriserade kravställningar. Det gavs även förslag på olika kommunikationsrutiner samt vilka typer av mjukvaror som kan användas för att stärka informationsflödet. Vikten av ökad kunskap hos olika aktörer påpekades även.

4.2.1 En modell- och informationsdriven byggprocess

Byggbranschen i Sverige går mot ett modell- och informationsdrivet byggande som har stor möjlighet att påverka hur information hanteras. I Norge och Danmark är det vanligt förekommande att myndigheter ställer ett modellbaserat byggande som krav. Sverige ligger efter i utvecklingen och respondenterna är överens om att det är en lång tid kvar innan modellbaserat byggande kommer att ses som en branschstandard.

4.2.1.1 Användning av modeller i stället för pappersritningar

Att arbeta med modeller i projektering har gjorts länge. Utan en modell blir det krångligt att konstruera byggnader och det blir i stället *”ett gigantiskt peka-på-plats-arbete”* (R5, BIM-strateg). Visualisering anses vara det enklaste och mest naturliga sättet att uppfatta hur något ska se ut, hur montering ska ske och vart det ska placeras. Däremot i produktionsfasen är det inte lika vanligt att modellen används och framför allt inte till dess fulla potential. Objektsinformationen som varje objekt bär når inte yrkesarbetarna i produktionen när 2D-ritningar skapas. *”Entreprenörer som arbetar med iPads tappar noll information”* (R4, projektledare). Med en modell kan yrkesarbetare hämta korrekt och aktuell information direkt genom att klicka på objekt i en visualiseringsmjukvara på en surfplatta eller mobiltelefon.

Om modellen används för att visualisera i produktion försvinner behovet av pappersritningar. Skapandet av ritningar blir en onödig process som inte genererar värde och resulterar i ett parallellt arbetsflöde. Ritningar kan enbart bära den mest nödvändigaste informationen genom att projektören manuellt lägger till informationsflaggor och drar pilar. Denna information är inte tillräcklig och resten av informationen för objektet behövs förmedlas på andra sätt, exempelvis genom dokument, som blir svårhanterligt vid stora mängder av beskrivningar. På grund av detta är data i databaser att föredra över dokument. Risken för felaktigheter som uppstår när informationen inte hunnit uppdaterats på ritningar kan minimeras med ett modellbaserat arbetssätt.

Med modellen som bygghandling används alltid den aktuella versionen. Genom automatiska uppdateringar från projektörens konstruktionsmjukvara till visualiseringsmjukvaran som används i produktionen går det att säkerställa att korrekt version används. Därmed finns det ingen risk att yrkesarbetare bygger utifrån en utdaterad ritning.

Framför allt delplanritningar och sektionsritningar kan skapas genom produktionsvyer direkt i modeller. Det läggs mycket tid på att skapa snitt på alla känsliga ställen i konstruktioner som i sin tur bildar sektioner. Även förklaringsritningar saknar användning då objekten i modeller kan ha den informationen.

Flera av respondenterna utrycker däremot att vissa ritningar, exempelvis detaljritningar och översiktsritningar, bör behållas i några år till. *”Detaljer, anslutningar, lister, fogdetaljer blir inte alltid rätt. Svårt att visualisera och tar tid att göra”* (R5, BIM-strateg). De är svåra att visualisera och riskerar att inte bli korrekta. Modeller kan förutom detta bli tunga att arbeta med på grund av stora filstorlekar om alla detaljer ritas in. Även rörläggare och sprinklerarbetare behöver i nuläget ha ritningar då den nödvändiga informationen sällan är utritad i 3D-modellen. De

ritningar som behålls behöver inte skrivas ut, utan bör finnas tillgänglig i den visualiseringsplattform som används för att slippa hanteringen av fysiska papper.

Samtliga respondenter är överens om att BIM är utveckling i rätt riktning som måste genomföras på ett strukturerat sätt. *”BIM är ordning och reda och bär mer information”* (R5, BIM-strateg). Vid implementeringen av ett modellbaserat byggande räcker det inte med att enbart fasa ut pappersritningar. Behovet av databaser och objektsinformation blir betydligt större och det krävs en stark samordning för att kunna hålla struktur genom projektens gång. Det är även starkt kopplat till organisation, ansvarsområden och kunskapsnivåer. Det behövs ett nytt arbetssätt med BIM där kraven ställs från personer i beslutsfattande positioner. Ofta är det ett hierarkiskt problem där en BIM-samordnare får ansvaret och samtidigt svarar till en projekteringsledare som i sin tur svarar till en projektledare. Besluten behöver ligga på projektledningsnivå där personer finns som har mandat att driva igenom nya processer.

4.2.1.2 Kostnadsförändringar

Att investera i utbildning för att kunna använda sig av modellbaserat byggande sparar pengar i längden. Vissa av respondenterna uttrycker att de inte har arbetat i projekt som är helt modellbaserade, men en annan respondent menar att kompetensen hos projektörer inte riskerar att vara bristfällig. Det är främst beställare och entreprenörer som har behov av utbildning för detta.

De ökade kostnaderna som uppstår med modellbaserat byggande i projekteringen består delvis av investeringskostnader, men framför allt av att mer tid läggs i detta skede. ”*Man flyttar kostnaderna kan man säga*” (R5, BIM-strateg). Gränsdragningen mellan projektering och produktion förskjuts för att lägga lite mer tid på projekteringen, vilket ligger till grund för att kunna minska kostnaderna i produktionen. Denna förskjutning kan möjliggöra en minskad totalkostnad.

När mer tid läggs på en modell minskar behovet av ritningar som är en resurskrävande process med stora kostnader. Dessa resurser kan användas för att skapa en mer detaljrik modell, vilket är en mer effektiv användning av resurser samt genererar betydligt större mervärde jämfört med pappersritningar. En mer effektiv tidsdisponering skulle kunna ge betydande kostnadsförändringar.

> Är man tvungen att lägga 40% mer på att det ska bli perfekt då måste man se att i nästa läge så tjänar jag igen de 40 procenten och det blir mycket billigare och mycket enklare att sköta allting annat och då måste utfallet ifrån det vara så rätt så att du inte behöver göra en massa efterarbete. (R4, projektledare)

Syftet är att minimera de totala kostnaderna genom att återvinna den tid och resurser som investeras i projekteringen under produktionen. Ändringar som utförs under projekteringsfasen är mer kostnadseffektiva jämfört med förändringar som behöver genomföras under själva produktionsfasen. Det är därför viktigt att identifiera och utföra justeringar under projekteringen för att maximera effektiviteten. Innovationsprojektet Celsius är ett exempel som har med ett modellbaserat byggande lyckats hållas inom budget och blev färdigt tre månader tidigt.

I produktionen har entreprenörer ofta personal med administrativt arbete. Det kan exempelvis handla om arbetsledare som paketerar information för att förbereda yrkesarbetare för nästa moment. Projektören kan göra detta bättre utifrån ett modellbaserat byggande där modellen och tillhörande databaser möjliggör för just-in-time-leveranser av information. Detta minskar risken för kostsamma stopptider som kan uppstå i produktionen vid brist på information. *”När entreprenören börjar fundera och samla ihop vilka förfrågningar som ska skickas till leverantören så är de redan för sent ute”* (R5, BIM-strateg). Att entreprenören ska organisera och leta efter information ökar risken för förseningar som kostar mycket pengar. Informationen som finns tillgänglig för entreprenören ska vara tillräcklig för att kunna bygga.

4.2.1.3 Lönsamhet

För projekt som har komplicerade tekniska lösningar är det fördelaktigt att arbeta med en modell. Lönsamheten ökar med en modell *”så fort du bygger någonting som är krångligt”* (R4, projektledare). Det blir lättare att visualisera samt att specificera mycket data med en modell.

> Det spelar liksom ingen roll om det är industri eller om det är simhallar eller om det är en viss typ utav kontor och det blir väldigt komplext och väldigt små ytor att hantera saker på. Då ökar behovet absolut och det blir mer och mer lönsamt. (R4, projektledare)

Ett modell- och informationsdrivet byggande ligger till grund för att koppla ihop en modell med databaser som bär information. Ett stort antal dokument kan ersättas med strukturerad data som länkas med en modell. Således begränsas inte informationen som överlämnas till entreprenören till några få informationsflaggor per ritning och behöver heller inte hantera många dokument som innehåller tekniska beskrivningar.

Det blir även en fördel att arbeta modellbaserat i exempelvis sjukhusprojekt. Användarna av byggnaden kan bidra med insikter utifrån deras perspektiv och erfarenheter. Sjukhuspersonal är sällan vana vid att tolka och ta ut information från en 2D-ritning, utan förstår lättare med hjälp av en modell.

> Oavsett storlek på projekt så är det lättare att förstå en modell. Det tänker jag också för entreprenörer om det är vissa områden som de ska montera som är krångliga. Hur är det tänkt att man ska kunna lösa det här? Hur ska vi få plats med alla rör och elstegar? Men en 3D-modell kan man sitta och vrida på och titta från olika vinklar. (R2, BIM-samordnare)

Det underlättar även för entreprenörer genom möjligheten att skapa egna produktionsvyer och begränsningen till vyer genom ritningar som projektören har tagit fram försvinner. Vid små och enklare projekt är däremot lönsamheten sannolikt betydligt lägre. Risken finns att det tar längre tid att strukturera upp ett arbetssätt med BIM än att förhålla sig till enkla 2D-ritningar.

4.2.1.4 Tröskel vid implementering av digitala verktyg

Det är vanligt att stora satsningar på BIM görs i detaljprojekteringen, men i produktionsfasen blir det en digital tröskel. *”Man utnyttjar inte informationen fullt ut. Entreprenörer kräver fortfarande pappershandlingar i produktion vilket gör att*

mycket information dödas” (R1, mjukvaruleverantör). Samordnare som är vana vid att granska ritningar kommer ha en uppstartssträcka för att granska modeller. Arbetare i produktionen kommer även *”behöva vänja sig att kolla på en iPad i stället för en ritning”* (R2, BIM-samordnare).

Trots att det finns en tröskel vid introducering av digitala verktyg menar vissa att implementeringen fungerar bra så länge det implementeras steg för steg. Det är svårt att lära upp yrkesarbetare över en dag, utan det behöver ske successivt där de introduceras till några funktioner åt gången. Det underlättar att det finns engagemang och nyfikenhet hos många av yrkesarbetare. De tycker att det är roligt med ett nytt sätt att arbeta på.

4.2.1.5 Modeller som juridiskt bindande bygghandlingar

Det finns okunskap kring juridiska möjligheter med ett modellbaserat byggande. Många aktörer tror att ritningar är de enda bygghandlingarna som kan vara juridiskt bindande och tenderar därför att följa ett traditionellt och bekvämt arbetssätt. Det finns däremot flera exempel på svenska byggnadsprojekt där modellen är rangordnad över ritningar i kontraktshandlingar, vilket innebär att det enbart är bristen på kunskap som skapar problemen.

Genom att rangordna modeller över eventuella ritningar i kontraktshandlingarna försvinner de juridiska svårigheterna. I flera projekt, exempelvis Celsius, har detta fungerat utan problem där modellversioner låstes för att få en juridiskt bindande modell som inte kan modifieras i efterhand.

> Min bedömning är att juridiken håller så länge man har koll på processerna. Det behövs inte en fysisk pappersritning för att det ska hålla, utan man kan jobba med låsta modellversioner eller låsta objektsversioner och så vidare. Man behöver ha en plan där man på ett eller annat sätt stämplar den och låser statusen på det. (R1, mjukvaruleverantör)

Det behövs processer, systemstöd, kodning av objekt samt status på objekt. Även att en person tilldelas ansvar för det samt att det är lättläst. Generellt finns det en oro kring juridiken med modellbaserat, men den oron saknar grund enligt respondenterna

4.2.2 Common Data Environment

Common Data Environment (CDE) är en plattform som hanterar all information i ett projekt: data, objektsinformation, kravställningar och rumsfunktionsprogram (RFP). Varje projekt behöver en gemensam CDE som fungerar som *”projektets ekosystem*” (R5, BIM-strateg). Informationen behöver vara samlad på enbart ett ställe samt tillgänglig från flera olika mjukvaror som automatiskt synkroniserar genom API:er.

Genom att information kan synkroniseras mellan mjukvaror försvinner risken att flera versioner av information existerar i olika mjukvaror där det uppstår oklarheter kring vilken version som är aktuell. Om information inte går att exportera ut från eller kan importeras till en mjukvara krävs det extra arbete för att återskapa information i nästa programvara som ska användas.

För att motverka att flera olika mjukvaror och databaser bär på information krävs mjukvaror som kan agera som centrala gränssnitt. *”Datan ska vara tillgänglig för alla och möjliggöra för just-in-time-leveranser av information”* (R5, BIM-strateg). I produktionsfasen kan exempelvis StreamBIM hämta information från en databas i dRofus och visualisera samt läsa objektsinformation från en modell ur Revit. En central ärendehantering behövs också där entreprenör kan ställa frågor till exempelvis projektörer, beställare eller besiktningsmän.

4.2.3 Kategoriserade kravställningar

För att minska och motverka informationsförluster behövs tydliga kategoriserade kravställningar. Det behövs även processer för hur ändringar kan rapporteras in samt planer för lagring och överlämning av information.

> Det är viktigt med en tydlig kravställning och förväntansbild från tidiga skeden och framåt, att det finns en plan från högsta projektledning och även från byggherre och den som ska ta emot data till slutändan att ställa krav och inte bara ställa krav utan även följa upp att kraven efterlevs och följs. (R1, mjukvaruleverantör)

En kategoriserad kravställning bör innehålla flera kolumner med den data som kravställts, såsom projektnummer, kategori, byggnadsdel, värde, enhet, ja/nej och en anmärkningskolumn. Ja/nej-kolumnen indikerar om kravet är aktuellt för detta projekt eller inte då dessa kravställningslistor ska utgå från mallar som används till flera olika projekt. Ett exempel som togs upp i intervjun visas i tabell 4.2.

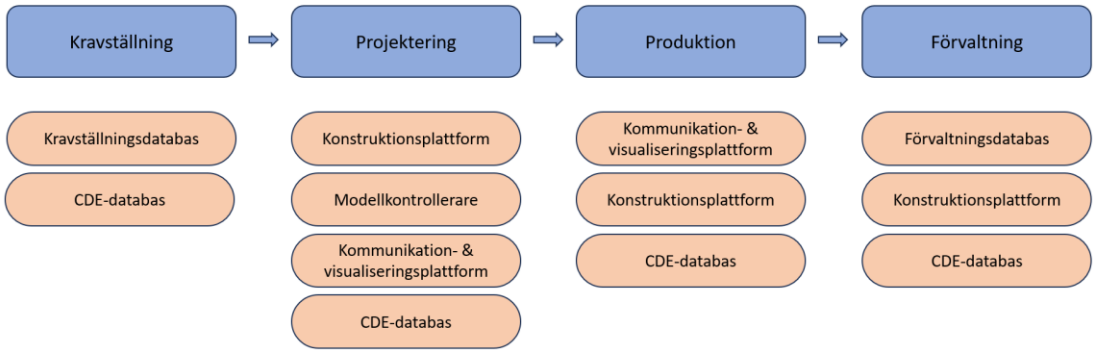
Projektnummer	**Kategori**	**Byggnadsdel**	**Värde**	**Enhet**	**Ja/nej**	**Anmärkning**
H12	VVS	Tilluftsdon	2	m^3/s	Ja	

Tabell 4.2. Ett exempel på en kategoriserad kravställning.

För att informationen skall hållas lättillgänglig och spårbar för alla bör informationen förvaras i en databas i stället för i dokument. Beställaren bör även specificera RFP i en databas, såsom dRofus. Detta görs för alla rum som verksamheten behöver för att underlätta projekteringsarbetet. Kraven kan inte enbart ställas av beställaren, utan behöver följa upp och se till att aktörer agerar i enlighet med kraven.

4.2.4 Användning av mjukvaror

Resultat från intervjustudien visar ett exempel på hur mjukvaror kan användas genom hela byggprocessen för att minska informationsförluster (se figur 4.1). Det behövs en kommunikativ struktur där information är tillgängligt genom öppna och standardiserade format.



Figur 4.1. Ett exempel på hur typer av mjukvaror kan användas i en modell- och informationsdriven byggprocess.

Tidigt i processen specificeras kravställningar och rumsfunktionsprogram av en beställare i en kravställningsdatabas, exempelvis dRofus eller Interaxo BIM Data. Dessa krav behöver förbli genom hela processen eller fram till att de ändras.

I projekteringen konstrueras modellen i en konstruktionsplattform, till exempel Revit. Modellen kontrolleras mot kravställningsdatabasen så att beställarens krav följs. Detta kan göras i bland annat Solibri eller Navisworks. Det behövs en kommunikations- och visualiseringsplattform som syftar till att hantera besked mellan projektörer, beställare och andra aktörer genom exempelvis StreamBIM eller Dalux. CDE-databasen kan skapas i exempelvis dRofus eller Interaxo BIM Data.

Kommunikations- och visualiseringsplattformen tar större plats i produktion och används för att visualisera modeller, ta fram produktionsvyer, mängdning, tidsplanering, kostnadsplanering och egenkontroller. Plattformen möjliggör kommunikation mellan personer, ärendehantering och statushantering. Konstruktionsplattformen behövs även i produktionsfasen för att kunna göra förändringar i modeller eller skapa produktionsmodeller. I produktionen behövs CDE-databasen för att kunna skicka tillbaka förändrade krav och data till konstruktionsplattformen samt förmedla status på objekt och processer.

I förvaltningsfasen behövs en förvaltningsdatabas som blir den nya informationsbäraren. Databasen hanterar all information som finns tillgänglig för fastighetsägare och förvaltare. I detta skede är det önskvärt att ha kvar modellfilen och inte bara IFC-filer för att underlätta renoveringar och ombyggnationer, då det är komplicerat att vidarekonstruera en byggnad på enbart IFC-filer.

Det är viktigt att mjukvarorna har gränssnitt som kan kommunicera med varandra genom exempelvis API:er då det är tidseffektivt att arbeta i ett gemensamt gränssnitt. Genom att mjukvaror, databaser och plattformar samverkar förloras mindre information och motverkar även behovet av dubbelt arbete som annars riskerar att uppstå om två mjukvaror inte är kompatibla med varandra.

4.2.5 Ökad kunskap hos aktörer

För att öka implementeringen av modellbaserat byggande behöver kunskapen och utvecklingsmöjligheter hos aktörer öka. Detta kan göras med hjälp av utbildning, men framför allt goda exempel från tidigare projekt. Beslutsfattare förstår bäst genom att

analysera mätbar data från de projekten där arbete genom BIM har gått bra utifrån tid, budget och antal brister i byggnadsobjektet.

> De kan räkna hem investeringarna under en längre tid och då gör det inte så mycket att projekteringen kanske blir 20% dyrare då de vet att de räknar hem det många gånger om liksom både i produktionen och i förvaltningen. Men då måste de ha en siffra att räkna med, det funkar inte att räkna med bara en känsla. (R5, BIM-strateg)

Beslutsfattare övertygas lättare med siffor och statistik då de har mer kompetens inom detta område. De föredrar att räkna på investeringar och undersöka vad som är lönsamt. Beställaren accepterar sannolikt ett digitaliserat arbetssätt med BIM om det finns statistik på att slutsumman av ett projekt landar inom budgeten. Därmed är det godkänt att projekteringen blir dyrare om det sparar pengar i produktionen.

Det finns flera goda exempel på projekt som lyckats bli klara under utsatt tid och under budget där BIM har spelat en enorm roll, exempelvis Celsius samt ett barn- och ungdomssjukhus i Norge (BUS2-projektet). Däremot är det svårt att översätta dessa siffror till vad de skulle innebära för en totalentreprenad eller generalentreprenad. Detta beror på att en annan entreprenadform har använts med ett Construction Management-företag (CM) inblandat i dessa projekt. Vissa anser på så sätt att det finns en osäkerhet i denna statistik då det saknas exempel som är applicerbara på alla entreprenadformer som används i Sverige.

Respondenterna tar även upp hur beslutsfattarna behöver köpa på sig mer kompetens. Vissa beslutsfattare anser att konsulter inte tar tillräckligt stort ekonomiskt ansvar för sina tekniska lösningar, då de oftast är till stor del ekonomiskt skyddade genom ABK 09 om brister uppstår. Om ett bygge inte har sparat pengar och tid med hjälp av ett modellbaserat byggande så kan inte de inblandade konsulterna hållas ansvariga. Beslutsfattare bör ändå köpa sig mer kompetens då spetskompetensen ofta kommer in för sent i projektet. En ökad kunskap och förståelse kommer kunna minska informationsförlusterna.

Vid implementering av BIM och digitala arbetssätt krävs det förståelse för att utförande av flera stora förändringar på en och samma gång sällan leder till ökad effektivitet. Arbetsbördan riskerar att bli för stor och kan medföra stora förseningar. Kunskapen hos aktörer och användare av digitala verktyg behöver ökas steg för steg över flera projekt för att kunna arbeta bort traditionella arbetsmetoder.

För att kunna implementera modellbaserat byggande fullt ut behöver beställaren övertalas. Beställarens motstånd till ett helt modellbaserat arbetssätt grundar sig oftast i okunskapen kring vilka nyttor som finns. Projektören behöver ofta sälja in modellbaserat byggande för att implementeringen ska ske, det sker inte av sig själv.

I de fall då beställaren har kunskap och visioner kring hur BIM kan användas för att effektivisera projekt bromsas de av att entreprenörer föredrar att arbeta traditionellt. Beställaren kan då genom kravställningen sätta press på upphandlade entreprenörer med ett tydligt budskap om vad som efterfrågas. *”Det skulle kunna bli en del av upphandlingsprocessen, där man kan utesluta sådana som inte vill eller har tillräckligt hög digital mognadsgrad”* (R1, mjukvaruleverantör).

4.2.6 Förbättrad kommunikation

För att minska informationsförluster behöver dokumentationen öka. Vid fysiska möten bör en person föra protokoll och varje individ bör ta egna anteckningar. Protokollet skickas sedan inte ut via e-post till mötesdeltagarna utan laddas upp på en gemensam filserver för att hålla en hög tillgänglighet.

Digitala möten ökar flexibiliteten genom möjligheten att arbeta hemifrån, men framför allt underlättas kommunikationen mellan personer som arbetar på olika orter. Det krävs en medvetenhet om alla i mötet inte har tagit emot och förstått det som sades, särskilt på stora möten. För att säkerställa att mottagare har förstått är det bra att kräva ett tydligt svar tillbaka. En respondent påpekar dock vikten av att arbeta i samma kontorslandskap. Att kunna kommunicera mellan bord och röra sig mellan olika disciplin skapar en stark samverkan som motverkas av hemarbete.

E-postmeddelanden fungerar för en eller två frågor med korta ja- eller nej-svar. *”Återkopplingar med ett ’kanske’ eller ’jag förstår inte’ kräver ett möte” (R5, BIM-strateg)*. E-postmeddelanden behöver dessutom sorteras i mappar i inkorgar samt skickas med projektnummer, projektnamn och syfte i ämnesraden.

Uppgiftshanteringstjänster minimerar antalet frågor som skickas via e-post och som annars riskerar att försvinna i ostrukturerade inkorgar. Genom en sådan tjänst skapas tillgänglighet för personer i ett projekt och möjliggör att ställa frågor till varje disciplin samt att bibehålla en tydlig struktur. *”Varje disciplin kan ha en egen kolumn där frågor kan ställas till den disciplinen. Frågan kan sedan dras vidare till en annan kolumn om den ska vidare till en annan disciplin”* (R2, BIM-samordnare). Besvarade frågor kan arkiveras och finns kvar efter projektets slut.

Mjukvarorna StreamBIM och Dalux är kommunikativa plattformar som har integrerad ärendehantering. Yrkesarbetare kan skriva frågor och ta bilder som sedan skickas till de disciplin som berörs. På så sätt kan kommunikationen mellan entreprenörer och projektören behållas på ett praktiskt sätt när arbetet är överlämnat.

För att kunna uppnå en stark samordning i projekt som sträcker sig över längre tid behövs rutiner för att behålla information och kunskap när personer byts ut. När en medarbetare förflyttas till ett annat projekt eller har meddelat om uppsägning behövs ett överlämningsmöte med nästa person som tar över positionen.

Det är även viktigt att inkludera entreprenören innan projekteringen är färdig för att få in fler erfarenheter kring om byggnaden är byggbar eller om ändringar kan göras för att underlätta produktionen. Projektörers tankesätt bör även eftersträva att leverera produktionsorienterad information. Detta sker på bästa sätt genom möten mellan projektör och entreprenör där entreprenören förmedlar vad projektören behöver förse med för information. På så sätt får entreprenören makt att bestämma över vilka information som behövs för att kunna bygga.

5 Diskussion

I detta kapitel jämförs de viktigaste delarna ur intervjustudien med den teoretiska bakgrunden. Författarna presenterar även egna åsikter kring olika områden i arbetet.

5.1 Ritningsbaserat arbetssätt

Resultatet från intervjustudien visar att den svenska byggbranschen anses arbeta med ineffektiva arbetssätt som bidrar till att information tappas. Dessa arbetssätt inkluderar framför allt användandet av pappersritningar som Gaunt (2017) även belyser, men även lägger fokus på pappershandlingar i allmänhet och inte bara ritningar. Tekniska beskrivningar och mängdförteckningar är heller inte önskvärt att hantera i pappersform då dessa ofta förekommer i stora mängder vilket gör dem svårhanterliga. Det största problemet med pappersritningar är att objektsinformation inte kan förmedlas på ett automatiskt sätt. Detta medför en stor begränsning i byggbranschens möjligheter att kunna utvecklas framåt.

Det finns ett tydligt behov av utveckling för att förbättra informationsflödet genom hela byggprocessen. BIM framställs som en lösning där en modell- och informationsdriven byggprocess kan effektivisera och minimera informations-förluster. Genom möjligheten att överföra information mellan projektörer och entreprenörer med objektsinformation integrerat i modeller skulle det traditionella ritningsbaserade arbetssättet troligen kunna avvecklas. På så sätt minskar mängden information som riskerar att förloras. Detta är ett viktigt steg då det framgår tydligt enligt Aibinu & Papadonikolaki (2019), Gaunt (2017) och Solidworks (2015) samt ur intervjustudien att informationsförluster är kostsamma, tidskrävande och ökar risken för brister i byggnader.

5.2 Utveckling mot en modell- och informationsdriven byggprocess

Idag är det vanligt förekommande att BIM används i projekteringen, men att användningen avtar i produktionsfasen. Intervjustudien och Aibinu & Papadonikolaki (2019) påpekar att detta beror framför allt på den parallella ritningsprocess som skapas. Ritningar får ofta större fokus än vad modellen får, men kan knappt bära någon objektsinformation och behöver således externa dokument som förmedlar den saknade informationen. Anledningarna bakom detta handlar delvis om att många är bekväma i sina traditionella och vanliga arbetssätt. Svar från intervjustudien visar även osäkerheter kring juridiska möjligheter med BIM där många tror att en modell inte kan ha högre prioritet än ritningar i kontraktshandlingar. Detta är något som har motbevisats i bland annat Celsius, där modellen hade högre prioritet än ritningarna. Genom detta möttes inga juridiskt svårigheter.

Det viktigaste steget branschen behöver ta är att börja arbeta modellbaserat i stället för ritningsbaserat. För att kunna göra det behöver det börja redan hos beställaren i ett tidigt skede. Intervjustudien indikerar att beställaren har stor makt kring vilka arbetssätt som ska användas i ett byggnadsprojekt. Därför behövs det kunskap kring vilka nyttor som finns med digitala verktyg. Flera respondenter påpekar att beställare

kan inspireras och förstå vikten av modellbaserat byggande med hjälp av statistik från modellbaserade byggen som har genomförts inom budget och tidplan.

Då byggnadsprojekt i många fall involverar många olika aktörer är det utmanande att driva utveckling. Vissa aktörer är bara inblandade korta perioder av projekt och hinner på så sätt inte ta del av utvecklingen. Det anses vara lättare att arbeta på det bekväma och traditionella sättet.

Flera respondenter menar också att modellbaserat inte är så enkelt som att fasa ut pappersritningar. Central lagring av data och digital ärendehantering behövs, men framför allt tydliga strukturer för överlämning av information. Ett modellbaserat byggande behövs göras på ett korrekt sätt där ett annorlunda tankesätt behövs. Aibinu & Papadonikolaki (2019) påpekar att det annars riskerar att bli ett arbetssätt som är mindre effektivt än ett arbetssätt med enbart 2D-ritningar är. Det framgår tydligt att standardiserade arbetssätt och mallar för hur BIM ska användas behövs för att möjliggöra effektivisering med ett modell- och informationsdrivet byggande.

Intervjustudien är tydlig med att det är svårt att implementera allt detta på en och samma gång. För att inte riskera att detta arbetssätt blir mer ineffektivt än det nuvarande traditionella arbetssättet behöver ett modellbaserat byggande införas steg för steg. Samtliga respondenter är överens om att BIM sannolikt lönar sig mer för stora byggnadsprojekt jämfört med mindre byggnadsprojekt.

Respondenter uttrycker oro om att det finns en risk att det är svårare att implementera BIM på stora företag i jämförelse med mindre företag. Trots att ett stort företag troligen har bättre ekonomiska förutsättningar så lär det vara svårare att förändra arbetssättet för en stor mängd personal. Färre personer på ett litet företag är lättare att påverka, men som å andra sidan riskerar att inte ha de ekonomiska investeringsmöjligheterna.

Svar från intervjustudien menar att det är värt att notera att Celsius var ett innovationsprojekt. StreamBIM användes flitigt under hela projektets gång, vilket är något som inte har gjorts på samma sätt tidigare i Sverige. Det finns en risk att engagemanget hos personerna var större på grund av att det sågs som ett innovationsprojekt. Några år framåt i tiden när detta arbetssätt har blivit vanligare finns det en risk att engagemanget inte är lika stort då det inte ses som ”nytt” längre. Således kan det påverka hur effektivt detta arbetssätt är i framtiden.

5.3 En enda informationskälla och datainteroperabilitet

Gaunt (2017) menar att flera olika informationskällor är ett problem då det kan leda till missförstånd angående vilken information som är aktuell. Användandet av en modell och ritningar samtidigt gör att flera informationskällor existerar. Dessa informationskällor behöver nödvändigtvis inte innehålla olika versioner, men risken ökar markant eftersom många ändringar görs under ett projekts gång och många ritningar skapas. Med en stor mängd ritningar som uppdateras löpande finns det risk för att gamla pappersritningar används i produktionen. Fel som uppstår i produktionen för byggnadsprojekt behöver åtgärdas och kan leda till stora kostnader och förseningar. Det finns även risk för att byggnadsmaterial som har använt behöver slängas och ersättas med nytt material, vilket har en negativ miljöpåverkan.

Intervjustudien visar även att modeller uppdateras snabbt, medan uppdateringar för ritningar är en långsam process. Det medför att ritningarna hinner bli inaktuella och därmed sprida fel information.

Intervjustudien visar att användning en modell som den enda informationskällan minskar risken för felaktigheter. I produktionsfasen behövs därför mjukvaror som kan organisera modellfiler, 2D-ritningar, objektsinformation, checklistor, mängder, tidsplanering, ärendehantering och statushantering. Intervjustudien tar upp StreamBIM som ett exempel på en sådan mjukvara. Disney et al. (2022b) menar att all produktionsorienterad information kan samlas i StreamBIM för att vara lättillgänglig för alla yrkesarbetare genom surfplattor och mobiltelefoner. På så vis minskar risken för fel och missförstånd. Celsius visar att detta arbetssätt är möjligt att genomföra.

Lai & Deng (2018) påpekar även problem med datainteroperabilitet vilket syftar på problem som uppstår när olika mjukvaror inte kan dela informationen effektivt mellan varandra på grund av skillnader i hur de strukturerar informationen. När programmen inte kan kommunicera med varandra kan viss information missas och pålitligheten försämras. Det riskerar att resultera i inaktuella versioner, dubbelt arbete och sämre spårbarhet av dokumenten, vilket även är något som tas upp i intervjustudien. Detta problem är relaterat till olika informationskällor, då flera olika informationskällor skapas när mjukvaror inte kan kommunicera med varandra.

För att lösa detta problem tyder intervjustudien på att mjukvaror behövs som kan kommunicera med varandra genom API:er och därmed möjliggör importering och exportering av information. StreamBIM kan exempelvis hämta modellfiler från Revit och RFP från en databas i dRofus. På så sätt blir StreamBIM ett gemensamt gränssnitt som länkar samman information från flera mjukvaror. Ett gemensamt filformat, såsom IFC, är nödvändigt, då detta filformat kan bära både geometri och data. Då olika informationskällor och datainteroperabilitet är starkt kopplat till varandra har de liknande lösningar.

5.4 Dokumenterad och spårbar information

Från intervjustudien framhävs även problem med dokumentering och spårbarhet av information. I projekteringsfasen är det ett vanligt behov att kunna spåra anledningar bakom tidigare beslut. Under ett projekts gång förekommer det att personer byts ut eller byter företag, vilket kan skapa informationsglapp. När endast beslut dokumenteras och inte anledningarna bakom besluten skapas en osäkerhet. De personer som tar över riskerar då att inte lita på de beslut som har tagits och omvärdera besluten. Denna process är tidskrävande samt onödig och beror på att de personer som har lämnat projektet har kunskap som inte har dokumenterats. Därför är det av yttersta vikt att all information kring beslut dokumenteras och kan spåras så att det är enkelt att hitta den korrekta informationen som söks.

För att säkerställa att information dokumenteras behövs rutiner för var, hur och vilken information som ska sparas. Intervjustudien påpekar vikten av att hantera data i stället för dokument, då dokument skapar flera informationskällor samt har sämre spårbarhet. Spårbarhet och tillgänglighet åstadkoms med genom ett gemensamt gränssnitt där information lagras, det vill säga en CDE. Lai & Deng (2018) och

Soman & Whyte (2020) belyser att det är viktigt för att kunna dela informationen med alla berörda parter och för att kunna hålla informationen uppdaterad och spårbar under hela projektets gång. Intervjustudien påpekar exempel på hur en CDE kan minimera missförstånd och fel. Detta är sannolikt praktiskt för användare som slipper ha inloggningar till flera olika mjukvaror och i stället enbart behöver ha en inloggning i en gemensam mjukvara. Detta ökar säkerheten för korrekt och aktuell information.

5.5 Kommunikationsmetoder

Soman & Whyte (2020) nämner att det generellt sett finns två vanliga sätt att förmedla information: genom möten och via e-post. Genom dessa två metoder delas stora mängder information, men det finns begränsningar i vem som får ta del av den informationen och brister i informationen som når mottagaren. Både intervjustudien och Soman & Whyte (2020) lyfter fram att användandet av e-post riskerar att bli rörigt trots de mappstrukturer som ofta finns. Ansvaret hos den enskilda individen att sortera information rätt i personens egen mailkorg håller inte alltid. Information riskerar på så sätt att förloras på grund av bristfällig organisering.

Intervjustudien visar tydligt behovet av endast en CDE, medan Soman & Whyte (2020) påpekar att vissa upplever CDE:er som en relativt långsam och komplicerad process, i jämförsele med e-post. Därmed väljer många hellre e-post vid överlämning av information. Detta beror sannolikt på teknisk okunskap och riskerar att leda till ostrukturerad information som är svår att spåra. Individens ansvar att strukturera informationen som personen själv ansvarar för försvinner när en CDE används, men däremot skapas ett informationsdelningssätt med högre tillgänglighet.

Vid implementering av en CDE kan utbildning av de programvaror som används minska okunskapen. Detta kan öka förståelsen för vikten av CDE:er och samtidigt minska mängden information som skickas via e-post. Ju fler personer som har kunskap om hur en CDE används, desto större chans är det att förståelsen sprider sig mellan användare, vilket i sin tur underlättar implementeringen. Genom en CDE kan en tydlig struktur av information åstadkommas genom att filer struktureras i mappar som är tillgängliga för alla inblandade i projektet. Därmed säkerställs det att informationen är korrekt och tillgänglig.

6 Slutsats

I detta avsnitt dras slutsatser som besvarar arbetets frågeställningar för att uppnå examensarbetets syfte som har varit att undersöka på vilka sätt och varför information förloras genom byggprocessen. Arbetet omfattar även konsekvenser av informationsförluster och ger förslag på lösningar för hur dessa kan minskas.

6.1 Vilka typer av informationsförluster finns i byggprocessen?

Informationsförluster uppstår på grund av knapphändig kommunikation både inom och mellan organisationer samt genom bristfälliga metoder för överlämnande av information. I byggnadsprojekt hanteras stora mängder information och data som behöver organiseras på ett strukturerat sätt för att säkerställa att korrekt information levereras till rätt person eller aktör.

Information som förmedlas under möten eller via e-post riskerar att skapa informationsglapp och det är svårt att garantera att den förmedlade informationen tolkas på rätt sätt. Därför är det av stor betydelse att använda starka metoder för kommunikation och informationsöverlämning. När tillgängligheten på informationen är begränsad riskerar informationen att inte nå mottagaren överhuvudtaget. Olika discipliner använder olika programvaror, vilket kan skapa problem med datainteroperabilitet om programvarorna inte kan kommunicera med varandra.

Användning av flera olika informationskällor ökar sannolikheten för att information förloras. Detta riskerar att inträffa när ritningar och modeller existerar samtidigt. Ritningar kan inte bära samma information som en modell och tar dessutom lång tid att producera. Så fort ändringar görs i en modell blir de ritningar som sedan innan är utskrivna inaktuella. Okunskap om möjligheter med tekniska verktyg samt hur de kan användas resulterar i att förtroendet för ett traditionellt byggande med både ritningar och modeller behålls starkt. På så sätt förhindras nytänkande och digitalisering som strävar efter att minska informationsförluster.

6.2 Vad får informationsförluster i för konsekvenser?

Utifrån de olika typerna av informationsförluster som behandlas i den teoretiska bakgrunden och intervjustudien finns det huvudsakligen fyra konsekvenser som riskerar att uppstå på grund av informationsförluster. Det handlar om tidsförskjutningar, kostnadsökningar, kvalitetsbrister och slöseri av byggnadsmaterial.

När information saknas eller är oklar uppstår en osäkerhet kring hur saker ska byggas, vilket kan leda till felaktigheter i byggnader. Om dessa felaktigheter inte åtgärdas innebär det att byggnaden får en kvalitetsbrist som användaren av byggnaden påverkas av. Felaktigheter som åtgärdas är kostsamma då den förlängda arbetstiden och eventuellt material kostar pengar. Tidsplaner och leveransscheman förskjuts även, vilket är i sig själv kostsamt.

6.3 Hur kan informationsförluster i byggprocessen minskas?

Den främsta åtgärden för att minimera informationsförluster är att implementera ett modell- och informationsdrivet byggande. När endast några få ritningar produceras och en modell används som den enda informationskällan, rangordnad högre i kontraktshandlingarna, finns det ingen begränsning i mängden data som kan överlämnas. Projektörer kan förmedla all produktionsorienterad information som behövs och begränsas inte till ett fåtal flaggor med information på varje ritning.

För att införa ett modell- och informationsdrivet byggande behövs engagemang från personer i beslutsfattande positioner. Intervjustudien visar att beställaren är en aktör som har stor makt kring hur digitala arbetssätten i ett projekt ska vara. Genom att presentera mätbar statistik är det lättare att genomföra ett modell- och informationsdrivet byggande, där Celsius kan användas som ett lyckat tids- och kostnadseffektivt exempel.

Det behövs även en gemensam CDE för att hantera all information i ett projekt. Genom att samla all information på ett ställe upprätthålls tillgänglighet och spårbarhet för alla inblandade personer. Med möjligheten att även synkronisera olika mjukvaror behålls målet med att arbeta med en enda informationskälla. Det är även eftersträvansvärt att hantera data i stället för dokument, exempelvis med kategoriserade kravställningar, objektsinformation och RFP som kan specificeras i en databas.

Utöver detta är det viktigt med rutiner för dokumentering av filer och mötesprotokoll. Det krävs en ökad förståelse för att informationsförluster är ett resultat av dålig informationshantering via e-post och digitala möten. Vidare behövs det förbättrade rutiner när personer lämnar projekt.

6.4 Förslag på framtida studier

Under projektets gång har idéer för framtida forskning uppkommit. På grund av detta examensarbetes storlek och avgränsningar har dessa områden inte haft något fokus i studien. Följande ämnen kan inspirera ett framtida arbete:

- Undersöka hur yrkesarbetare kan använda sig av BIM och digitala verktyg under produktionsfasen för att få en djupare förståelse för hur det påverkar informationsflödet och produktiviteten på byggarbetsplatser.

- Genomföra en studie hur BIM kan effektivisera förvaltningsprocessen för färdigställda byggnadsprojekt. Undersök hur fastighetsförvaltare kan använda sig av modeller för att optimera drift och underhåll utifrån ett ekonomiskt perspektiv.

- Analysera noggrannare hur kostnadsförändringarna förändras för ett modellbaserat byggnadsprojekt i jämförelse med ett traditionellt ritningsbaserat arbetssätt.

7 Referenser

Adeoye-Olatunde, O. A., & Olenik, N. L. (2021). Research and scholarly methods: Semi-structured interviews. *JACCP*: *Journal of the American College of Clinical Pharmacy*, *4*(10), 1358–1367. https://doi.org/10.1002/jac5.1441

Ahmadi, P. F., & Arashpour, M. (2020). An analysis of 4D-BIM Construction Planning: Advantages, Risks and Challenges. *Proceedings of the 37th ISARC*. https://doi.org/10.22260/isarc2020/0025

Aibinu, A. A., & Papadonikolaki, E. (2019). Conceptualizing and operationalizing team task interdependences: BIM implementation assessment using effort distribution analytics. *Construction Management & Economics*, *38*(5), 420–446. https://doi.org/10.1080/01446193.2019.1623409

BIM Alliance. (u.å.). *IFC, Industry Foundation Classes, SS-EN ISO 16739-1:2020*. https://www.bimalliance.se/for-dig-inom-bygg-och-forvaltning/standarder-for-digital-informationshantering/ifc/ (Hämtad: 2024-03-19)

BIM Forum. (2023). *Level of Development (LOD) Specification Part I.* https://bimforum.org/wp-content/uploads/2023/10/LOD-Spec-2023-Part-I-2024-02-27.pdf (Hämtad 2024-03-11)

Borrmann, A., König, M., Koch, C., & Beetz, J. (2018). Building Information modeling: why? what? how? In *Springer eBooks* (pp. 1–24). https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3_1

Brooks, T., Zantinge, R., & Elghaish, F. (2022). Investigating the future of model-based construction in the UK. *Smart and Sustainable Built Environment*, *12*(5), 1174–1197. https://doi.org/10.1108/sasbe-07-2022-0138

Byggvärlden. (2012-09-05). BIM-modell används till 100-årig bro. *Byggvärlden.* https://www.byggvarlden.se/bim-modell-anvands-till-100-arig-bro/ (Hämtad 2024-03-05)

Davies, R., & Harty, C. (2013). Implementing 'Site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project. *Automation in Construction*, *30*, 15–24. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.024

Disney, O., Ulutas Duman, D., Roupé, M., Johansson, M., Claeson-Jonsson, C. (2022a). Total BIM As a Digital Disruption. *Proceedings of the 38th Annual ARCOM Conference*, *38*: 32-41. https://www.arcom.ac.uk/-docs/archive/2022-Indexed-Papers.pdf (Hämtad: 2024-02-29).

Disney, O., Roupé, M., Johansson, M., & Leto, A. D. (2022b). Embracing BIM in its totality: a Total BIM case study. *Smart and Sustainable Built Environment.* https://doi.org/10.1108/sasbe-06-2022-0124

Disney, O., Johansson, M., Leto, A. Roupé, M., Sundquist, V., Gustafsson, M. (2022c). Total BIM Project: The Future of a Digital Construction Process. *Industry4.0 Applications for Full Lifecycle Integration of Buildings, 21*: 21-30.

Disney, O., Roupé, M., Johansson, M., Ris, J., & Höglin, P. (2023). Total BIM on the construction site: a dynamic single source of information. Journal of *Information Technology in Construction, 28*, 519–538. https://doi.org/10.36680/j.itcon.2023.027

Gaunt, M. (2017). BIM model-based design delivery: Tideway East, England, UK. Proceedings of the Institution of Civil Engineers. *Smart Infrastructure and Construction, 170*(3), 50–58. https://doi.org/10.1680/jsmic.17.00011

Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Azhar, S., Efimova, O., & Raahemifar, K. (2017). Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. *Renewable & Sustainable Energy Reviews, 75*, 1046–1053. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.083

Jongeling, R. (2008). BIM istället för 2D-CAD i byggprojekt: en jämförelse mellan dagens byggprocesser baserade på 2D-CAD och tillämpningar av BIM. Luleå: Institutionen för samhällsbyggnad, Luleå tekniska universitet. http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:998274

Jaskula, K., Kifokeris, D., Papadonikolaki, E., & Rovas, D. (2024). Common data environments in construction: state-of-the-art and challenges for practical implementation. *Construction Innovation*. https://doi.org/10.1108/ci-04-2023-0088

Lai, H., & Deng, X. (2018). Interoperability analysis of IFC-based data exchange between heterogenous BIM software. *Journal of Civil Engineering and Management, 24(7),* 537–555. https://doi.org/10.3846/jcem.2018.6132

Påsse, D., Disney, O., Roupé, M., Johansson, M. (2022). Cost-Estimation in Construction: BIM versus Total BIM. *Proceedings of the 38th Annual ARCOM Conference, 38*: 52-61. https://www.arcom.ac.uk/-docs/archive/2022-Indexed-Papers.pdf (Hämtad: 2024-03-01).

Preidel, C., Borrmann, A., Oberender, C., & Tretheway, M. (2016). Seamless integration of common data environment access into BIM authoring applications: The BIM integration framework. http://doi.org/10.13140/RG.2.1.4487.4488

Pszczolka, M. (2021). *What is MMI – Model Maturity Index?*. BIM Corner. https://bimcorner.com/what-is-mmi-model-maturity-index/ (Hämtad: 2024-03-11)

Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., Teicholz, P. (2018). *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers*. John Wiley & Sons. ISBN: 9781119287568

Solidworks. (2015). *Improve Quality, Reduce Costs and Increase Efficiency with Model-based Definition* [Produktblad]. https://files.acrobat.com/a/preview/7053d00a-429f-472d-b337-65f5a78d2f18 (Hämtad: 2024-02-28)

Soman, R. K., & Whyte, J. K. (2020). Codification challenges for data science in construction. *Journal of Construction Engineering and Management, 146*(7). https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001846

Svensk Byggtjänst. (2021). *Vad är BIM?*. https://byggtjanst.se/artiklar/vad-ar-bim (Hämtad 2024-05-21)

Tu, B., Zuo, J., Chang, R., Webber, R. J., Xiong, F., & Dong, N. (2021). A system dynamic model for assessing the level of BIM implementation in construction phase: a China case study. *Engineering Construction and Architectural Management, 30*(4), 1321–1343. https://doi.org/10.1108/ecam-10-2021-0895

8 Bilagor

Bilaga 1 - Intervjufrågor

Bakgrund

- Hur länge har du jobbat i branschen?
- Berätta om dina tidigare roller
- Berätta om din nuvarande roll

Grundfrågor

- Vilka problem ser du med informationshantering genom byggprocessen idag?

- Förloras information i ett specifikt skede? Förloras information mellan olika skeden?

- Vad blir konsekvenserna av att tappa information under processens gång?

- Hur kan ett kontinuerligt informationsflöde skapas genom hela byggprocessen? Finns det en speciell informationsstruktur som bör användas?

- Kan ett modell- och informationsdrivet byggande minska informationsförluster?

- Vilka typer av mjukvaror kan underlätta detta? På vilket sätt kan de underlätta informationshanteringen genom hela byggprocessen?

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2024
www.chalmers.se

CHALMERS